

количества контролируемых компонент, разработки новых критериев автоматической корректировки параметров настройки системы, автоматического определения типа контролируемой руды, методов формирования массивов начальных статистик для новых типов руд с использованием моделей вещественного состава.

Список литературы

1. **Н.Н. Шумиловский, Ю.П. Бетин, Б.И. Верховский, А.А. Калмаков, Л.В. Мельтцер, Е.Я. Овчаренко.** Радиоизотопные и рентгеноспектральные методы: Физические и физикохимические методы контроля состава и свойств вещества. Под общей редакцией академика АН Киргизской ССР И. И. Шумиловского. –М. – Л.: Издательство «Энергия», 1965. –192 с.
2. **Зубкевич В.Ю.** Разработка системы непрерывного автоматизированного контроля содержания полезного компонента в железной руде (НАКС-ПК) // Збірник наукових праць «Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій»: – Дніпропетровськ: Видавництво Дніпропетровського університету, 2001.
3. **Пирогов Б. И.** Онтогенический анализ полезных ископаемых – основа выявления и оценки технологических свойств минералов // Сборник научных статей по материалам Российского семинара по технологической минералогии: –Петрозаводск: 2009.
4. **Пирогов Б.И.** Эволюция технологических свойств минералов // Геолого-мінералогічний вісник: 2008. –№ 1 (19). –С. 5-16.
5. Минералогия криворожского бассейна: Ответственный редактор акад. АН УССР **Е.К. Лазаренко** Издательство. –К.: "Наукова думка", 1977. -544 с.
6. **Азарян А.А., Василенко В.Е., Зубкевич В.Ю., Лисовой Г.Н.** Контроль качества железной руды на конвейере // Сборник научных трудов «Качество минерального сырья»: – Кривой Рог, 2000.

УДК 681.518.3:658.56:622.7.09

В.В. ДРИГА, Криворожский технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ СНИЖАЮЩИХ ТОЧНОСТЬ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАГНЕТИТОВЫХ РУД

Классифицированы факторы, снижающие точность магнитометрического метода контроля качества магнетитовых руд в конвейерных потоках. Подробно рассмотрен фактор влияния изменения подачи руды и толщины слоя рудного потока на расчетное содержание железа магнетитового. Влияющие факторы ранжированы по значимости и указаны способы их учета.

Класифіковано фактори, які знижують точність магнітометричного методу контролю якості магнетитових руд у конвеєрних потоках. Докладно розглянутий фактор впливу зміни подачі руди й товщини шару рудного потоку на розрахунковий вміст заліза магнетитового. Фактори ранжовані за значимістю, а також зазначені способи їхнього обліку.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для управления технологическим процессом обогащения магнетитовых руд в

условиях рудообогатительной фабрики необходима непрерывная, оперативная и достоверная информация о содержании железа магнетитового ($Fe_{\text{магн.}}$) в потоке исходной руды, поступающей в переработку.

Получить информацию, необходимую для управления, с помощью традиционного отбора проб с последующим химическим анализом – невозможно. Во-первых, такая информация не оперативна: время, необходимое для проведения отбора и анализа пробы составляет около 2 часов.

Во-вторых, периодичность такого «экспресс-опробования» составляет 2ч 40мин, (всего 9 анализов в сутки). (Данные приведены для рудообогатительных фабрик горнообогатительного комплекса (ГОКа) ОАО «Арселор-Миттал Кривой Рог»).

Автором проведено исследование колеблемости качества исходной руды, поступающей в мельницу. На рис. 1 показан сигнал содержания железа магнетитового, полученный за неделю с периодом дискретизации 1 мин. Из графика видно, что содержание железа отклоняется от номинального (среднего) значения на значительную величину (до $\pm 5\%$ абс. ед.), что значительно превосходит установленное допустимое отклонение ($\pm 1.5\%$ абс. ед.).

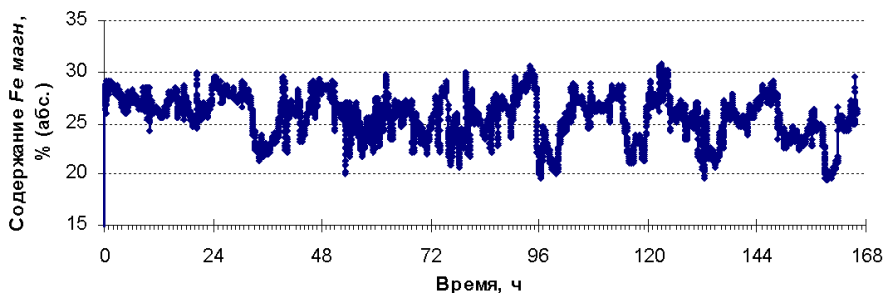


Рис. 1. Колеблемость содержания железа магнетитового в исходной руде, поступающей в мельницу. РОФ-1, секция 1, конвейер К-01, мельница М-11. Данные непрерывного контроля за неделю с периодом дискретизации 1мин

Спектральный анализ Фурье показал (см. рис. 2), что низкочастотный участок спектра исследуемого сигнала представляет собой так называемый «розовый» шум: амплитуда колебаний начинает возрастать с уменьшением частоты, начиная с некоторого ее значения. Заметный рост амплитуды колебаний начинается при частоте менее $3-6 \text{ ч}^{-1}$ (период – более 10–20 мин).

Таким образом, в сигнале содержания железа магнетитового присутствуют колебания с периодом 10–20 мин и более, при которых содержание железа в исходной руде отклоняется от номинального на значительную величину, что требует своевременной коррекции параметров процесса измельчения и обогащения руды.

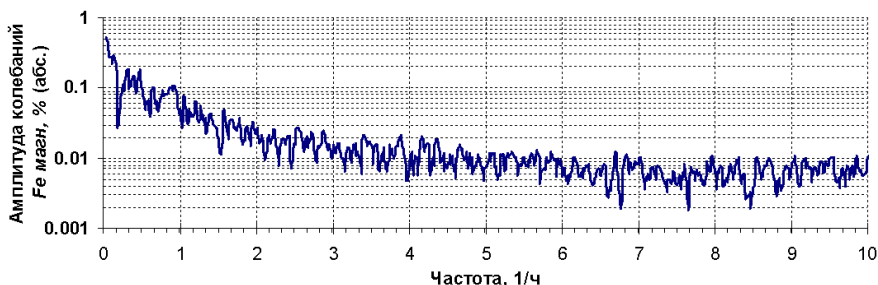


Рис. 2. Спектр сигнала содержания железа магнетитового в исходной руде на входе мельницы

Очевидно, что при таком характере колеблемости качества исходной руды имеющее место в настоящее время запаздывание результатов химического анализа (2 ч) и установленная его периодичность (2ч 40мин) – не позволяют эффективно управлять процессом обогащения, что приводит к снижению качества железорудного концентрата и потере руд.

С другой стороны, современный уровень развития измерительной и вычислительной техники позволяет разработать информационно-измерительные системы (ИИС) для непрерывного и оперативного контроля содержания железа в рудном потоке на основе *магнитометрического способа*, суть которого состоит в зависимости магнитных свойств рудного материала от содержания в нем магнетита.

Однако точность магнитометрического способа при использовании его для непрерывного контроля уступает точности химического анализа и зачастую оказывается недостаточной из-за наличия ряда мешающих факторов.

Анализ публикаций. За время разработки и опытно-промышленной эксплуатации устройств экспрессного контроля содержания железа магнетитового в пробах дробленной железной руды (датчики железа магнитного ДЖМ-3, ДЖМ-4) и ИИС непрерывного контроля содержания железа магнетитового в рудном потоке на конвейере (ДЖМ-К) авторами выявлен и исследован ряд факторов, снижающих точность указанных устройств [1–8].

Постановка задачи. Классифицировать влияющие факторы, рассмотреть более подробно фактор влияния изменения подачи руды и толщины слоя рудопотока на расчетное содержание железа магнетитового, ранжировать факторы по значимости и указать способы их учета.

Изложение материала и результаты. В настоящее время данные факторы классифицированы автором по влиянию на регистрируемые параметры рудного потока: *эффективную магнитную восприимчивость (SX)*, *вносимое активное сопротивление ($r_{\text{вн}}$)* и *погонную нагрузку (m)* (см. рис. 2).

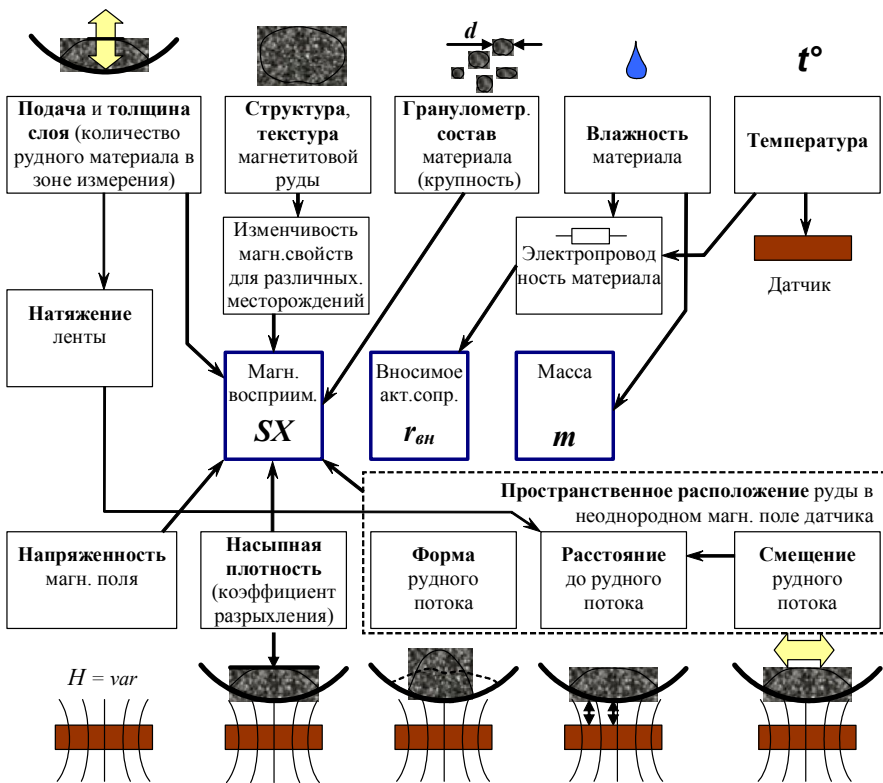


Рис. 2. Классификация мешающих факторов по влиянию на измеренные сигналы, характеризующие рудный поток: эффективную магнитную восприимчивость (SX), вносимое активное сопротивление ($r_{вн}$) и погонную нагрузку (m)

Одним из наиболее значимых мешающих факторов, выявленных при контроле качества горной массы на конвейере, является *изменение подачи руды в мельницу*. При этом изменяются *толщина слоя* рудного потока на конвейере, питающем мельницу, и, соответственно, *количество материала* в зоне измерения магнитного датчика, что влияет на величину его выходного сигнала (SX). (Далее данный фактор будет рассмотрен более подробно). Изменение массы материала на ленте также приводит к изменению её натяжения и стрелы провисания между роликовыми опорами, что незначительно влияет на расстояние от датчика до рудного потока и может сказываться на величине выходного сигнала SX .

От *структуры и текстуры магнетитовой руды* зависит эффективная магнитная восприимчивость горной массы, которая для одного и того же содержания – может быть различна, например, как это наблюдается для различных месторождений [5].

Гранулометрический состав определяет крупность частиц горной массы, от которой зависит измеряемая величина магнитной восприимчивости. Например, для руд одинакового содержания, но различной крупности – эффективная магнитная восприимчивость отличается [7].

Влажность определяет весовое содержание воды в горной массе. Поскольку вода является проводником, то от влажности зависит удельное сопротивление и электропроводность рудного материала, которое определяет вносимое активное сопротивление потерь ($r_{\text{вн}}$) в индуктивном преобразователе. Поэтому при измерении магнитных свойств материала параметр $r_{\text{вн}}$ следует исключить. Кроме того, содержание воды вызывает увеличение общей массы рудного материала, что также влияет на показания массовой доли железа магнетитового в руде [7].

Температура влияет как на физические свойства магнетитовой руды, например, на электропроводность, так и на выходные сигналы датчиков [2, 3, 4, 8].

Величина *напряженности магнитного поля* индуктивного преобразователя влияет на магнитные свойства материала [3,4].

Насынная плотность связана с коэффициентом разрыхления материала (соотношение объема руды и воздушного пространства в ней), от которого зависит величина сигнала магнитной восприимчивости материала [1].

Изменение формы рудного потока, его смещение в поперечном направлении относительно оси конвейера и изменение расстояния от потока до датчика – эти факторы можно рассматривать как один: *изменение пространственного расположения рудного материала в магнитном поле индуктивного преобразователя*, которое приводит к изменению сигнала магнитной восприимчивости из-за неоднородности магнитного поля преобразователя [6, 8].

Рассмотрим фактор влияния **изменения подачи руды и толщины слоя рудопотока** на расчетное содержание железа магнетитового более подробно. Анализ существующих методов и средств непрерывного контроля качества магнетитовых руд показал, что для исключения данного фактора в основном разрабатывают магнитные датчики, которые мало чувствительны к изменению толщины слоя рудного материала в некотором диапазоне.

Например, на рис. 3 приведена схема устройства, разработанного в Свердловском горном институте для контроля содержания магнетита [9]. Устройство состоит из индуктивного преобразователя, представляющего собой катушку индуктивности, намотанную на П-образном ферромагнитном сердечнике. Преобразователь устанавливается по оси конвейера под конвейерной лентой на минимально возможном расстоянии. В связи с малой базой датчика (89 мм) достаточно чтобы поток руды был больше 40 мм, тогда изменение количества руды на конвейере практически не влияет на результаты измерений [9].

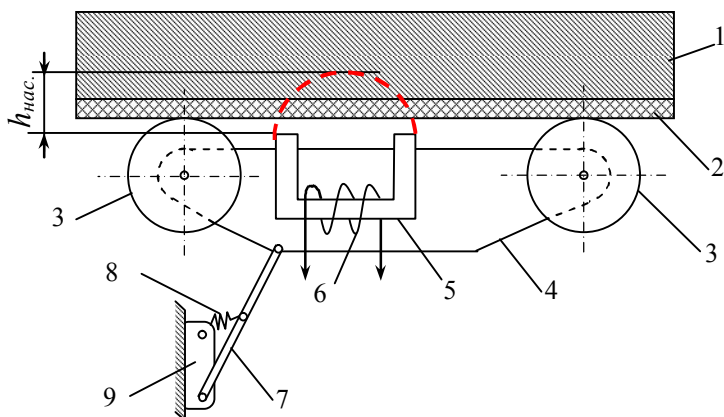


Рис. 3. Конструкция индуктивного датчика автогенераторной системы автоматического контроля содержания магнетита [9]. 1 – поток руды; 2 – лента конвейера; 3 – вращающиеся ролики; 4 – корпус; 5 – разомкнутый магнитопровод; 6 – катушка; 7 – рычаг; 8 – пружина; 9 – кронштейн

Другим примером является система автоматического контроля качества железорудного сырья в конвейерных потоках (СКРП), разработанная ООО ИПП «Уралрудоавтоматика» [10]. В индукционных конвейерных преобразователях МВ-5 системы установлены несколько катушек индуктивности и используется оригинальный алгоритм определения массовой доли железа с учетом сигналов нескольких катушек. За счет этого при толщине слоя руды выше некоторого минимально допустимого уровня результаты измерения стабилизируются.

Однако, как указывает производитель данной системы, в связи со сложностью градуировки системы на конкретном предприятии (различные сорта и виды поступающего рудного материала) процесс ввода системы в эксплуатацию занимает не менее 1 года [10].

В первом примере за счет большой неоднородности создаваемого магнитного поля датчик работает в так называемом «режиме насыщения», суть которого заключается в том, что, начиная с некоторой толщины слоя рудного материала, ее дальнейшее увеличение практически не влияет на выходной сигнал датчика. Однако при этом анализируется только нижний слой рудного потока, из-за чего снижается представительность опробования и точность.

Во втором примере увеличивается сложность датчика и настройки системы, что снижает ее надежность. Кроме того, при использовании сигналов от многих катушек не исключено появление других факторов, снижающих точность контроля, таких например, как изменение формы рудного потока, его смещение в поперечном направлении относительно оси конвейера или изменение расстояния от потока до датчика.

Рассмотрим возможные способы реализации непрерывного контроля качества потока исходной руды на примере рудообогатительных фабрик

РОФ-1, РОФ-2 ГОКа ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог», где проводились исследования. Исходная руда поступает в мельницу из бункеров, проходя при этом по двум конвейерам: *сборный* и *питающий*. Длинный *сборный* конвейер собирает руду, которая поступает самотеком из бункеров, расположенных сверху вдоль конвейера, и затем перегружает руду на короткий конвейер, *питающий* мельницу.

Подача руды в мельницу регулируется изменением скорости *сборного* конвейера (приблизительно от нуля до 0,3 м/с). При этом толщина слоя руды на сборном конвейере всегда остается постоянной (около 200 мм) и определяется конструктивно расстоянием от последней действующей точки до конвейерной ленты. Толщина слоя руды на *питающем* конвейере при изменении подачи изменяется (приблизительно от нуля до 50 мм), а скорость данного конвейера постоянна (около 1,3 м/с).

Исходя из описанных условий, нами определены два способа установки магнитного датчика: в конце сборного или в любой точке питающего конвейера. Рассмотрим их более подробно (см. рис. 4).

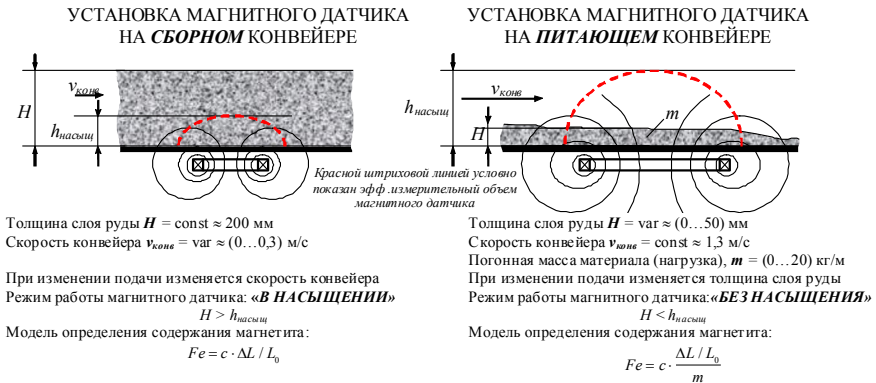


Рис. 4. Способы установки магнитного датчика с целью исключения влияния изменения подачи руды

В первом варианте (установка на сборном конвейере) толщина слоя рудного материала постоянная, и даже при полном отсутствии подачи составляет около 200 мм, что позволяет применить магнитный датчик, который мало чувствителен к изменению толщины слоя рудного материала. Для этого датчик должен работать в *режиме насыщения*, при котором магнитное поле индуктивного преобразователя неоднородно и сосредоточено в нижнем слое рудного материала.

При разработке датчика необходимо задать толщину слоя рудного материала ($h_{\text{нас}}$), при котором происходит полное насыщение датчика, меньше толщины слоя рудного потока (H):

$$h_{\text{нас}} < H, \tag{1}$$

что позволит практически исключить влияние изменения подачи руды на сигнал магнитного датчика и на расчетное содержание железа магнетитового в рудопотоке, которое в этом случае можно определять только по эффективной магнитной восприимчивости, без учета сигнала веса:

$$Fe = c \cdot SX, \quad (2)$$

где SX – эффективная магнитная восприимчивость (сигнал магнитного датчика); c – постоянный коэффициент, определяемый при градуировке.

Однако опыт показал, что при работе датчика в режиме насыщения присутствует зависимость полезного сигнала от насыпной плотности (коэффициента разрыхления) рудного материала. Частично исключить данную зависимость можно путем учета насыпной плотности, однако этот способ не обеспечивает требуемой точности; либо путем приведения материала к начальным условиям (постоянные крупность, влажность и коэффициент разрыхления, обеспечиваемый, например, уплотняющим валиком), что технологически невозможно.

Кроме того, при работе датчика в *режиме насыщения анализируется в основном нижний слой рудного материала и почти не учитывается верхний слой*, т.е. анализируется не весь поток, а только его часть. При работе на сборном конвейере, где рудный поток формируется слоями от различных бункеров, это приводит к значительной погрешности контроля качества рудопотока. Кроме того, значительно сказывается явление сегрегации, при котором происходит расслоение материала по толщине слоя – как по крупности, так и по содержанию.

Во втором варианте (установка на питающем конвейере) при уменьшении подачи пропорционально уменьшаются толщина слоя и масса рудного материала (погонная нагрузка), вплоть до нуля (пустая лента). Поэтому не возможно разработать магнитный датчик, показания которого будут независимы от количества материала на ленте.

В этом случае целесообразно применить датчик, работающий линейном в режиме, *без насыщения* ($H < h_{нас}$), величина полезного сигнала (SX) которого будет прямо пропорциональна как содержанию железа магнетитового (Fe), так и общей массе материала (m) в зоне измерения датчика. В этом случае формула для расчета содержания магнетита следующая:

$$Fe = c \cdot \frac{SX}{m}. \quad (3)$$

Разработка датчика, работающего в линейном режиме без насыщения и учет при этом массы материала на конвейерной ленте позволяет полностью исключить влияние изменения подачи на расчетное содержание железа магнетитового в рудном потоке. Такое решение предусматривает использование штатных электронных конвейерных весов, устанавливаемых на питающих конвейерах.

С целью повышения точности контроля качества, принято решение использовать второй способ, практическая проверка которого проводилась на

экспериментальной установке ДЖМК-1, смонтированной на питающем конвейере №02А РОФ-1 ГОКа ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

В ходе испытаний неоднократно проведен эксперимент с изменением величины подачи руды в мельницу в диапазоне 50–120 % от номинальной. Подача изменялась ступенчато, и эксперимент получил название «ступеньки». Сигналы датчиков магнитной восприимчивости (SX), погонной нагрузки (m), а также дополнительного ультразвукового датчика толщины слоя рудного потока (H) регистрировались непрерывно и усреднялись с периодом 1 мин. Идея измерения толщины слоя с помощью ультразвука заключалась в том, чтобы проверить возможность использования данного сигнала вместо сигнала массы в формуле (3).

Эксперимент проводился за короткий промежуток времени (около 20 мин.), поэтому содержание магнетита в рудном потоке считалось постоянным. Изменение подачи во времени и связанные с ним изменения сигналов SX , m , H , а также содержания магнетита ($Fe_{расч.}$), вычисляемого по формуле (3), приведены рис. 5. Видно, что характер изменения входных сигналов – одинаковый: сигналы промодулированы величиной подачи.

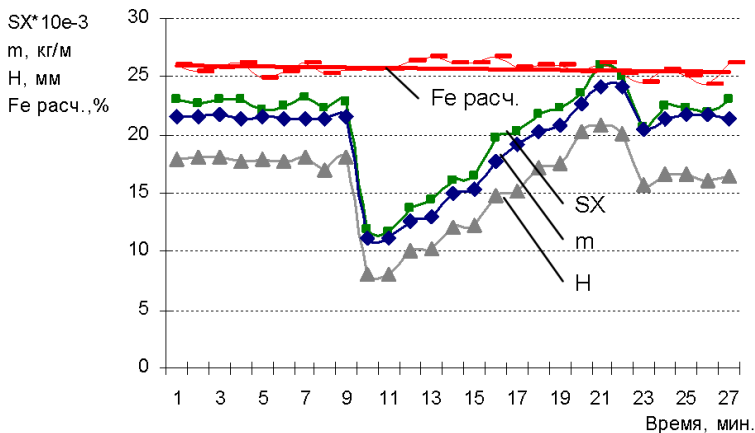


Рис. 5. Влияние изменения подачи руды (от 50 до 120 % от номинальной) на сигналы магнитной восприимчивости (SX), погонной нагрузки (m), толщины слоя рудного потока (H) и на расчетное содержание магнетита (Fe)

На рис. 6 показана взаимосвязь сигнала магнитной восприимчивости с массой (кривая $SX=f(m)$) и с толщиной слоя рудного потока (кривая $SX=f(H)$). Анализ показывает, что между сигналом магнитной восприимчивости и массой существует устойчивая прямо пропорциональная зависимость. Получено аналитическое выражение $SX=1,0236m+0,6896$. Коэффициент детерминации составил $R^2=0,99$.

Между сигналом магнитной восприимчивости и толщиной слоя корреляция несколько хуже: коэффициент детерминации составил $R^2=0,92$, аналитическое выражение – $SX=1,1012H+3,1816$. Кроме того, при длительных испытаниях наблюдались случаи, когда форма потока или его положение на ленте изменялись (например, при переключении сборного конвейера), что

приводило к нарушению зависимости $SX=f(H)$ и недопустимой погрешности контроля качества рудного потока. Поэтому мы сделали вывод, что использование датчика толщины слоя рудного потока для исключения влияния фактора изменения подачи руды – нецелесообразно, т.к. обеспечить четко сформированный и постоянный по плотности рудный поток в существующих условиях – проблематично.

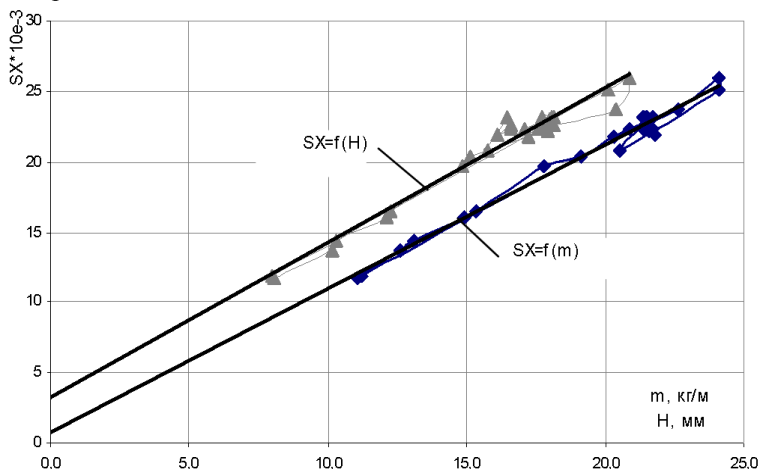


Рис. 6. Зависимости сигнала магнитной восприимчивости (SX) от погонной нагрузки (m) и от толщины слоя (H) рудного потока

Расчет содержания магнетита в рудном потоке с использованием сигнала массы приведен на рис. 5 (кривая $Fe_{расч.}$). Очевидно, что расчетное содержание остается практически постоянным, несмотря на изменение подачи руды от 50 до 120 % от номинальной. Так, при среднем содержании 25,7 % среднеквадратическое абсолютное отклонение составило 0,58 %.

Для сравнения – при постоянной подаче указанная величина СКО составила 0,45 %, т.е. варьирование подачи во всем рабочем диапазоне привело к увеличению СКО всего на **0.13 %** (абс.).

Таким образом, разработка магнитного датчика, работающего в режиме «без насыщения» с учетом сигнала конвейерных весов, позволяет практически полностью исключить влияние изменения подачи руды и толщины слоя рудопотока на расчетное содержание железа магнетитового в нем.

Выводы. Исследованы и классифицированы факторы, снижающие точность непрерывного контроля качества магнетитовых руд в рудном потоке.

Факторы ранжированы по степени влияния, начиная с наиболее значимых (см. табл. 1).

Предложены способы учета или исключения влияния данных факторов, использование которых позволяет повысить точность магнитометрического способа контроля качества железорудного сырья и использовать его для непрерывного контроля качества рудного материала в потоке на конвейере.

Способы учета мешающих факторов

№ п/п	Факторы, снижающие точность измерений	Способы учета
1	Изменение подачи и толщины слоя руды (количество материала на ленте)	Разработка магнитного датчика, работающего в режиме « без насыщения » с учетом сигнала конвейерных весов
2	Изменение пространственного расположения рудного потока относительно магнитного датчика (форма, смещение, расстояние)	Оптимизация параметров индуктивного преобразователя (форма, габариты, расстояние до рудопотока) с целью создания достаточно равномерного магнитного поля в зоне измерения
3	Изменчивость магнитной восприимчивости магнетитовой руды в зависимости от её структуры и текстуры	Разработка устройства с несколькими градуировочными зависимостями для различных месторождений. Для ГОКа ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» установлено, что допускается одна градуировка – по смеси руд карьеров №2, №3
4	Гранулометрический состав (крупность) рудного материала	Градуировка устройства по рудному материалу той крупности, на которой планируется эксплуатация
5	Влажность и электропроводность рудного материала	Разработка схемы датчика с раздельным детектированием вносимых индуктивности и активного сопротивления.
6	Влияние температуры окружающей среды на индуктивность и внутреннее сопротивление индуктивного преобразователя и на другие элементы схемы датчика	1. Разработка схемы измерительного узла датчика – генератора на основе последовательного RLC колебательного контура , частотный выходной сигнал которого зависит только от L и C , и не зависит от R . Таким образом исключается температурная зависимость выходного сигнала, обусловленная температурной нестабильностью внутреннего сопротивления катушки (ТКС). 2. Введение дополнительной опорной катушки : для определения магнитной восприимчивости используется <i>отношение</i> периодов колебаний контура с измерительной и опорной катушкой, а не абсолютная величина периода. Таким образом, при практически одновременном замере обоих периодов значительно снижается температурная зависимость выходного сигнала, обусловленная температурной нестабильностью индуктивности и емкости (ТКИ, ТКЕ).
7	Насыпная плотность рудного материала	Разработка магнитного датчика, работающего в режиме « без насыщения », и учет сигнала массы материала
8	Напряженность магнитного поля (сила тока в катушке)	Разработка схемы магнитного датчика со стабилизацией амплитуды переменного тока в индуктивном преобразователе

На основании проведенных исследований разработаны первичный преобразователь – датчик магнитной восприимчивости горной массы на конвейерной ленте и многоканальная система непрерывного контроля качества железорудного сырья ДЖМ-К.

ИИС ДЖМ-К внедрена в условиях рудообогатительных фабрик РОФ-1, РОФ-2 ГОКа «АрселорМиттал Кривой Рог» и эксплуатируется с 2007 г. до настоящего времени. ИИС ДЖМ-К включает 14 измерительных каналов на РОФ-1 и 3 канала на РОФ-2.

В настоящее время ведутся исследования по включению ИИС ДЖМ-К в состав АСУТП обогащения руды в условиях РОФ-1, РОФ-2 ГОКа «АрселорМиттал Кривой Рог».

Список литературы

1. Пристрій оперативного контролю масової частини магнітного заліза в гірській масі: патент 60612А: МКИ G01N27/72 / **Азарян А.А., Демченко О.М., Дрига В.В., Цибулевський Ю.Є.**; власник патенту ТОВ «Рудпромгеофізика». – №2003010300; заявл. 14.01.03; опубл. 15.10.03, Бюл. №10.

2. Исследование стабильности работы датчика железа магнитного (ДЖМ-1) / **А.А. Азарян, В.В. Дрига, Ю.Е. Цибулевский, Р.С. Азарян**, // Разработка рудных месторождений: науч.-техн. сб. / Криворожский техн. ун-т. –Кривой Рог: КТУ, 2003. –Вып. 84. –С. 121-124.

3. Пристрій для оперативного контролю масової частки заліза магнітного у гірській масі: патент 80694 / **Азарян А.А., Дрига В.В., Цибулевський Ю.Є.**; власник патенту ТОВ «Рудпромгеофізика». –№20040806896; заявл. 17.08.04; опубл. 25.10.07, Бюл. №17.

4. **Азарян А.А.** Исследование автогенераторного метода контроля содержания железа магнитного в продуктах обогащения / **А.А. Азарян, В.В. Дрига, Ю.Е. Цибулевский** // Качество минерального сырья: сб. науч. тр. / Криворожский техн. ун-т. –Кривой Рог: КТУ, 2005. –С. 117-123.

5. **Дрига В.В.** Результаты промышленных испытаний устройства ДЖМ-3 // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій: зб. наук. пр. / Дніпропетровський нац. ун-т. –Дніпропетровськ: ДНУ, 2006. –Том 10. –С. 159-165.

6. **Азарян А.А.** Разработка переносного устройства оперативного контроля качества минерального сырья // **А.А. Азарян, В.В. Дрига, Д.С. Белименко** // Форум гірників –2006 : мат. міжнар. конф., 11–13 жовт. 2006 р., Дніпропетровськ / Нац. гірничий ун-т. –Дніпропетровськ, 2006.

7. **Дрига В.В.** Исследование и классификация факторов, влияющих на геофизический мониторинг массовой доли магнетита в горной массе / **В.В. Дрига** // Вісник Криворізького технічного університету: зб. наук. пр. / Криворізький техн. ун-т. –Кривий Ріг: Мінерал, 2006. –Вып. 14. –С. 150-153.

8. **Азарян А.А.** Исследование стабильности работы многоканальной системы оперативного контроля качества железистых кварцитов на конвейере/ **А.А. Азарян, В.В. Дрига, Ю.Е. Цибулевский** // Разработка рудных месторождений: науч.-техн. сб. / Криворожский техн. ун-т. –Кривой Рог: КТУ, 2008. –Вып. 92. –С. 185-189.

9. **Марюта А.Н.** Контроль качества минерального сырья / **А.Н. Марюта, П.К. Младецкий, П.А. Новицкий**. –К.: Техніка, 1976. –220 с.

10. Интернет-сайт ООО ИПП «Уралрудоавтоматика»
<http://uralrudoavtomatika.ru/?p=148>