

На правах рукописи



Потапов Дмитрий Сергеевич

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ АГЛУРУДЫ**

Специальность 05.13.05 – Элементы и устройства
вычислительной техники и систем управления

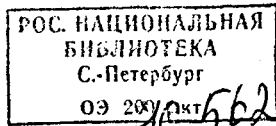
АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск 2010

Из фондов Российской национальной библиотеки

2010А
14049



Работа выполнена в ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет» на кафедре вычислительной техники в совместной научно-исследовательской лаборатории Центра информационных технологий в проектировании РАН и Курского государственного технического университета: «Информационные распознающие телекоммуникационные интеллектуальные системы»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ
Титов Виталий Семенович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Дегтярев Сергей Викторович

кандидат технических наук,
Сусин Павел Викторович

Ведущая организация: Московский государственный
горный университет

Защита состоится 13 мая 2010 г. в 16-00 часов в конференц-зале на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.105.02 при ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет» по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет» по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Автореферат разослан 12 апреля 2010 г.

Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских
диссертаций Д 212.105.02
кандидат технических наук, доцент



Е.А. Титенко



Из фондов Российской национальной библиотеки

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Внедрение систем управления технологическими процессами в перерабатывающую промышленность (при переработке железорудных материалов), и необходимость обработки непрерывных и постоянно увеличивающихся потоков информации, и как следствие усложнением задач управления, определяет обеспечение управления технологическими процессами производства готовой продукции специализированными вычислительными устройствами.

Одним из основных элементов систем управления, определяющим оперативность управления технологическим процессом и позволяющим получать готовую продукцию в соответствии с предъявляемыми требованиями к ее качеству, является фаза контроля технологических параметров материалов, поступающих на переработку. Содержание массовой доли влаги в железорудном материале, поступающем на сушку, и его минералогический состав, являются основными факторами, влияющими на нормирование процесса сушки в сушильных барабанах. Следовательно, регулирование содержания массовой доли влаги в сушеном агломерате необходимо осуществлять, непрерывно управляя режимами обезвоживания материала, с помощью применения вычислительных устройств определения точного содержания влаги и минералогического состава материала, поступающего на переработку, в системе управления процессом сушки агломерата.

Вместе с тем, применяемые в промышленности устройства определения влажности не позволяют решить проблему бесконтактного определения массовой доли влаги в железорудном материале в движущихся потоках и обеспечивают лишь частичное решение задачи определения влажности для системы управления процессом сушки аглоруды или характеризуются ограниченными функциональными возможностями: являются контактными (кондуктометрический, диэлектрический, емкостной), имеют громоздкие конструкции (основанный на инфракрасной спектроскопии), требуют отбора проб материала на лабораторный анализ (весовой), требуют применения мер радиационной безопасности и специального обучения персонала (на основе ядерного-магнитного резонанса, нейтронного). В связи с этим важным является изыскание новых бесконтактных методов контроля влажности железорудных материалов и специализированных вычислительных устройств для системы управления процессом сушки, обеспечивающих этот контроль.

В связи с этим актуальной *научно-технической задачей* является повышение точности и оперативности определения влажности сыпучих дисперсных сред на основе создания вычислительного устройства для системы управления процессом сушки аглоруды, позволяющего в режиме реального времени производить определение влажности железорудного материала и обеспечивающего оперативный контроль процесса сушки аглоруды.

Объектом исследования являются устройства контроля параметров технологического процесса сушки аглоруды.

Предметом исследования являются способ и вычислительное устройство бесконтактного определения влажности сыпучих дисперсных железорудных материалов.

Диссертационная работа выполнена в рамках плана НИР Курского государственного технического университета по единому заказ-наряду Министерства образования и науки РФ в 2006-2009 годах.

Целью работы является разработка вычислительного устройства автоматического определения влажности железорудного материала для системы управления процессом сушки аглоруды, позволяющего обеспечить повышение точности (уменьшение погрешности) и оперативности определения влажности на основе магнито-диэлектрических характеристик железорудных материалов.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие *основные задачи*:

1. Анализ состояния вопроса автоматического определения влажности агломерата. Обоснование направления исследования.
2. Разработка математической модели для вычислительного устройства определения влажности железорудного материала на основе магнито-диэлектрических характеристик.
3. Разработка способа оценки влажности железорудного материала, позволяющего обеспечить повышение точности определения влажности.
4. Разработка алгоритма функционирования и структурно-функциональной организации вычислительного устройства определения влажности агломерата в системе управления процессом сушки аглоруды.
5. Проведение экспериментальных исследований вычислительного устройства автоматического определения влажности железорудного материала.

Новыми научными результатами и положениями, выносимыми на защиту, являются:

1. Математическая модель процессов определения влажности в движущихся железорудных потоках и содержания полезного компонента в аглоруде для вычислительного устройства, особенностью которой является учет степени поглощения дисперсным железорудным материалом электромагнитного излучения, позволяющая детализировать структурно-функциональную организацию вычислительного устройства определения влажности агломерата для системы управления процессом сушки аглоруды.
2. Способ определения влажности железорудного материала, особенностью которого является использование магнито-диэлектрических характеристик железорудных материалов, позволяющий повысить точность определения влажности за счет расчета необходимой толщины потока железорудного материала.
3. Алгоритм функционирования и структурно-функциональная организация вычислительного устройства бесконтактного определения

влажности движущихся потоков железорудного материала для системы управления процессом сушки аглоруды, отличающаяся введением блока расчета, блока определения магнитной характеристики железорудного материала, обеспечивающие контроль и управление процессом сушки аглоруды в режиме реального времени.

Достоверность результатов, положений и выводов диссертации обеспечивается корректным и обоснованным применением теории проектирования устройств ЭВМ и систем управления, аналитического и численного исследования с применением ЭВМ, методов математического моделирования, вычислительными экспериментами.

Практическая ценность результатов работы заключается в следующем: Результаты исследований могут быть использованы при реализации информационных и ресурсосберегающих технологий в перерабатывающей промышленности, в частности при производстве аглоруды из сыпучего железорудного материала. Разработанное вычислительное устройство позволяет автоматически бесконтактно осуществлять определении влажности в движущихся потоках железорудных материалов с погрешностью 0,33% и обеспечить качественное управление технологическим процессом сушки в режиме реального времени в составе интеллектуальных промышленных систем управления.

Реализация и внедрение. Результаты диссертационного исследования внедрены в ОАО « Михайловский горно-обогатительный комбинат » (г. Железнодорожск) и используются в учебном процессе Курского государственного технического университета в рамках дисциплины « Метрология и электрорадиоизмерения », «Микропроцессорные системы для автоматизации технологических процессов», «Основы теории управления», что подтверждается соответствующими актами.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на региональных, российских и международных конференциях: XXXIII Вузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Молодежь и XXI век» (Курск, 2005); VII и VIII Международных конференциях «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Курск, 2005, 2008); VII Международной конференции «Вибрационные машины и технологии» (Курск, 2005); Всероссийская НТК «Интеллектуальные и информационные системы» (Тула, 2007); Всероссийская научно-техническая конференция «Интеллект 2009» (Тула, 2009).

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, среди которых 5 статей (из них 2 в перечне журналов и изданий, рекомендуемых ВАК РФ), 1 патент на изобретение (№2265207).

Личный вклад автора: В работах [3,8,9,11] предложена структурно-функциональная организация устройства определения влажности, в [4,5] предложено устройство определения влажности для системы управления процессом сушки, [7,1,11] предложен способ определения влажности дисперсных железорудных материалов в движущихся потоках.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 71 источника и 1 приложения. Работа содержит 115 страниц основного текста, 19 рисунков, 5 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, представлены структура диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен сравнительный анализ существующих способов определения влажности сыпучих дисперсных материалов и их минералогического состава, а также вычислительных устройств, реализующих оценку влажности в реальном времени, определена возможность их использования для управления процессом сушки аглоруды. Сформированы перечень основных требований, предъявляемых к вычислительному устройству, и основные функции, выполняемые при определении влажности слабопроводящих дисперсных материалов и обеспечении контроля и управления процессом сушки аглоруды.

Приведен сравнительный анализ существующих устройств контактного и бесконтактного определения влажности, на основании которого выбран СВЧ-преобразователь, обеспечивающий высокую точность бесконтактного определения влажности. В отличие от известных устройств, основанных на инфракрасной спектроскопии, на способах ядерного магнитного резонанса или радиационном (нейтронном), выбранный преобразователь также позволяет определять влажность материалов в быстро движущихся потоках без применения мер радиационной защиты. Выяснено, что существенным недостатком существующих устройств является высокая сложность аппаратной реализации и низкая точность при наличии содержания полезного элемента в минералах переходных химических соединений. Также они требуют существенных затрат времени, что затрудняет принятие оперативного решения по управлению процессом сушки аглоруды. Выяснено, что минералы переходных химических соединений обладают достаточно высокой диэлектрической проницаемостью по сравнению с породообразующими компонентами.

Проведен анализ признаков определения влажности, на основании которого в качестве информативных выбраны магнито-диэлектрические характеристики слабопроводящих дисперсных железорудных материалов.

Во второй главе разработана математическая модель процесса определения влажности и содержания полезного компонента в аглоруде для вычислительного устройства определения влажности, позволяющая на основе учета степени поглощения сыпучим дисперсным железорудным материалом электромагнитного излучения определять влажность материала, поступающего на сушку и формировать управляющие воздействия в системе управления процессом сушки аглоруды.

Математическая модель вычислительного устройства включает математические модели: процесса определения содержания полезного компонента

в материале, поступающем на переработку, определения влажности железорудного материала, определения количества топлива, объемов сухого газа и сухого воздуха, необходимых для обезвоживания материала в барабане-сушилке и нормирования процесса сушки.

Информация, поступающая от вычислительного устройства лицу принимающему решение (оператору) и на исполнительные механизмы системы управления процессом сушки аглоруды, зависит от следующих параметров: содержание в магнитной составляющей железорудного материала полезного компонента $\alpha_{\text{мгн}}$, содержание в руде полезного компонента $\alpha_{\text{общ}}$, влажности железорудного материала $W_{\text{мат}}$, поступающего на сушку, расход топлива G_T , расход сухого газа $V_{\text{с.г.}}$ и сухого воздуха $V_{\text{с.в.}}$.

При разработке математической модели непрерывного определения содержания полезного компонента в материале использована модель трехкомпонентного магнитного рудного материала, состоящего из магнитных минералов (ферромагнетиков), немагнитных минералов (антиферромагнетиков или парамагнетиков) и немагнитного порообразующего минерала с использованием диэлектрической ϵ и магнитной μ проницаемостей на логарифмических шкалах. Содержание полезного компонента в рудах $\alpha_{\text{общ}}$ (железо общее) и в их магнитной составляющей $\alpha_{\text{мгн}}$ (железа магнитное), также как и насыпная плотность руды ρ влияют на магнито-диэлектрические характеристики сыпучего дисперсного железорудного материала.

С целью автоматизации вычислительных процессов получены выражения для расчета железа общего $\alpha_{\text{общ}}$ и железа магнитного $\alpha_{\text{мгн}}$

$$\alpha_{\text{мгн}} = A_0 + A_1 \cdot \frac{\ln \mu}{\rho} + A_2 \cdot \frac{\ln \epsilon}{\rho} + A_3 \cdot \frac{\ln \mu \cdot \ln \epsilon}{\rho^2} + A_4 \cdot \frac{(\ln \epsilon)^2 \ln \mu}{\rho^3} + A_5 \cdot \frac{\ln \epsilon (\ln \mu)^2}{\rho^3}; \quad (1)$$

$$\alpha_{\text{общ}} = D_0 + D_1 \cdot \frac{\ln \mu}{\rho} + D_2 \cdot \frac{\ln \epsilon}{\rho} + D_3 \cdot \frac{\ln \mu \cdot \ln \epsilon}{\rho^2} + D_4 \cdot \frac{(\ln \epsilon)^2 \ln \mu}{\rho^3} + D_5 \cdot \frac{\ln \epsilon (\ln \mu)^2}{\rho^3}, \quad (2)$$

где $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ и $D_0, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5$ – коэффициенты, определяемые экспериментально для каждого месторождения.

Для математической модели определения влажности железорудного материала, поступающего на сушку, использовалась зависимость влажности материала $W_{\text{мат}}$ от его магнито-диэлектрических характеристик. Влажность материала определяется как:

$$W_{\text{мат}} = \frac{\left(\frac{Z}{\mu} - 1 \right) \cdot 3}{\frac{4\pi h}{\lambda} \mu} - \epsilon_{\text{мгн}}, \quad (3)$$

где Z – комплексное сопротивление магнито-диэлектрической среды (импеданс); μ – комплексное значение магнитной проницаемости материала; h – толщина слоя материала; λ – длина СВЧ волны в свободном пространстве; $\epsilon_{\text{мгн}}$ –

диэлектрическая проницаемость магнетита (при влажности равной 0); K – коэффициент, определяемый на этапе исследования руды.

При расчете количества топлива, требуемого для нормирования процесса сушки аглоруды, определяется влажность W , которую необходимо удалить из материала в процессе сушки согласно выражения:

$$W = P_{\text{мат}} \times \frac{W_{\text{мат}} - W_{\text{с.мат}}}{100 - W_{\text{с.мат}}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{мат}}$ – производительность сушильного барабана по сухому материалу; $W_{\text{с.мат}}$ – содержание массовой доли влаги в готовом продукте.

В работе разработана математическая модель определения компонентов топлива, требуемого для нормирования процесса сушки аглоруды.

Расход топлива определяется:

$$G_T = \frac{W}{w_2 - w_1} \cdot \left(\frac{Q \cdot \eta + C_m t_1 + \alpha_{\text{в.в.}} \cdot V_{\text{с.г.г.}} \cdot I_0}{G_{\text{с.г.}}} - I_0 \right) \cdot \frac{\sum \varphi_i \cdot H_i}{\left(\sum C_m H_n \cdot M_i / V_0 \right) \cdot \left(T_0 / T_0 + t_T \right)}, \quad (5)$$

где I_0 – энтальпия свежего воздуха; w_1 – влагосодержание газов на входе сушильного барабана; w_2 – параметр отработанного теплоносителя; η – общий КПД, учитывающий эффективность работы топки и потерь тепла топкой в окружающую среду; C_m – теплоемкость высушенного материала; t_1 – температура материала перед сушкой; $\alpha_{\text{в.в.}}$ – общий коэффициент избытка воздуха, необходимого для сжигания топлива и разбавления топочных газов до температуры смеси; $V_{\text{с.г.г.}}$ – теоретическое количество сухого газа, затрачиваемого на сжигание 1 кг топлива; $G_{\text{с.г.}}$ – общая удельная масса сухих газов, получаемая при сжигании 1 кг топлива; Q_v – количество тепла, выделяющееся при сжигании 1 м³ газа; φ_i – объемная доля компонентов газа; H_i – тепловой эффект реакции; M_i – мольная масса топлива; V_0 – мольный объем; $C_m H_n$ – массовая доля компонентов, при сгорании которых образуется вода; $T_0 = 273^{\circ}\text{K}$; t_T – температура топлива.

Расход сухого газа $V_{\text{с.г.}}$ определяется из выражения

$$V_{\text{с.г.}} = \frac{W}{w_2 - \frac{\sum \frac{9n}{12m+n} \cdot C_m H_n + \alpha_{\text{в.в.}} \cdot w \cdot I}{1 + \alpha_{\text{в.в.}} \cdot V_{\text{с.г.г.}} - \sum \frac{9n}{12m+n} \cdot C_m H_n}}. \quad (6)$$

Расход сухого воздуха $V_{\text{с.в.}}$ равен

$$V_{\text{с.в.}} = \frac{W}{w_2 - w_0}, \quad (7)$$

w_0 – влагосодержание свежего воздуха при температуре t_1 на входе в сушильный барабан.

Разработанная математическая модель вычислительного процесса определения влажности в дисперсных движущихся железорудных материалах и содержания полезного компонента в аглоруде позволяет оценивать влияние магнито-диэлектрических характеристик на значение влажности аглоруды и учитывать степень поглощения дисперсным железорудным материалом электромагнитного излучения, что обеспечивает оценку параметра влажности с высокой точностью.

Выходным сигналом вычислительного устройства являются комплекс управляющих воздействий

$$\xi (OG, OB, TC) = f(\alpha_{\text{мгн}}, \alpha_{\text{общ}}, W_{\text{мат}}, G_T, V_{c.2}, V_{c.к}).$$

где OG – объем сжигаемого природного газа, необходимого для сушки материала в барабане-сушилке; OB – объем воздуха, расходующийся при сжигании природного газа; TC – толщина слоя железорудного материала, поступающего на сушку, необходимая для обеспечения повышения точности бесконтактного определения влажности аглоруды.

Применительно к системе управления повизна математической модели заключается в получении своевременной информации о содержании массовой доли влаги в материале, поступающем на сушку, и нормировании процесса обезвоживания материала в барабане-сушилке путем расчета основных параметров топлива в режиме реального времени.

Третья глава посвящена разработке способа и алгоритма оценки параметра влажности, на основе разработанной математической модели, учитывающих магнито-диэлектрические характеристики железорудного материала в вычислительном устройстве, и позволяющих бесконтактно оценивать влажность в движущихся потоках железорудного материала, а также нормировать процесс обезвоживания материала, путем определения компонента топлива, и обеспечить оперативность управления процессом сушки аглоруды.

Способ оценки влажности железорудных материалов для системы управления процессом сушки аглоруды состоит из следующих этапов (способ защищен патентом на изобретение РФ №2265207):

1. Оценка магнитной проницаемости железорудного материала при помощи индуктивной пелли, расположенной вокруг конвейерной ленты, транспортирующей железорудный материал на сушку.

2. Определение толщины потока железорудного материала.

3. Оценка диэлектрической проницаемости железорудного материала, используемой при определении влажности.

4. Расчет содержания железа общего $\alpha_{\text{общ}}$ и железа магнитного $\alpha_{\text{мгн}}$ в железорудном материале по выражениям (1), (2).

5. Определение соответствия полученных данных о содержании полезного компонента в железорудном материале заданным технологическим процессом производства аглоруды значениям.

6. Оценка параметра влажности аглоруды по выражению (3).

Оригинальность способа заключается в:

1) определении толщины потока железорудного материала, поступающего на сушку, для обеспечения бесконтактного определения влажности и расчете содержания полезных компонентов в железорудном материале;

2) организации распределения по технологическому циклу независимого определения магнитной и диэлектрической характеристик в составе единой информационной системы;

3) комплексном использовании магнитной и диэлектрической характеристик железорудного материала.

В процессе исследования было определено влияние свойств железорудного материала и возможностей электронных схем на точность определения влажности вычислительным устройством. Установлено, что в области низких и высоких значений диэлектрических потерь электромагнитных волн в железорудных материалах вносятся элементы нелинейности, вызванные значительными величинами толщины слоя, высокой массовой долей влаги, либо наличия проводящих частиц в материалах. Исследование позволило установить, что зависимость показаний первичного преобразователя имеет линейный характер в области потерь от 30 до 60 Дб, и в этой области повышается точность определения массовой доли влаги.

Общий вычислительный алгоритм определения влажности железорудного материала в системе управления процессом сушки аглоруды состоит из следующих элементов:

1. Ввод начальных данных: A – крупность железорудного материала, $\rho, A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ и $D_0, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5$ – для выражений (1) и (2).
2. Определение магнитной проницаемости материала μ .
3. Определение толщины потока материала h .
4. Определение диэлектрической проницаемости железорудного материала.
5. Определение комплексного сопротивления магнито-диэлектрической среды Z .
6. Расчет массовой доли полезного элемента находящегося в магнитных минералах $\alpha_{\text{ч.н}}$ по выражению (1) и в магнитном рудном материале $\alpha_{\text{общ}}$ по выражению (2).
7. Если $49 \leq \alpha_{\text{общ}} \leq 57$ и $0 \leq \alpha_{\text{ч.н}} \leq 2$, то переход к п.8, иначе корректировка процесса подготовки железорудного материала к сушке и переход к п.8.
8. Определение влажности железорудного материала $W_{\text{мат}}$, поступающего на сушку по выражению (3).
9. Расчет избыточной влажности железорудного материала W по выражению (4).
10. Расчет количества топлива, необходимого для сушки материала с определенной влажностью по выражению (5).
11. Расчет количества сухого газа по выражению (6).
12. Расчет количества сухого воздуха по выражению (7).

13. Определение магнитной проницаемости сушеного железорудного материала μ .
14. Определение диэлектрической проницаемости сушеного материала.
15. Определение комплексного сопротивления магнито-диэлектрической среды Z .
16. Определение влажности железорудного материала $W_{c. мат}$, полученного после сушки по выражению (3).
17. Если $W_{c. мат} = 3 \pm 0.5$, то переход к п.18, иначе корректировка процесса сушки и переход к п.2.
18. Если необходима корректировка исходных данных, то переход к п. 1, иначе переход к п. 19.
19. Если процесс сушки завершен, то выход, иначе переход к п.2.

Одним из важных факторов, влияющих на точность вычисления влажности в материале, является расчет толщины слоя h материала, который производится по алгоритму, представленному на рис. 1.

Процесс определения толщины слоя заключается в следующем: устанавливается подвижная часть устройства в минимально низкое по отношению к материалу положение, определяемое максимальной крупностью материала A . Производится определение диэлектрической проницаемости ϵ (при этом на каждом шаге высота слоя увеличивается) до момента $\epsilon \geq 30$ Дб, фиксируется минимальная высота слоя h_{min} . Затем, продолжая увеличивать толщину слоя и определяя $\epsilon_{мат}$ и J на каждом шаге алгоритма до момента $\epsilon \geq 60$ Дб, определяется максимальная высота слоя h_{max} и рассчитывается толщина слоя, при которой достигается высокая точность определения влажности материала.

Структурно-функциональная организация вычислительного устройства определения влажности железорудных материалов для системы управления процессом сушки аглоруды представлена на рис. 2 и включает в себя следующие блоки:

- 1) питания и термостабилизации (БПиТст), обеспечивающий подачу стабилизированного напряжения на СВЧ-генератор (Г.СВЧ), который формирует поток электромагнитных волн заданной мощности, направляемый с помощью передающей антенны (ПА) на влажный железорудный материал, поступающий на сушку; прошедшие волны регистрируются приемной антенной (ПрА), и передаются на вход усилителя рабочего канала (УРК);

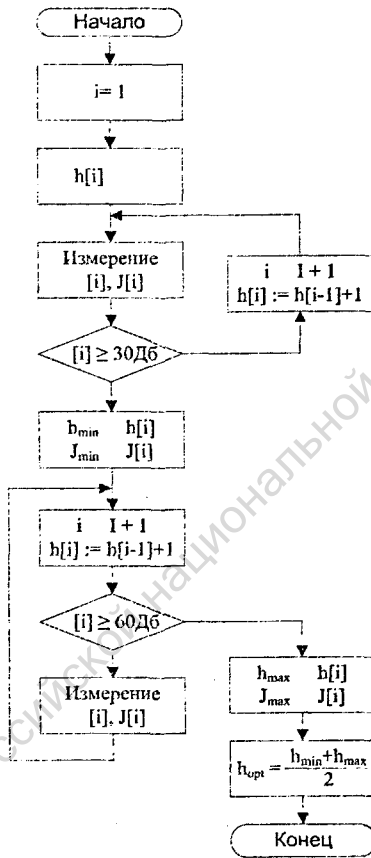


Рис. 1. Алгоритм расчета толщины слоя материала

2) генератор импульсов (ГИ) формирует импульсы с заданными фазовым смещением, позволяющим корректировать потери волн СВЧ-диапазона в материале путем изменения скважности сигналов и компенсировать параметры электропроводности крупности дисперсного материала, направленные по цепям «с» и «д» на вход УРК и на вход усилителя опорного сигнала (УОС);

3) блок расчета (БР), включающий память эталонных значений для хранения информации об требуемых параметрах материала, 6 вычислительных модулей, таких как: модуль определения количества топлива (ОТ), модуль определения необходимого объема сухого газа (ОГ), модуль определения необходимого объема сухого воздуха (ОВ), модуль определения содержания полезного элемента

в агломерационной руде (СПЭ), модуль определения влажности материала, поступающего на сушку (ОВл) и модуль вычисления толщины слоя железорудного материала (ТС), на который через АЦП-1 поступает информация о магнитной проницаемости железорудного материала, через АЦП-2 и АЦП-3 поступает соответственно информация с УРК и УОС, необходимая для определения диэлектрической проницаемости железорудного материала, а также через АЦП-4 передается информация от датчика положения о текущей толщине слоя материала;

4) блок механического перемещения (БМП), механизм перемещения (МП) и датчик положения (ДП) формируют рассчитанную толщину железорудного материала; определения магнитной проницаемости (ИМП) (данное схемотехническое решение защищено патентом на изобретение РФ №2265207).

По алгоритму, представленному на рис. 1, в модуле вычисления толщины слоя железорудного материала (ТС) производится определение необходимой толщины слоя материала, после чего полученные параметры поступают в блок индикации и в блок механического перемещения.

По выражению (3) в модуле определения влажности (ОВл) на основании полученных значений магнито-диэлектрических характеристик железорудного материала, производится расчет содержащейся в нем избыточной влажности. В модуле определения содержания полезного элемента в железорудном материале (СПЭ) по выражениям (1), (2) производится расчет содержания железа общего $\alpha_{\text{мгн}}$ и железа магнитного $\alpha_{\text{общ}}$. Рассчитанные в модулях ОВ и СПЭ данные поступают в блок индикации для отображения информации о подготовке процесса сушки железорудного материала.

В модулях определения количества топлива (ОТ) по выражению (5), определения необходимого объема сухого газа (ОГ) по выражению (6) и модуле определения необходимого объема сухого воздуха (ОВ) по выражению (7) производится расчет количества топлива, сжигаемого при обезвоживании железорудного материала в барабане-сушилке, полученные данные поступают на блок индикации, а также данные от модулей ОВ и ОГ на исполнительные механизмы подачи топлива в барабан-сушилку.

Наличие последовательного порта RS 232 позволяет подключить ЭВМ для обеспечения возможности контроля процесса сушки аглоруды оператором. Определение влажности железорудных материалов с высокой точностью обеспечивается тем, что на основе математической модели и разработанного способа определения влажности железорудного материала предложен алгоритм расчета толщины слоя материала, в составе алгоритма функционирования вычислительного устройства для системы управления процессом сушки в барабане-сушилке, реализованный в блоке расчета. Блок расчета (БР) реализуется на базе микроконтроллера и может быть построен на ПЛИС.

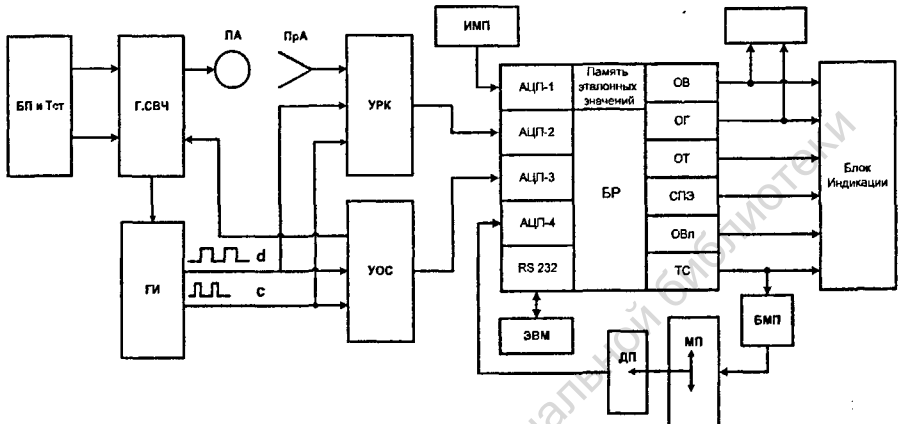


Рис. 2 Структурно-функциональная организация устройства определения влажности железорудных материалов

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований вычислительного устройства на ОАО «Михайловский ГОК». Целью эксперимента являлось подтверждение соответствия данных, полученных от вычислительного устройства определения влажности материала, расчета $\alpha_{\text{МГН}}$ и $\alpha_{\text{общ}}$ и параметров реального процесса.

Для проведения эксперимента была разработана следующая методика: проводилось определение магнитной проницаемости и диэлектрической проницаемости, 2 раза в час автоматически оценивалась влажность материала, рассчитывались $\alpha_{\text{МГН}}$ и $\alpha_{\text{общ}}$, и в те же моменты времени t производился отбор проб для оценивания влажности материала и содержания полезного элемента в лабораторных условиях весовым и химическим способом. Затем полученные значения от разработанного устройства сравнивались с данными лаборатории дробильно-сортировочной фабрики.

Исследования проводились при следующих параметрах экспериментальной установки:

Потребляемая мощность менее – 15Вт. Частота СВЧ- сигнала – 9,1ГГц. Мощность СВЧ- сигнала – 20мВт. Мощность рассеянного СВЧ-излучения менее 10мкВт/см². Высота слоя железорудного материала изменялась от 10 до 80 мм.

На рисунке 3. приведена структура экспериментальной установки вычислительного устройства определения влажности сыпучих дисперсных железорудных материалов в системе управления технологическим процессом сушки.

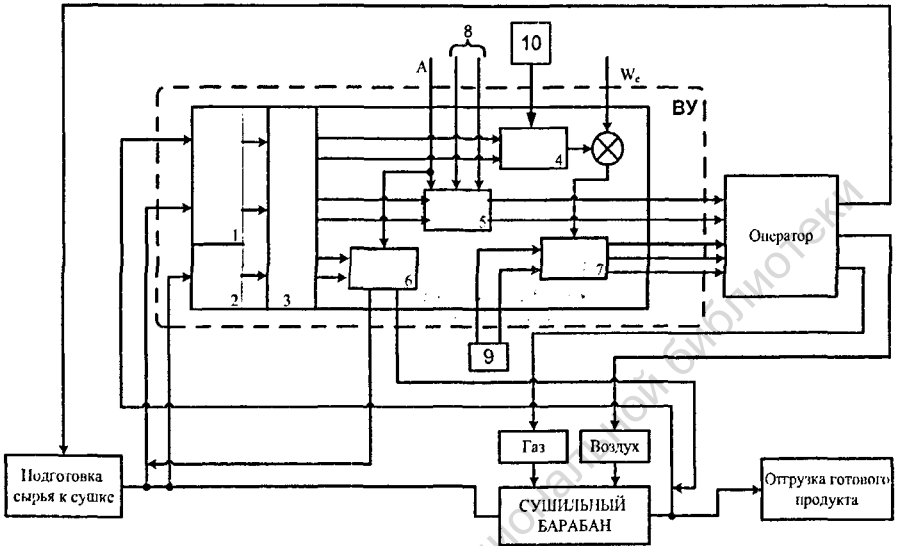


Рис. 3 Структура экспериментальной установки вычислительного устройства определения влажности сыпучих железорудных материалов в системе управления технологическим процессом сушки аглоруды, где

1 – устройство определения диэлектрической проницаемости железорудного материала; 2 – индуктивная петля; 3 – АЦП; 4 – блок расчета $W_{\text{мат}}$; 5 – блок расчета $\alpha_{\text{мгн}}$ и $\alpha_{\text{общ}}$; 6 – блок определения высоты слоя; 7 – блок расчета G_T , $V_{\text{с.л.}}$, $V_{\text{с.в.}}$; 8 – параметры для расчета $\alpha_{\text{мгн}}$ и $\alpha_{\text{общ}}$; 9 – параметры для расчета составляющих топлива, 10 – устройство определения комплексного сопротивления магнито-диэлектрической среды; ВУ – вычислительное устройство, ϵ_1 – диэлектрическая проницаемость железорудного материала перед сушкой, ϵ_2 – диэлектрическая проницаемость железорудного материала на выходе из сушильного барабана, μ – магнитная проницаемость железорудного материала, W_c – требуемое значение влажности сушеной аглоруды

На рис. 4 и рис. 5 представлены результаты экспериментальных исследований в виде гистограмм содержания полезного компонента $\alpha_{\text{мгн}}$ и $\alpha_{\text{общ}}$, полученные на основе результатов химического анализа и с помощью разработанного вычислительного устройства. Погрешность вычислений является незначительной (для $\alpha_{\text{общ}}$ – 0,0178 (доли ед.), для $\alpha_{\text{мгн}}$ – 0,0288(доли ед.)), что подтверждает возможность использования разработанного вычислительного устройства определения влажности в движущемся потоке железорудного материала для получения точной и оперативной информации о содержании

полезного компонента в аглоруде и повышения качества управления процессом сушки аглоруды.

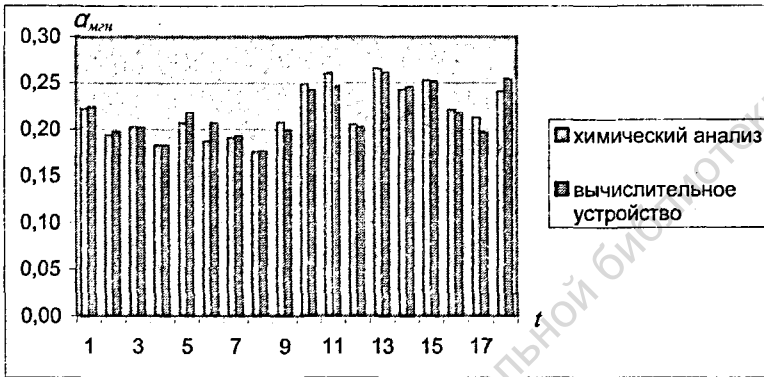


Рис. 4 Содержание железа в магнитных мипсралах (доли ед.), определенного вычислительным устройством и данных полученных с помощью химического анализа железорудного материала

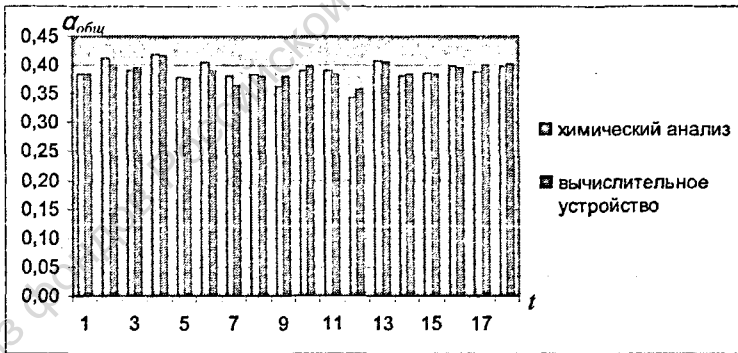


Рис. 5 Содержание железа общего в железистых кварцитах (доли ед.), определенного вычислительным устройством и данных полученных с помощью химического анализа железорудного материала.

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики разработанного вычислительного устройства определения влажности сыпучих железорудных материалов для системы управления процессом сушки и используемого на дробильно-сортировочной фабрике

Таблица 1

№ п.п.	Наименование характеристики	Определение влажности существующим способом и техническими устройствами	Определение влажности на основе разработанного способа и вычислительного устройства определения влажности сыпучих железорудных материалов для системы управления процессом сушки аглоруды
1	Погрешность определения	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,33\%$
2	Время, за которое технологический персонал получает информацию о содержании влаги в материале	30 минут	1 минута
3	Принцип определения	Контактный	Бесконтактный
4	Тип определения	Отбор проб	Автоматически
5	Место установки	Специализированный пробоотборный отвод	Конвейерная лента, транспортирующая материал на сушку

Сравнительный анализ показал, что разработанное вычислительное устройство позволяет выполнять автоматическое бесконтактное определение влажности железорудных материалов с более высокой точностью и обеспечивает оперативность работы системы управления процессом сушки аглоруды в режиме реального времени. Погрешность определения влажности составляет 0,33%, что на 0,17% меньше, чем при определении влажности используемыми техническими средствами на дробильно-сортировочной фабрике, причем процесс определения влажности требует в 30 раз меньше затрат времени, что обеспечивает оперативность и точность контроля процесса сушки аглоруды.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

При решении поставленной в диссертационной работе задачи создания вычислительного устройства определения влажности железорудного материала для системы управления процессом сушки аглоруды на основе магнито-диэлектрических характеристик железорудных материалов были получены следующие результаты:

1. В результате анализа существующих способов и устройств определения влажности сыпучих дисперсных железорудных материалов, поступающих на сушку, обоснована необходимость создания нового способа, алгоритмов и вычислительных устройств, обеспечивающих автоматическое определение влажности в реальном масштабе времени.

2. Получена математическая модель процессов определения влажности в движущихся железорудных потоках и содержания полезного компонента в аглоруде для вычислительного устройства, позволяющая разработать способ

определения влажности железорудного материала и алгоритм функционирования вычислительного устройства, детализировать структурно-функциональную организацию вычислительного устройства определения влажности, особенностью модели является использование магнито-диэлектрических характеристик железорудного материала.

3. Разработан способ оценки влажности агломерата, отличающийся использованием магнито-диэлектрических характеристик на территориально распределенных участках технологического цикла в составе единой системы управления процессом сушки аглоруды, позволяющий повысить точность определения влажности.

4. Создан алгоритм оценки содержания влажности в материале в зависимости от его магнито-диэлектрических свойств, позволяющий определять влажность агломерационной руды и содержание основных компонентов аглоруды.

5. Разработана структурно-функциональная организация вычислительного устройства бесконтактного определения влажности железорудных материалов, отличающаяся введением блока расчета, блока определения магнитной характеристики железорудного материала, позволяющая автоматически оценивать влагосодержание сыпучих дисперсных железорудных материалов, повысить точность автоматического бесконтактного определения влажности, обеспечить контроль и управление процессом сушки аглоруды в режиме реального времени.

6. Результаты экспериментальных исследований вычислительного устройства автоматического бесконтактного определения влажности железорудных материалов в системе управления процессом сушки аглоруды показали, что разработанное устройство обеспечивает погрешность 0,33% в режиме реального времени, что на 0,17% меньше, чем при определении влажности используемыми техническими средствами на дробильно-сортировочной фабрике и требует в 30 раз меньше затрат времени, что обеспечивает оперативность контроля и управления процессом сушки аглоруды.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Потапов Д.С., Чернецкая И.Е. Устройство измерения влажности аглоруды методом СВЧ // Изв. вузов Приборостроение. – 2008. – № 2. – 0,6 п.л. (из перечня ВАК) (лично автором – 0,3 п.л.)
2. Потапов Д.С. Основы математической модели высокоточного преобразователя информации по контролю влажности дисперсных слабопроводящих материалов в движущихся потоках // Обзорные прикладной и промышленной математики. – 2009. – т. 16., вып. 2. – 0,1 (из перечня ВАК) (лично автором – 0,1 п.л.)
3. Потапов Д.С., Титов В.С., Чернецкая И.Е. Система контроля и управления сушкой аглоруды // Известия ТулГУ. Сер. Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Вып.1. Вычислительная техника. – 2007. – № 2. – 0,12 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.)
4. Потапов Д.С., Анарьев П.П., Оптимизация на основе СВЧ методов процесса автоматического контроля влажности рудных потоков // Научно аналитический и

производственный журнал «Горное оборудование и электромеханика». – 2008. – № 9. – 0,12 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

5. Потапов Д.С., Чернецкая И.Е. THE MONITORING SYSTEM AND PROCESS MONITORING OF DRYING OF LOOSE MATERIALS // Proceedings of Fourth International Conference «INFORMATION AND TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN INTELLIGENT SYSTEMS», Catania, Italy. – 2006. – т. 16., вып. 2. – 0,18 п.л. (лично автором – 0,09 п.л.).

6. Потапов Д.С. Устройство определения влажности дисперсных слабопроводящих материалов в горной промышленности // Молодежь и XXI век. Курск: изд-во КурскГТУ, 2005. – 0,09 п.л. (лично автором – 0,09 п.л.).

7. Потапов Д.С., Чернецкая И.Е. Способ измерения влажности потоков дисперсных слабопроводящих материалов // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Расознавание – 05). Курск: изд-во КурскГТУ, 2005. – 0,12 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

8. Потапов Д.С., Чернецкая И.Е. Устройство измерения влажности сыпучих слабопроводящих материалов в быстро движущихся потоках // Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект 2007). Тула: изд-во ТГУ, 2005. – 0,12 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

9. Потапов Д.С., Чернецкая И.Е. Устройство контроля влажности рудных потоков // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Расознавание – 08). Курск: изд-во КурскГТУ, 2008. – 0,09 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

10. Потапов, Д.С. Устройство определения влажности агломерационной руды в движущихся потоках // Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект–2009). Тула: изд-во ТулГУ, 2009. – 0,1 п.л. (лично автором – 0,1 п.л.).

11. Потапов С.А., Титов В.С., Чернецкая И.Е., Потапов Д.С. Патент № 2265207 Российская Федерация. МПК С2 G 01 N 22/04. Способ измерения влажности потоков дисперсных слабопроводящих материалов и устройство для его реализации / заявители и патентообладатели Потапов С.А., Титов В.С.; заявлено 20021339888/09 17.12.2002, опубл. 27.11.2005, Бюл. №33. – 1,37 п.л. (лично автором – 0,34 п.л.).



Для заметок

Из фондов Российской национальной библиотеки

Сдано в набор 09.04.2010 г. Подписано в печать 09.04.2010 г.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman Cyt.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 075 от 12.04.2010г.

Отпечатано: ИП Иванов А.В., ИНН 462900360023, г.Курск, ул.Чехова, 11/52, 90.
ОГРН 306463212200050

Из фондов Российской национальной библиотеки

190 - 14049

2010A

14049

Из фондов Российской национальной библиотеки