

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Дмитрия Игоревича ШИШЛЯННИКОВА на диссертационную работу
Яны Михайловны МАЛЬКОВОЙ «Автоматизированный электропривод
шаровой мельницы с интегрированным мониторингом параметров процесса
измельчения», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

На отзыв представлена рукопись диссертационной работы и ее автореферат. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и двух приложений. Содержание диссертации составляют 153 страницы машинописного текста, содержащего 61 рисунок, 32 таблицы, библиографический список из 130 наименования. Содержание автореферата изложено на 20 страницах машинописного текста, в составе которого 7 рисунков.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Для горнодобывающих и обогащательных предприятий Российской Федерации, работающих в условиях санкций недружественных стран, ключевым направлением развития является повышение эффективности функционирования технологического оборудования по критериям энергоэффективности, надежности и производительности. Решение данной задачи возможно на основе внедрения средств комплексной автоматизации, обеспечивающих поддержание режимных параметров работы горных и обогащательных машин в рациональных диапазонах.

В связи с указанным, диссертационная работа Яны Михайловны Мальковой, посвященная разработке автоматизированного электропривода с интегрированным мониторингом параметров процесса измельчения, является актуальной, имеет теоретическую и практическую значимость.

2. Научная новизна работы

Выводы и рекомендации, полученные в диссертации, обоснованы и достоверны, так как они базируются на результатах известных работ ведущих отечественных и зарубежных ученых в области машин и оборудования для обогащения железосодержащих руд, а также на представительных результатах выполненных автором исследований.

Новизна научных выводов и рекомендаций заключается в разработке алгоритма вычисления оптимальной частоты вращения электродвигателя

шаровой мельницы в технологической системе управления электроприводом шаровой мельницы на основе динамической модели процесса измельчения.

Автором установлена зависимость спектра тока статора приводного двигателя электропривода шаровой мельницы от изменения степени износа футеровки барабана на основе комплексной имитационной модели электродвигателя мельницы. Разработана динамическая модель процесса измельчения железосодержащих руд, позволяющая реализовать систему непрерывного мониторинга количества готового класса в продукте измельчения.

3. Практическая значимость диссертационной работы

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается следующим:

- предложен алгоритм мониторинга износа футеровки барабана на основе анализа спектра тока статора приводного двигателя электропривода шаровой мельницы;
- предложена структура автоматизированного электропривода шаровой мельницы в составе с каскадным преобразователем частоты и с интеллектуальной системой управления измельчением;
- результаты исследований использованы в производственном процессе ООО «Лаборатория инжиниринга» (акт внедрения от 14.04.2025 г.).

4. Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные результаты, полученные в диссертационном исследовании, сформулированы автором в двух положениях, выносимых на защиту.

1. Разработанный алгоритм мониторинга износа футеровки барабана мельницы на основе спектра тока приводного двигателя шаровой мельницы, вычисленный с помощью комплексной имитационной модели электродвигателя шаровой мельницы, позволяет идентифицировать степень износа футеровки барабана.

2. Разработанный алгоритм вычисления оптимальной частоты вращения электродвигателя шаровой мельницы с интегрированной системой мониторинга параметров процесса измельчения позволяет обеспечить необходимое количество готового класса в продукте измельчения и снижение удельных затрат электроэнергии в пределах 16% с учетом компенсации динамики изменения диаметра и шаровой загрузки барабана.

Идея работы заключается в создании интегрированного в технологическую систему управления автоматизированным

электроприводом шаровой мельницы алгоритма управления скоростью вращения барабана, обеспечивающего автоматическую адаптацию к изменениям свойств руды, параметрам шаровой загрузки и износа футеровки барабана.

При доказательстве *первого защищаемого положения* автором разработана комплексная имитационная модель шаровой мельницы для измельчения железосодержащих руд. В ходе проведения вычислительного эксперимента Установлено, что для шаровой мельницы характерен устойчивый набор гармонических составляющих, проявляющихся в спектре тока статора приводного двигателя при износе футеровки барабана.

Автором разработан алгоритм мониторинга износа футеровки барабана. Получена зависимость изменения степени износа футеровки барабана шаровой мельницы от коэффициента гармоник спектра тока статора приводного двигателя.

При доказательстве *второго защищаемого положения* автором разработана блок-схема алгоритма вычисления рациональной частоты вращения двигателя шаровой мельницы. Алгоритм строится на основе контроля сигнала программно-управляемого датчика для вычисления количества готового класса руды. Алгоритм состоит из трех основных этапов: определение кластера руды; выбор параметров динамической модели измельчения и функции задания уставки по количеству готового класса; расчет рациональной частоты вращения барабана мельницы.

Доказано, что использование предлагаемого автором алгоритма позволит снизить удельные затраты электроэнергии на измельчение железных руд в шаровых мельницах до 16 %.

Все защищаемые положения, сформулированные в диссертационной работе, соответствуют названию диссертации и цели исследования, являются обоснованными и опираются на результаты выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований. Полученные в работе результаты являются новыми и могут быть использованы при совершенствовании алгоритмов управления приводами шаровых мельниц.

5. Общая оценка содержания диссертации

Малькова Яна Михайловна выполнила работу на актуальную тему, подтвердила широкий кругозор, умение самостоятельно планировать и вести теоретические и экспериментальные исследования. Диссертация и автореферат написаны лаконично, хорошим литературным языком. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам

диссертации. На все используемые литературные источники имеются ссылки.

В диссертации приведено достаточное количество иллюстративного материала, такого как рисунки, таблицы, графики, что обеспечивает наиболее полное понимание изложенной информации.

Основные положения работы были доложены на международных конференциях и симпозиумах. По результатам выполненных исследований по теме диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, из них 2 статьи – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), 3 статьи – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования *Scopus*. Получен 1 патент на изобретение.

6. Замечания по диссертационной работе

1. В рукописи диссертации присутствуют погрешности оформления и неточности формулировок. В частности, шрифт на рисунках 2.1 и 2.2 практически не читаем. После первой главы отсутствуют цель и задачи исследования, которые закономерно следуют из выполненного обзора. Также в рукописи диссертации следует отдельным разделом приводить список сокращений и условных обозначений.

2. В выполненном обзоре литературы по теме исследования отсутствуют ссылки на работы О. А. Леттиева, Л. С. Читалова, Н. О. Тихонова, I. A. Herbst, M. S. Powell, M. Hadizadeh. Нет ссылок на работы оппонентов.

3. В рукописи диссертации следовало привести более полную информацию о применяющихся в настоящее время способах мониторинга технического состояния и параметров работы шаровых мельниц. Следовало выполнить анализ информации и привести данные о достоинствах и недостатках известных способов и систем мониторинга горно-обогатительного оборудования.

4. Следует пояснить, каким образом возможно дать количественную оценку энергоэффективности функционирования шаровых мельниц в заданных условиях горно-обогатительных предприятий? Возможен ли расчет базовой величины удельных энергозатрат на измельчение руды в шаровой мельнице, от которой следует отталкиваться при оценке энергоэффективности функционирования мельниц в условиях конкретного предприятия?

5. Следует пояснить, возможно ли возникновение резонансных явлений при регулировании параметров работы привода шаровой мельницы? Если такие явления возможны, то каким образом минимизировать вероятность их появления?

6. На рисунке 2.9 приведены спектры сигнала изменения момента привода шаровой мельницы при различной величине износа футеровки. Следует пояснить, каким образом и почему изменились спектры сигнала момента привода при двукратном изменении износа футеровки шаровой мельницы? Каким образом оценивался износ футеровки мельницы?

7. Заключение

Диссертационная работа **Мальковой Яны Михайловны** представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи повышения энергоэффективности процесса измельчения железосодержащих руд в шаровых мельницах посредством использования автоматизированного электропривода с интегрированной системой мониторинга режимных параметров.

Диссертация по своим задачам, содержанию, научно-техническому направлению и выполненным исследованиям соответствует п.1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования» и п. 3 «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления» области исследований паспорта специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Полученные результаты достоверны и обоснованы. Приведенные в настоящем отзыве замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, а имеют, главным образом, значение пожеланий по дальнейшему развитию данного исследования.

Диссертация **Мальковой Яны Михайловны** «Автоматизированный электропривод шаровой мельницы с интегрированным мониторингом параметров процесса измельчения», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы, соответствует требованиям

раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм., а её автор, **Малькова Яна Михайловна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Горная электромеханика», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

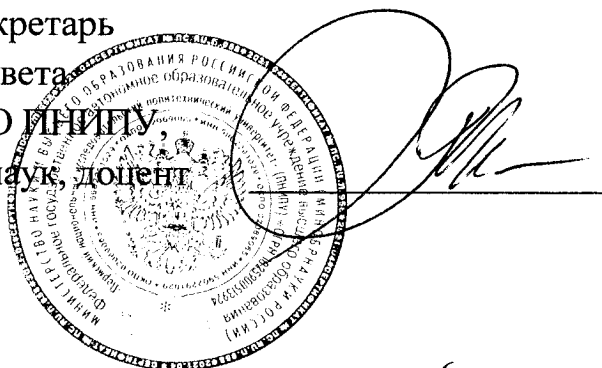
 Дмитрий Игоревич
Шишлянников
21.07.2025 г.

Даю согласие на внесение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.
Дмитрий Игоревич Шишлянников

Адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП,
Комсомольский проспект, д. 29
Телефон: +7 922-300-87-21, e-mail: dish844@gmail.com

Подпись официального оппонента, д.т.н., доцента, профессора кафедры «Горная электромеханика» Шишлянникова Дмитрия Игоревича заверяю

Ученый секретарь
Ученого совета
ФГАОУ ВО ИГЛУ
канд. ист. наук, доцент



Макаревич
Владимир Иванович