

## О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента **Солёного Сергея Валентиновича** на диссертацию **Нгуен Хю Хоанг** на тему «Цифровая автоматизированная система управления электролитическим рафинированием меди», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

### 1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Нгуен Хю Хоанга посвящена разработке автоматизированной системы управления процессом электролитического рафинирования меди. Электролитическое производство меди, как один из самых энергоемких процессов, требует значительных затрат ресурсов. Современные технологии и цифровые системы управления позволяют улучшить контроль и снизить потери, что делает данную работу актуальной как для науки, так и для промышленности.

Автором предложено решение, направленное на повышение управляемости технологическими процессами путем внедрения цифрового двойника и алгоритмов контроля состояния электродов и шламовых осадков, что позволяет оперативно реагировать на изменения в процессе. Это обеспечивает снижение расхода электроэнергии, повышение извлечения полезных компонентов и сокращение числа коротких замыканий электродов.

### 2. Научная новизна диссертации

Научная новизна работы Нгуен Хю Хоанга:

- Установлены новые зависимости между ростом площади и объемом дендритных замыканий в электролитической ячейке, что связано с составом электролита и его температурой, а также межэлектродным расстоянием.
- Определена скорость роста уровня донных шламовых осадков в электролитической ячейке в зависимости от технологических параметров, таких как количество и объем ликвидированных дендритов за определённый промежуток времени.
- Разработана цифровая модель для определения высоты осадка, которая позволяет оптимизировать процесс слива шлама, что привело к снижению удельного расхода электроэнергии на 12-15%.

### Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе Нгуена Хю Хоанга, подтверждается следующими факторами:

- Использование современных методов анализа больших данных. В ходе работы применены современные методы статистического анализа, что обеспечивает высокую точность и достоверность полученной информации. Обработка результатов исследований осуществлена с использованием встроенных программных библиотек языка Python.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-380 от 13.09.24  
АУ УС

– Сходство теоретических и экспериментальных результатов. Теоретические модели и расчеты, выполненные в рамках диссертационной работы, подтвердились результатами экспериментальных исследований. Это свидетельствует о корректности выбранных методик и моделей, что подтверждает достоверность выводов, сделанных автором.

– Проверка системы управления на промышленных данных. Разработанная система управления была протестирована на архивных данных о технологическом процессе электролитического рафинирования меди на Медеплавильном заводе в г. Лаокай (Социалистическая Республика Вьетнам). Это подтверждает применимость и эффективность разработанных решений в реальных условиях производства.

– Апробация результатов на научных конференциях. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований были представлены и обсуждены на всероссийских и международных научно-практических конференциях. Это подтверждает высокий уровень научной проработки представленных выводов.

Личный вклад автора заключается в постановке цели, формулировке задач и разработке методологии исследования; в проведении анализа научно-технической литературы и патентного поиска; в выполнении экспериментов и исследований; в разработке технических решений, адаптированных к реальным условиям производства электролитического рафинирования меди; а также в научном обобщении полученных данных и подготовке публикаций.

На всех этапах выполнения диссертационной работы автор получил актуальные результаты, которые нашли отражение в публикациях и были положительно оценены на научных конференциях. Это подтверждает обоснованность выдвинутых научных положений, выводов и рекомендаций.

### **3. Научные результаты, их ценность**

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 1 статье в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (Перечень ВАК), в 2 статьях в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Автором получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **4. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новых моделей и алгоритмов для управления процессом электролитического рафинирования меди. В диссертации исследованы механизмы образования дендритных замыканий и осадков в электролитической ячейке. Были установлены зависимости между составом электролита, температурными режимами, а также процессами роста дендритов и образования шламов. Важным теоретическим достижением является разработка модели цифрового двойника для мониторинга и управления процессом, что позволяет своевременно устранять проблемы с короткими замыканиями и корректировать параметры электролита для повышения эффективности процесса.

Практическая значимость работы проявляется в успешной апробации разработанных решений в условиях реального производства. Внедрение цифрового контроля основных параметров процесса электролитического рафинирования меди на таких промышленных предприятиях, как Медеплавильный завод «Лаокай» (Вьетнам) и АО «Новгородский металлургический завод», подтвердило их высокую эффективность. В частности, предложенная система контроля позволила сократить время устранения коротких замыканий в три раза и снизить удельные затраты электроэнергии на 12-15 %.

Кроме того, внедрение системы цифрового двойника, которая отслеживает состояние электродов и объем шламов, способствует значительному увеличению уровня автоматизации процесса и сокращению ручного труда. Практические результаты работы подтверждены свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ, используемых на указанных предприятиях.

Таким образом, результаты работы Нгуен Хю Хоанга могут быть внедрены не только на предприятиях, занимающихся электролитическим рафинированием меди, но и в других отраслях металлургии, где важна автоматизация и оптимизация энергоемких процессов.

#### **5. Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты работы внедрены на таких предприятиях, как АО «СоюзЦМА» и медеплавильный завод «Лаокай» во Вьетнаме. Это подтверждает высокую практическую значимость разработанных решений и их эффективность в реальных производственных условиях. Внедрение системы автоматизированного управления позволило существенно снизить потери электроэнергии и увеличить извлечение полезных компонентов, что особенно важно для энергоемких производств.

В работе рекомендовано дальнейшее развитие систем на основе искусственного интеллекта для анализа данных в реальном времени.

#### **6. Замечания и вопросы по работе**

1. В диссертации приводится оценка снижения энергозатрат на 12-15 %. Каким образом рассчитывались эти показатели? Были ли они подтверждены на практике или это лишь теоретические прогнозы?

2. Оценивалась ли достоверность использования результатов тепловизионного контроля? Как система справляется с потенциальными искажениями изображений или шумами?

3. В описании лабораторных исследований (раздел 2.2) хотелось бы видеть более детализированную информацию о параметрах используемого оборудования и условиях проведения экспериментов.

4. При описании программного обеспечения автоматизированного контроля дендритных отложений (Глава 4) следовало бы привести результаты тестирования или симуляции работы системы на реальных данных.

5. Из диссертации не совсем ясно, что из себя представляет цифровой двойник и проводился ли сравнительный анализ с другими типами программного обеспечения для создания цифровых двойников на предмет оценки качества разработанной модели.

Высказанные замечания, в целом, не снижают научной и практической значимости выполненной работы.

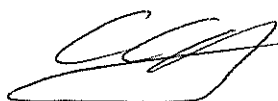
Исследовательская работа в полной мере отвечает требованиям по актуальности, научной новизне, практической значимости, личному вкладу автора, отражению результатов в публикациях. Работа содержит все необходимые для кандидатской диссертации части и носит законченный характер. Оформление диссертации выполнено на удовлетворительном уровне. Текст работы структурирован логично и последовательно, рисунки и таблицы в достаточной степени иллюстрируют изложенные материалы. Список литературы включает актуальные и значимые источники по теме исследования.

#### 7. Заключение по диссертации

Диссертация «Цифровая автоматизированная система управления электролитическим рафинированием меди», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Нгуен Хю Хоанг** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой электромеханики и робототехники  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
университет аэрокосмического приборостроения»,  
кандидат технических наук, доцент



**Солёный Сергей Валентинович**

Тел.: +7 (812) 315-38-84, e-mail: ssv@guap.ru

Подпись Солёного Сергея Валентиновича заверяю

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения	Подпись работника ФГАОУ <i>Солоний С.В.</i>
	Заверяю
	Начальник отдела кадров работников <i>Евсеева С.В.</i> 09 2024

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»  
Адрес: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
Официальный сайт в сети Интернет: <https://guap.ru/>  
Контактный телефон: (812) 710-65-10  
Адрес электронной почты: [info@guap.ru](mailto:info@guap.ru)

