



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К. Маркса пр., 20, г. Новосибирск, 630073
Телетайп: 133432KADR RU
Телефон: (383) 346-50-01, факс: (383) 346-02-09,
E-mail: rector@nstu.ru,
http://www.nstu.ru

ОКПО 02068953, ОГРН 1025401485010
ИНН/КПП 5404105174/540401001

от 01 СЕН 2023 № 3064/ЭМ

отзыв ведущей организации

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Отто Артур Исаакович

2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Кижаява Ивана Владимировича

на тему: «Индукционный МГД-насос для перекачивания расплавов алюминия и сплавов на его основе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы.

Актуальность темы. Диссертация Кижаява И. В. «Индукционный МГД-насос для перекачивания расплавов алюминия и сплавов на его основе» посвящена разработке и проектированию плоского линейного индукционного МГД-насоса для транспортировки алюминиевых расплавов. Целью диссертационного исследования является разработка теоретической и методологической основы для проектирования МГД-насосов металлургического назначения.

В настоящее время на предприятиях с плавно-литейным производством металлических сплавов существует необходимость перекачивания жидкого металла из печи переплава в миксер. Для решения проблем, связанных с невозможностью транспортировки самотёком и сокращения серьезных тепловых потерь, стали применять МГД-насосы, которые позволяют более плавно осуществлять регулирование подачи

жидкого металла в металлотрактах и, в целом, ускорить выполнение технологического процесса.

Однако главной особенностью МГД-насосов для транспортировки алюминиевых сплавов металлургического назначения является работа с высокотемпературными и агрессивными металлами. Так как алюминий является химически активным материалом использование тонких стальных желобов не представляется возможным. Из-за высоких температур зазор между индуктором МГД-насоса и расплавом в канальной части будет достаточно большим, что принуждает к увеличению МДС за счет увеличения количества витков и повышения линейной токовой нагрузки. Данные факторы приводят к большему нагреву обмоток и соответствующему преждевременному выходу устройства из строя. Перегрев также влияет на сердечник индуктора МГД-насоса, а именно может привести к потере его магнитных свойств, что также негативно влияет на его работу.

Исследования в области внедрения МГД-насосов в плавильно-литейное производство алюминиевых сплавов представляют большой интерес. Актуальными являются как теоретические исследования в данной области, направленные на разработку математических и теоретических основ, так и апробация полученных результатов на практике.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации Кижаяевым И. В. Представлены результаты, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость:

- Разработана аналитическая математическая модель, позволяющая учитывать дискретность распределения токовой нагрузки, несимметрию сопротивления фаз и влияние продольного краевого эффекта на работу МГД-насоса.

- Построены численные параметрические сопряженные модели, позволяющие определить характеристики исследуемых электромагнитных и термогидродинамических процессов в системе «канал-индуктор МГД-насоса».

- Разработаны алгоритмы и программы автоматизированного моделирования и расчета электромагнитных, тепловых и гидродинамических процессов в МГД-насосе при перекачивании расплава алюминия с учетом перепада высот, позволяющие получить зависимости интегральных и дифференциальных электромагнитных характеристик, и распределения температурных и скоростных полей в МГД-насосе с учетом перепада высот между плавильной печью и миксером.

- Сформулированы рекомендации по проектированию индукционного МГД-насоса для транспортировки расплава алюминия из плавильной печи в миксер.

- Спроектирована, изготовлена и введена в эксплуатацию в лаборатории математического и физического моделирования МГД-процессов в металлургии Сибирского федерального университета физическая модель перелива расплава из плавильной печи в миксер по транспортировочному желобу с индукционным МГД-насосом, предназначенная для научных исследований и учебных занятий.

На основе полученных Кижаяевым И. В. результатов реализованы средства, позволяющие решить следующие задачи:

- Анализа существующих конструкций МГД-насосов и их математических моделей, с обоснованием выбора конструктивных параметров, обеспечивающих высокую надежность вместе с эксплуатационными свойствами.

- Создания аналитической модели для определения геометрических размеров, параметров схемы замещения и анализа электромагнитных характеристик.

- Создания параметрической численной математической модели индукционного МГД-насоса и алгоритмов расчета с последующим математическим моделированием гидродинамических и тепловых процессов.

- Изготовления физической модели системы транспортировки жидкого металла из плавильной печи в миксер для последующей верификации математических моделей путем сравнения результатов математического моделирования с данными натурального эксперимента на физической модели.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов. Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена применением в исследовании математического аналитического и численного моделирования, верифицированных экспериментальными исследованиями на физической установке.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на многочисленных международных и всероссийских конференциях и научных семинарах.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы как теоретическая база для проектирования МГД-насосов металлургического назначения. Полученные результаты представляются в пригодной для обработки, с помощью программных средств, форме.

Краткая характеристика основного содержания диссертации. Диссертация Кижаяева И. В. состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении обосновывается актуальность диссертационного исследования; формулируется цель и основные задачи работы; описывается предлагаемый автором подход к решению поставленных задач; характеризуется степень новизны полученных

результатов и их апробация. Кроме того, дается краткое изложение содержания диссертации.

В первой главе автор проводит анализ существующих типов устройств и математических моделей МГД-насосов. Проводит обзор методов их расчета и проектирования, а также обоснование выбора конструкции МГД-насоса для перекачивания алюминиевого расплава. Кижаяев И. В. отмечает особенности каждого из существующих моделей и приходит к выводу о необходимости использования плоских линейных индукционных МГД-насосов.

Вторая глава посвящена двумерным аналитической и численной математическим моделям плоского линейного индукционного МГД-насоса с двухсердечниковым индуктором. Описывается решение электромагнитной задачи в двумерной постановке. Построив расчетную модель, автор получает простые аналитические выражения, позволяющие проанализировать электромагнитные характеристики и рассчитать геометрические размеры МГД-насоса. Кижаяев И. В. обосновывает адекватность выражений с помощью сравнения построенных зависимостей из двумерной численной математической модели с аналогичными энергетическими и геометрическими параметрами.

В третьей главе описывается трехмерная численная математическая модель, построенная для уточнения геометрических размеров индуктора и режимов его работы, с последующим проведением электромагнитного и термогидродинамического расчетов в трехмерной постановке. Автором определены безразмерные коэффициенты, позволяющие дать предварительную оценку электромагнитных и гидродинамических процессов, протекающих в канальной части МГД-насоса. Кижаяевым И. В. представлены результаты решения электромагнитной задачи с обоснованием адекватности геометрических и электромагнитных параметров. В ходе решения электромагнитной задачи были получены распределения магнитной индукции в магнитопроводе МГД-насоса, а также векторное поле электромагнитных сил в канальной части МГД-насоса. Результаты решения электромагнитной задачи позволили решить гидродинамическую задачу и построить расход-напорную характеристику МГД-насоса. В заключительной части главы представлены результаты тепловой задачи с распределением температур индуктора МГД-насоса.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям на физической модели МГД-насоса. Автор описывает конструкцию, используемые материалы и масштаб изготовленной модели с учетом критериев подобия. В данной главе проведена верификация математических моделей с помощью натуральных экспериментов на

физической модели через измерение энергетических, тепловых и гидродинамических характеристик.

В целом диссертация Кижяева И. В. является законченным исследованием, представляет решение актуальной задачи, обеспечивающей возможность использования индукционных МГД-насосов в металлургии.

Замечания по работе. К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

- В теме диссертации указано «и сплавов на его основе», однако в исследовании отображены результаты только для чистого алюминия.

- Заявлен расчет электромагнитных, тепловых и гидродинамических процессов с использованием программных продуктов ANSYS Multiphysics и SolidWorks. Почему используются именно данные программные продукты?

- Имеются замечания по оформлению иллюстраций, схем. Следовало бы использовать стандартные нотации, соблюдать ГОСТ.

- В тексте диссертации и автореферата имеются ошибки и опечатки. При оформлении текста также следовало бы соблюдать правила технического редактирования. Погрешности в оформлении затрудняют чтение и понимание работы.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Кижяева И. В.

Общее заключение. Основные результаты диссертации опубликованы в 7 научных работах, в том числе в 3 научных статьях в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК и Scopus.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на нескольких конференциях и научных семинарах.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации и характеризуют результаты проведенных исследований.

Уровень решаемых задач представляется соответствующим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационное исследование Кижяева Ивана Владимировича «Индукционный МГД-насос для перекачивания расплавов алюминия и сплавов на его основе» является завершенной научно-квалификационной работой, которая по критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности выводов соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства

РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 18.03.2023) "О порядке присуждения ученых степеней".
Соискатель, Кижаяев Иван Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 - Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв обсужден на заседании кафедры электромеханики Новосибирского государственного технического университета протокол № 7 от 31 августа 2023 г.

Заведующий кафедрой электромеханики

кандидат техн. наук, доцент,

тел. 8-(383) 346-13-71

e-mail: toporkov@corp.nstu.ru



Топорков Дмитрий Михайлович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»,
пр-т К. Маркса, 20, г. Новосибирск, 630073, Россия