

ОТЗЫВ

официального оппонента **кандидата технических наук, доцента Дударенко Наталии Александровны** на диссертацию **Пайора Владимира Алексеевича** на тему: «Разработка системы автоматического управления левитационным плавлением металлов», представленную 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 посвящена вопросам автоматизации технологического процесса плавления металлов в магнитном поле во взвешенном состоянии. Технология левитационной плавки металлов является перспективным способом получения чистых металлов и прецизионных сплавов бесконтактным способом. На текущий момент, развитие массового промышленного внедрения левитационной плавки металлов сдерживается рядом технологических факторов: малый объем выплавляемого металла, утрата ценных технологических свойств образца металла при контакте с поверхностью нагревательной установки, высокая энергозатратность процесса.

В представленном к защите диссертационном исследовании рассматривается проблема удержания металла в магнитном поле индуктора и предотвращения его контактов с поверхностью тигля для избежания загрязнения образца. Таким образом, выбранная соискателем тема исследования актуальна и соответствует современным потребностям промышленных производств занимающихся получением высокочистых металлов и сплавов.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации Пайора В.А состоит в следующем:

1. Экспериментально определена зависимость коэффициента, характеризующего воздействие выталкивающей силы магнитного поля индуктора от положения расплава в нем.
2. Соискателем предложен способ управления положением и стабилизации образца расплавляемого металла в индукторе на основе численной модели и данных визуального мониторинга образца.
3. Предложен алгоритм определения положения расплава металла в коническом индукторе для подсистемы технического зрения.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-77 от 06.09.25
АУ УС

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Защищаемые Пайором В.А. научные положения являются логическим обобщением данных, приведённых в различных разделах диссертации. Полученные в ходе работы выводы подтверждены экспериментальным путем верификации результатов численного моделирования в лабораторных условиях. В работе представлены результаты оценки производительности и точности предложенного соискателем алгоритма распознавания и отслеживания положения расплава в индукторе системы технического зрения.

Вынесенные на защиту положения логически связаны с целью и идеей диссертации. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется корректностью применения математического аппарата, методов численного моделирования физических процессов и цифровой обработки изображений.

4. Научные результаты, их ценность

Ценность результатов, полученных соискателем, заключается в том, что им был предложен метод управления положением образца расплавляемого металла в индукторе на основе численной модели и данных визуального мониторинга, осуществляемого при помощи системы технического зрения. Предложен способ стабилизации положения образца металла в индукторе на основе данных о его положении, получаемых из системы технического зрения и данных численного моделирования в режиме реального времени.

Результаты диссертационного исследования освещены в 7 печатных работах, соискателем получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Теоретическая значимость диссертации заключается в создании метода и алгоритмического обеспечения для решения задачи стабилизации положения расплава металла в индукторе в процессе левитационной плавки. Предложенный метод предполагает применение быстродействующей численной модели магнитного поля в составе системы автоматического управления процессом плавления. Использование 2D численной модели позволило обеспечить достаточное быстродействие, сохранив адекватность описания для расчета управляющих воздействий. Таким образом, предложенная в рамках диссертационного исследования система управления, реализует принцип управления технологическими процессами на основе их цифровых двойников.

Практическая значимость диссертации подтверждается внедрением предложенной численной модели магнитного поля индуктора в

производственную деятельность компании АО «Моделирование и Цифровые Двойники».

По результатам диссертационной работы было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, реализующей алгоритм системы технического зрения (свидетельство о госрегистрации № 2023662416).

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать на металлургических предприятиях, осуществляющих производство сверхчистых металлов и их сплавов, а также в научных и исследовательских организациях, деятельность которых связана с автоматизацией технологических процессов плавления металлов в магнитном поле во взвешенном состоянии.

7. Замечания и вопросы по диссертации

1. Тематика диссертационной работы посвящена процессу плавки металлов, однако, в работе не рассмотрен процесс фазового перехода при расплавлении металла и изменяющиеся при этом свойства металла.
2. Как был сформулирован критерий реального времени применительно к рассматриваемому технологическому процессу?
3. Какие требования предъявляются к системе видеофиксации положения расплава?
4. Рассматривалась ли возможность применения нейросети для определения положения расплава?
5. Каковы требования к вычислительной мощности и скорости обработки данных при масштабировании предложенной системы на промышленные установки реальных размеров?
6. В выводах к работе не раскрыта оценка возможности отказа от использования противовитка в конструкции конического индуктора при реализации предложенной системы управления.

7. Заключение

Диссертация Пайора Владимира Алексеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Защищаемые положения диссертации прошли апробацию на международных конференциях. По теме исследования опубликовано 8 научных трудов, из них в изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (перечень ВАК) – 2, в международных реферативных базах данных и системах цитирования

Scopus, Web of Science – 3, получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

Диссертация «Система автоматического управления левитационным плавлением металлов», представленная к защите на соискание степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, полностью соответствует 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 императрицы Екатерины II от 20.05.2021 №953 адм., а ее автор – Пайор Владимир Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Дударенко Наталия Александровна, к.т.н., доц.,
доцент ф-та Систем управления и робототехники,
Университет ИТМО



2 сентября 2025г.

Подпись Дударенко Н.А.
удостоверено –

МЕНЕДЖЕР ОПС
ШИПИК В.А.



Федеральное государственное автономное образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский университет
ИТМО»

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49, литер А.

Телефон: +7 (812) 232-05-80

E-mail: dudarenko@mail.ifmo.ru