

## ОТЗЫВ на автореферат

диссертационной работы Мандрыкина Сергея Дмитриевича по теме "Течения жидких металлов в замкнутых полостях под действием электромагнитных сил и сил плавучести", представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 (01.02.05) – Механика жидкости, газа и плазмы

Рассматриваемая работа Мандрыкина С.Д. посвящена исследованию течений жидких металлов в полостях под действием массовых сил различной природы. Интерес к жидким металлам как к рабочим средам предопределен их специфическими свойствами, определяющими возможность и перспективу их применения во многих областях науки и техники. Ряд технологий, в которых жидкие металлы являются неотъемлемой частью процессов, например, в металлургии или выращивание кристаллов, требуют фундаментального понимания их поведения в полях массовых сил. В энергетике, например, жидкие металлы - это теплоносители в действующих и проектируемых реакторах на быстрых нейтронах; актуальным считается возможность их использования в системах охлаждения и защиты первой стенки будущих термоядерных реакторов типа токамак. Весьма перспективными могут стать разработки жидкометаллических батарей для систем аккумулирования электроэнергии, при этом работа полномасштабных устройств такого типа может сопровождаться гидродинамической неустойчивостью и сильно зависит от таких явлений, как тепловая конвекция, магнито- и электрогидродинамические взаимодействия и др. Таким образом, работа Мандрыкина С.Д., несомненно, является актуальной и имеет как теоретическую, так и практическую значимость.

В своей работе Мандрыкин С.Д. использует современный и весьма эффективный подход, основанный на разумном балансе численных и экспериментальных методов исследования. В автореферате Мандрыкина С.Д. представлены результаты изучения влияния осложняющих факторов на течения жидких металлов в замкнутых полостях под действием электромагнитных сил или сил плавучести в различных конфигурациях и аспектных соотношениях. Рассмотрена турбулентная конвекция жидкого натрия в цилиндре единичного аспектного отношения при ранее не исследованных значениях управляющих параметров (чисел Релея и Прандтля), при различных углах наклона емкости к направлению силы тяжести. Получены численные решения в трехмерной постановке и изучено влияние угла наклона цилиндра на теплоперенос и структуру течения. Получены опытные данные при электровихревом течении галлиевой эвтектики в ранее не рассматриваемой конфигурации при несогласованной топологии течения и геометрии емкости. Рассмотрены случаи в отсутствие и присутствии внешнего магнитного поля, направление которого параллельно линии, соединяющей электроды. Представлены результаты численных исследований электровихревых течений жидкого металла в замкнутых цилиндрических полостях различного аспектного отношения и направлений внешнего магнитного поля. Показано, что электровихревое течение наиболее выражено при малых аспектных отношениях. Обнаружено, что внешнее аксиальное магнитное поле, генерирующее азимутальное течение жидкого металла, приводит к сильному подавлению полойдального электровихревого течения.

Результаты работы Мандрыкина С.Д. представляют фундаментальный интерес в области изучения турбулентной термогравитационной конвекции жидких металлов и структуры электровихревых течений в сложных конфигурациях токоподвода, аспектных отношениях для емкости и внешних приложенных магнитных полей. Практическая значимость определяется возможностями использования полученных в работе результатов при конструировании аппаратов с жидкометаллическими теплоносителями. Тем не менее по тексту автореферата имеются следующие замечания и вопросы:



1. Обычно, при выборе объекта исследований ориентируются либо на реальные конструкции из практических соображений, либо используют набор канонических конфигураций. Из текста работы не вполне ясно, почему, например, в качестве емкости автором выбран цилиндр единичного аспектного соотношения или, например, почему выбрана конфигурация с боковым оппозитным токоподводом.

2. Большая часть результатов в автореферате, за исключением, пожалуй, главы 1, представлена в размерном виде, поэтому не вполне понятно каким образом ими воспользоваться при анализе реальных конструкций.

3. В тексте автореферата при анализе результатов задачи 1 и данных, представленных на рисунке 1 следует, что эффективный теплоперенос при горизонтальном расположении цилиндра ( $\beta=90^\circ$ ) выше (рис.1б), чем при вертикальном ( $\beta=0^\circ$ ), и это при том, что числа Рейнольдса, определяющие как интенсивность среднего движения, так и пульсационного выше как раз в случае вертикального ( $\beta=0^\circ$ ) расположения. Чем это можно объяснить?

Указанные замечания не снижают значения и оценки диссертационной работы С.Д.Мандрыкина. Работа выполнена на высоком научном и техническом уровне и является законченной научно-квалификационной работой, оценивается мной положительно.

Диссертационная работа С.Д.Мандрыкина соответствует требованиям п.9 Положения о присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор Мандрыкин Сергей Дмитриевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 (01.02.05) – Механика жидкости, газа и плазмы.

Должность, учёная степень: доцент, кандидат технических наук

Ф.И.О. Листратов Ярослав Игоревич

подпись: \_\_\_\_\_

дата: \_\_\_\_\_

27.10.21г.

Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Адрес: 111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.

Телефон: +7 495 362-70-01

e-mail: universe@mpei.ac.ru

Я, Листратов Ярослав Игоревич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись Листратова Ярослава Игоревича заверяю:

должность: Начальник управления по работе с персоналом

Ф.И.О. Савин Никита Георгиевич

подпись: \_\_\_\_\_

М.П. \_\_\_\_\_

