

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Бигалиевой Альфии Замировны «Разработка программного комплекса интеллектуального управления технологическим процессом тонкого помола», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности: «6D070400 Вычислительная техника и программное обеспечение»

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности технологического процесса извлечения ценных компонентов с использованием интеллектуальной системы управления в турбулентных измельчителях.

Актуальность

Накопление техногенных отходов в Казахстане началось осуществляться с середины XIX века и идет в настоящее время их накопление.

Существующие и широко применяемые в цветной металлургии способы переработки шлаков, хвостов обогащения введут значительного расхода энергоресурсов и низкой извлекаемости металла, а также по требованиям к охране окружающей среды не отвечают современным требованиям комплексной энергосберегающей технологией переработки минерального сырья.

Перспективным методом извлечения тонких частиц меди из шлаков медеплавильного производства является разработка экологически чистой технологии с использованием положений механохимии, которая имеет интеллектуальное управление.

Сырьевой базой для осуществления предлагаемой технологии служат исторические и современные продукты в виде шламов, шлаков, вскрышных пород, забалансовые руды в отвалах и складах. Для условий медной корпорации «Казахмыс» в зависимости от типа медной руды в суммарной стоимости доля сопутствующих компонентов составляет от 24 до 50%, или в денежном выражении – 80\$...120\$ за тонну без учета стоимости меди. В случае организации собственного производства по переработке техногенных отходов в стоимость сырья будет нулевой. Стоимость извлеченного металла ориентировочно с учетом производственных затрат будет в пределах 200\$-250\$ с тонны.

Способ прямого извлечения металла из рудного и техногенного сырья заключается в сверхтонком помол (порядок 80...125 микрон минеральной составляющей). С последующей воздушной и магнитной классификацией помольной среды с разделением металлической и минеральной составляющих.

Во всех технологиях основной операцией, определяющей весь последующий ход технологии, является тонкий или даже сверхтонкий помол исходного сырья.

Таким образом, актуальной представляется задача разработки алгоритмов управления процессом тонкого помола, обеспечивающих повышение качества помола.

Развитие компьютерных технологий определяет возможность практического использования регуляторов для управления специализированными механическими устройствами.

Проблема использования классических регуляторов заключается в том, что не всегда есть возможность представления входных и выходных данных, опираясь в логике управления на знания и опыт эксперта.

Эффективным решением является применение нечётких регуляторов в качестве управления исполнительными механизмами. Нечёткие регуляторы обладают возможностью работать с быстро изменяющимися, сложными динамическими процессами, учитывать неполную и неоднозначную информацию о процессе.

Управление должно быть «интеллектуальным» и обеспечивать высокую точность при простой и недорогой аппаратной реализации.

Диссертационная работа представляет собой результат в формировании теории и практических методов синтеза систем интеллектуального управления помолом в турбулентных измельчителях. Реализация управления технологическим процессом была выполнена с использованием микроконтроллера Arduino Mega 2560 на базе Fuzzy Logic.

Цель диссертационного исследования – повышение эффективности технологического процесса извлечения ценных компонентов с использованием интеллектуальной системы управления.

Задачи исследования:

- исследовать влияние архитектурных особенностей измельчителей на технологический процесс извлечения ценных компонентов;
- разработать систему управления, учитывающую особенности архитектуры турбулентного измельчителя и сложные нелинейные термомеханические процессы в исследуемой среде;
- разработать программную модель интеллектуальной системы управления и провести численное моделирование;
- разработать и реализовать микроконтроллерный программно-аппаратный комплекс с использованием нечёткой логики для опытно-экспериментальных исследований.

Методы исследования

Поставленные в диссертационной работе задачи решены на основе технологий искусственного интеллекта. Использовались методы классической теории множеств и формальной логики. Моделирование, исследование и верификация разрабатываемых алгоритмов, постановка исследования и экспериментов проводились с использованием математических пакетов MatLAB, Fuzzy Logic Toolbox, языков программирования Си/Си++.

Проверка теоретических положений и адекватности моделей, разработанных в диссертационной работе, осуществлялась с помощью

компьютерного моделирования на ПЭВМ и экспериментальных исследований на экспериментальных стендах.

Основные положения, выносимые на защиту:

– результаты исследования влияния архитектурных особенностей промышленных измельчителей на технологический процесс извлечения ценных компонентов;

– программно-аппаратный комплекс разработанной интеллектуальной системы управления.

Научные результаты:

– исследовано влияние архитектурных особенностей измельчителей на технологический процесс извлечения ценных компонентов;

– разработана интеллектуальная система управления измельчителя, учитывающего особенности архитектуры, на базе нечёткой логики в среде MATLAB, и исследованы его технико-эксплуатационные характеристики;

– разработан и реализован микроконтроллерный программно-аппаратный комплекс с использованием нечёткой логики для опытно-экспериментальных исследований.

Научная новизна:

– разработана интеллектуальная система управления турбулентным измельчителем породы;

– разработан интеллектуальный программный комплекс в среде MATLAB;

– реализован микроконтроллерный программно-аппаратный комплекс с использованием нечёткой логики.

Практическое значение полученных результатов данной работы заключается в том, что благодаря разработке, апробации и внедрению программного комплекса интеллектуального управления технологическим процессом тонкого помола стало возможным обеспечить повышение качества помола.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке задач исследования, получении исходных данных, в проведении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, анализе и оформлении результатов работы в виде научных публикаций и докладов на научных конференциях.

Апробация результатов диссертации:

1. Семинар докторантов кафедры «Компьютерная и программная инженерия».

2. Семинар Мегафакультета компьютерных технологий и управления Университета ИТМО, РФ, Санкт-Петербург, 2019.

3. VIII Конгресс молодых учёных (Санкт-Петербург, 2019). Диплом в номинации «Лучший доклад».

4. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Ш. Шухова (Белгород, 2019).

5. XXV Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2020» (Томск, 2020).

Публикации результатов исследования:

– публикации в изданиях, входящих в наукометрические базы данных Scopus

1. Вопросы управления процессом тонкого помола в планетарной мельнице // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2020. Т. 16, Вып. 3. – С. 277-292 (База данных Scopus).

– статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендуемых ККСОН МОН РК:

1. Расчёт степени помола сырья с применением компьютерных технологий ANETR5 на примере планетарной мельницы // Университетінің еңбектері – Труды университета. – 2018. – №4. – С. 139-144.

2. Разработка и моделирование оптимального контроллера LQG для управления процессом помола // Вестник КазННТУ. – 2019. – №6. – С. 526-533.

3. Математическая модель процесса помола в планетарной мельнице // Университетінің еңбектері – Труды университета. – 2020. – №1. – С. 148-153.

4. Построение фильтра Калмана для восстановления недостающей информации о состоянии процесса помола в планетарной мельнице // Университетінің еңбектері – Труды университета. – 2020. – №2. – С. 133-138.

5. Синтез LQG регулятора для интеллектуального управления технологическим процессом тонкого помола // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2020. – №4. – С. 21-27.

– публикации, опубликованные в трудах международных конференций:

1. Бигалиева А.З. Расчёт степени помола сырья с применением прикладного программного обеспечения ANETR5 на примере планетарной мельницы. // Технический журнал «Автоматизация. Современные технологии». – 2019. – №2. – С.155-160.

2. Бигалиева А.З., Лисицына Л.С. Интеллектуальные системы управления для неопределённых ситуаций управления // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. - [2019, электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/674>, своб.

3. Бигалиева А.З. Разработка экспертной системы по управлению технологическим процессом на основе нечёткой логики // Сборник докладов «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им.В.Ш.Шухова», г.Белгород. – 2019. – С.2868-2873.

4. Бигалиева А.З. Интеллектуальное управления технологическим процессом тонкого помола // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУРа по материалам XXIV Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия

ТУСУР-2019». – 2019. – С.104-106.

5. Атанов С.К., Бигалиева А.З. Интеллектуальное управление технологическим процессом тонкого помола LQR регулятором // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». – 2019. – С.61-63.

6. Бигалиева А.З., Мурых Е.Л. Вопросы управления процессом помола с применением фильтра Калмана // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУРа по материалам XXV Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2020». – 2020. – С.18-21.

7. Бигалиева А.З. Определение значения внутримельничного заполнения шарами и акустический анализ // Материалы Международной научной конференции «Теоретические и прикладные вопросы математики, механики и информатики». – 2019. – С.126-127.

– свидетельство о государственной регистрации на объект авторского права

1. Программа для ЭВМ: Интеллектуальное управление технологическим процессом тонкого помола. Свидетельства, о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №5042 от 27.08.2019.

2. Программа для ЭВМ: Интеллектуальное управление технологическим процессом тонкого помола. Свидетельства, о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №15286 от 18.02.2021.

– акт внедрения

2 акта внедрения программного обеспечения «Интеллектуальное управление технологическим процессом тонкого помола».

По теме диссертации опубликовано 13 работ, отражающих основные результаты работы, в том числе 1 публикации в изданиях, входящих в наукометрические базы данных Scopus, 5 публикаций в журналах из перечня ККСоН, 7 публикаций в рецензируемых российских научных журналах и трудах международных конференций. Имеются 2 акта о внедрении результатов диссертации и два свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 68 страниц, включает 41 рисунок, 8 таблиц, 3 приложения. Список использованных источников содержит 81 наименований.

Во **введении** представлен научный аппарат исследования, обоснование актуальности исследования, степень ее изученности в теории и практике, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, раскрывается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, определены методы исследования, представлены положения, выносимые на

защиту, личный вклад автора, список публикаций и апробаций результатов работы.

Раздел 1 включает в себя анализ проблемы переработки техногенных минеральных образований. Приводится анализ существующих способов управления технологическим процессом помола. Рассматривается устройство и принцип работы турбулентного измельчителя.

Раздел 2 включает в себя основные принципы построения интеллектуальных систем в нечёткой среде. Теорию нечетких множеств. Разработку структуры регулятора на базе нечёткой логики. Рассматривается построение нечеткой логики в системе MATLAB.

Раздел 3 Рассматривается аппаратно-программный комплекс управления технологическим процессом тонкого помола на базе Arduino.

В заключении обобщены результаты исследования, сформулированы основные выводы, подтверждающие и доказывающие истинность положений, выносимых на защиту.

В приложении представлены практические материалы исследования.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю, д.т.н., профессору кафедры «Компьютерная и программная инженерия», Атанову Сабыржану Кубейсиновичу и зарубежному консультанту, д.т.н., профессору Университета ИТМО, Лисициной Любовью Сергеевне за неоценимую работу и консультации в ходе исследований.