


Утверждаю

Проректор по науке и инновациям  
ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»

доктор технических наук, профессор



  
М.Р. Филонов

2018 г.

ГУАП

№ 74-1110/18-0-0  
от 28.04.2018



### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

**БАЖЕНОВА Ивана Николаевича**

**«Метод и средства резонансного индукционного контроля**

**массовой доли железа в магнетитовой руде»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Диссертационная работа И.Н. Баженова посвящена решению актуальной задачи – разработке нового метода и алгоритма резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, обеспечивающего повышение точности измерений и чувствительности средств, применяемых для оценки массовой доли железа в технологическом процессе переработки и обогащения магнетитовой руды. **Объектом исследования** является технологический процесс переработки и обогащения магнетитовой руды.

#### **Актуальность темы**

Планирование и контроль качества рудной массы и продуктов ее обогащения возможны только при достоверных и точных результатах технологического опробования природного массива.

Актуальность исследований по данной проблеме обусловлена неполнотой и недостаточностью разработок в области теории и практики опробования и, в особенности, непрерывного технологического контроля процесса обогащения руды.

При этом сравнительно мало статистических данных для того, чтобы обосновать размеры максимально допустимых погрешностей контроля опробования и предъявлять определенные требования к точности аппаратуры контроля. Можно ориентировочно подсчитать, что ошибка планирования качества "сырой" и обогащенной руды на 1% содержания железа может дать убытки в год порядка сотен миллионов рублей.

Для неразрушающего текущего контроля и оценки качества магнетитовых руд широко используется принцип измерения взаимной магнитной индукции между катушками индуктивности, расположенными на фиксированном расстоянии друг от друга в конструкции измерительного зонда. Ограниченная чувствительность соответствующих приборов индукционного контроля обусловлена низким уровнем полезного сигнала на измерительной катушке индуктивности. Для выделения полезного сигнала применяют его разложение на квадратурные составляющие и синхронное детектирование с отдельным усилением квадратур и последующим суммированием.

На точность измерения магнитных свойств магнетитовой руды влияет методическая погрешность, обусловленная волнообразной зависимостью чувствительности прибора от величины зазора между зондом и поверхностью исследуемой среды, а также нестабильность результатов контроля, вызванная влиянием помех от электрооборудования при работе прибора контроля в условиях производства. Существующие средства измерения имеют общий недостаток, связанный с большой погрешностью измерения магнитной восприимчивости, которая составляет 3–10 %.

Поэтому разработка метода резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде и его схмотехническая реализация с автоматической коррекцией погрешности измерения является актуальной научно-технической задачей. Практическое применение метода резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде невозможно без проведения теоретических и экспериментальных исследований, позволяющих оценить влияние эффекта резонанса на чувствительность, точность и динамический диапазон приборов индукционного контроля по сравнению с существующей средствами.

## **Основные научные результаты, полученные автором и их новизна**

Основными результатами, полученными в работе, являются:

1. Модель измерительного зонда с различным расположением генераторной и приемной катушек, позволяющая оценить их взаимное влияние.

2. Метод резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, обеспечивающий повышение точности измерений и чувствительности средств контроля.

3. Приборы резонансного индукционного контроля качества руды с автоматической коррекцией погрешности в зависимости от изменения зазора между измерительным зондом и поверхностью рудной массы.

4. Алгоритм резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, инвариантный к геометрическому фактору зондирующего элемента системы контроля.

### **Научная новизна**

Полученные автором диссертационной работы результаты обладают научной новизной:

1. Разработана модель измерительного зонда с различным расположением генераторной и приемной катушек, позволяющая оценить влияние числа витков, геометрических размеров и расстояния между ними на чувствительность измерительного зонда.

2. Модернизирован метод индукционного контроля массовой доли железа в рудном концентрате, учитывающий влияние формируемого электромагнитного поля на магнитную восприимчивость контролируемой среды и позволяющий повысить чувствительность приборов контроля за счет применения резонансного режима работы измерительного индуктивного преобразователя.

3. Разработан алгоритм резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, позволяющий повысить достоверность результатов такого контроля за счет применения микропроцессорной обработки данных и формирования оценки количественного состава железа в рудной массе.

### **Достоверность полученных результатов и выводов**

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением адекватных математических моделей и апробированных методик, проверкой свойств разработанного алгоритма, согласованностью теоретических выводов с результатами экспериментов, а также апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

### **Практическая значимость полученных автором результатов**

Практическая значимость работы заключается в:

- установлении экспериментальной зависимости режима работы приемной катушки индуктивности на амплитуду измеряемого сигнала с целью установления условий применения эффекта резонанса в приборах индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде;
- установлении экспериментальной зависимости взаимного расположения генераторной и приемной катушек в составе зонда на чувствительность приемной катушки к изменению содержания железа для обоснования выбора измерительного зонда прибора резонансного индукционного контроля;
- модернизации приборов индукционного контроля с целью повышения точности измерения параметров при оценке качества руды с помощью индуктивных преобразователей.

Представленные в диссертации модель, алгоритмы и результаты экспериментальных исследований различных индукционных датчиков являются базой для проектирования и модернизации приборов индукционного контроля, позволяющих повысить чувствительность средств и точность измерений параметров при оценке магнетитовой руды.

### **Общая оценка диссертационной работы**

Диссертация Баженова И.Н. является законченной научно-квалификационной работой и содержит обоснованные решения, представляющие ценность для развития методологии и практики неразрушающего индукционного контроля магнетитовой руды, обладающие научной новизной и практической значимостью.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертация и автореферат по своей структуре и оформлению соответствуют тре-

бованиям ГОСТ 7.0.11-2011 и других нормативных документов, регламентирующих оформление научно-технических публикаций.

Изложение материала в диссертации выполнено в логической последовательности, деление текста на разделы представляется обоснованным.

Материалы диссертации в полной мере представлены в работах, опубликованных соискателем. По теме диссертации имеется 12 публикаций, в том числе 4 публикации в рецензируемых научных журналах, включённых Высшей аттестационной комиссией России в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, 2 патента на изобретение, 1 патент на полезную модель.

Основное содержание и результаты диссертационной работы Баженова Ивана Николаевича соответствует профилю научной специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

#### **Замечания по диссертации**

1. На стр. 52 автор приводит два предельных равенства (2.40) и (2.41) и делает вывод о том, что «относительная погрешность определения восприимчивости сильномагнитной среды в  $N\chi$  больше, чем в слабомагнитной. Откуда следует необходимость высокоточных измерений  $\Delta E$  и  $E_0$  при исследовании, в частности, магнетитовых руд». Не ясна их полная взаимосвязь и к какой среде будет относиться руда, например, с 19% содержания железа.

2. На стр. 100 не представлена доказательная база того, что принятая модель смеси металлических опилок с кварцевым песком, реально отражает условия залегания руды. Не ясно почему смесь взята в пропорции 50/50.

3. Из представленной в работе практической значимости не совсем ясны прогнозируемая точность определения массовой доли железа, а также роль разработанных приборов в повышении стабильных показателей качества продукции отечественных горно-перерабатывающих предприятий.

4. Основные результаты работы недостаточно апробированы на профильных конференциях и опубликованы в научных рецензируемых изданиях профильной отрасли.

## Заключение

Диссертационная работа по актуальности решаемых задач, научной новизне и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация соответствует требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней", поскольку является законченной квалификационной работой, содержащей научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для обеспечения неразрушающего индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде. Внедрение предложенных решений может способствовать повышению чувствительности средств индукционного контроля и точности измерений массовой доли железа в магнетитовой руде.

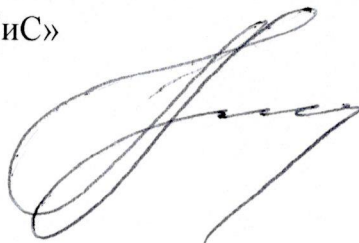
На основании вышеизложенного считаем, что диссертация "Метод и средства резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде" соответствует требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней" №842 от 24.09.2013 г., а ее автор Баженов Иван Николаевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Отзыв, составленный на основании знакомства с текстом диссертации и авторефератом, доклада И.Н. Баженова, рассмотрен и одобрен на заседании кафедры металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС» 23 апреля 2018 г. (протокол № 08/18).

Заведующий кафедрой металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой  
Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова  
(филиал) ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»

доктор технических наук, доцент

23 апреля 2018 года



Кожухов А.А.