

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
99.1.087.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева  
Уральского Отделения Российской Академии наук (ИФМ УрО РАН) и  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института  
машиноведения Уральского отделения Российской академии наук им. Э.С.  
Горкунова (ИМАШ УрО РАН), по диссертации на соискание ученой степени  
кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «19» сентября 2024 г. № 3  
о присуждении Сербину Евгению Дмитриевичу, гражданину Российской  
Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Магнитные и магнитоакустические параметры структуроскопии деформированных и термообработанных сталей» по специальности 2.5.9. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды принята к защите 07 июня 2024 г., протокол заседания диссертационного совета № 2, объединенным диссертационным советом 99.1.087.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского Отделения Российской Академии наук (ИФМ УрО РАН) и Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения Уральского отделения Российской академии наук им. Э.С. Горкунова (ИМАШ УрО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18, 620049, г. Екатеринбург, Комсомольская ул., д. 34, приказ Минобрнауки РФ №851/нк от 12.07.2022.

**Соискатель** Сербин Евгений Дмитриевич, 01.02.1994 года рождения, в 2017 г. Окончил «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» с присуждением степени магистра по направлению 12.04.01 «Приборостроение».

В 2017 году поступил на работу в ФГБУН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН на должность инженера-исследователя, в 2018 году был переведен на должность младшего научного сотрудника.

Соискатель Сербин Евгений Дмитриевич окончил аспирантуру ФГБУН Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН в 2021 году по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», в 2023 году сдал кандидатские экзамены по специальности 2.5.9 Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды: спецдисциплина «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, технические науки», История и философия науки, Иностранный язык(английский). Диссертация выполнена в лаборатории комплексных методов контроля ФГБУН Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, Костин Владимир Николаевич, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией комплексных методов контроля Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург.

**Официальные оппоненты:**

- Леньков Сергей Викторович, доктор технических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института Удмуртского федерального исследовательского Центра УрО РАН, г. Ижевск.

- Дерусова Дарья Александровна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией лазерной вибродиагностики материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск,  
дали положительные отзывы на диссертацию Сербина Е.Д.

**Ведущая организация** - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО». В заключении, подписанном профессором факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО, доктором технических наук, профессором Прохоровичем Владимиром Евгеньевичем; профессором факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО, доктором технических наук Федоровым Алексеем Владимировичем; доцентом факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО, кандидатом

технических наук Кинжагуловым Игорем Юрьевичем; доцентом факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО, кандидатом технических наук Быченком Владимиром Анатольевичем, директором мегафакультета компьютерных технологий и управления, доктором технических наук, профессором Бобцовым Алексеем Алексеевичем и утвержденном проректором по научной работе, доктором технических наук, профессором Владимиром Олеговичем Никифоровым, указано, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена важная и актуальная научно-техническая задача по совершенствованию методов и средств неразрушающего контроля деформированных и термообработанных ферромагнитных сталей. По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также значимости и ценности полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертация соответствует критериям п. 9, 10, 11, 12, 13, 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «Положение о присуждении ученых степеней», в действующей редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 25 января 2024 г. № 62, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Сербин Евгений Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.9. – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды. Диссертационная работа и отзыв обсуждались на заседании ученого совета мегафакультета компьютерных технологий и управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», деятельность которого соответствует теме диссертации. Дата проведения заседания 30 августа 2024 г., протокол № 14.

**Соискатель** имеет одиннадцать опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано десять работ, восемь из которых в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Web of Science и Scopus).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Костин В.Н. Особенности возбуждения и регистрации магнитоакустической эмиссии в ферромагнитных объектах / В.Н. Костин, Д.Ю. Филатенков, Ю.А.

Чекакина, О.Н. Василенко, Е.Д. Сербин. – Текст: непосредственный // Акустический журнал. – 2017. – Т. 63. – С. 209–216.

Личный вклад соискателя: установлено, что для металлических ферромагнетиков различного химического состава зависимость магнитоакустической эмиссии от частоты перемагничивания имеет немонотонный характер с максимальной амплитудой магнитоакустической эмиссии при частотах перемагничивания 3–5 Гц, а изменение условий измерений не оказывает влияния на структурную чувствительность измеряемых параметров магнитоакустической эмиссии.

2. Сербин Е.Д. О возможности оценки магнестрикционных характеристик объемных ферромагнетиков по их магнитным свойствам / Е.Д. Сербин, В.Н. Костин. – Текст: непосредственный // Дефектоскопия. – 2019. – Т. 5. – С. 31–36.

Личный вклад соискателя: показано, что определяемые формой предельной петли гистерезиса в области преобладающих смещений 90-градусных доменных границ критические поля имеют большую структурную чувствительность для отожженных и отпущенных ферромагнитных сталей, чем коэрцитивная сила и остаточная магнитная индукция.

3. Serbin E.D. Influence of the two-stage plastic deformation on the complex of the magnetoacoustic characteristics of low-carbon steel and diagnostics of its structural state / E.D. Serbin, V.N. Kostin, O.N. Vasilenko, D.G. Ksenofontov, E.G. Gerasimov, P.B. Terentev. – Текст: непосредственный // NDT & E International. – 2020. – V. 116. – P. 1–6.

Личный вклад соискателя: показано, что временной сдвиг, пропорциональный полю максимальной магнитоакустической эмиссии, коррелирует с твердостью образцов и может быть диагностическим параметром результирующего упрочнения исследуемой стали при двухэтапной пластической деформации. Для измерения указанного параметра целесообразно применение устройства для локального измерения параметров магнитоакустической эмиссии, которое может быть реализовано на базе существующего аппаратно-программного комплекса DIUS-1.21M. Показано, что разупрочнение, возникающее при восстановлении плоскостности после прокатки, можно обнаружить по увеличению критического поля, связанного с формой основной петли гистерезиса.

В диссертации Сербина Е.Д. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из девяти организаций (все отзывы положительные)**. В отзывах отмечена актуальность темы, объем и степень проработки вопросов исследования, практическая значимость полученных результатов, дана положительная оценка проведенных экспериментальных исследований.

1. Институт прикладной физики НАН Беларуси (подписал директор Института прикладной физики НАН Беларуси, доктор технических наук **Хейфец Михаил Львович**).

- Замечание по работе: приведенные осциллограммы магнитоакустической эмиссии и магнитного поля имеют разный масштаб по оси напряжений, описывающей сигнал магнитоакустической эмиссии, поэтому рисунок не позволяет однозначно определить величину приложенного поля в обмотках соленоида и требует пояснения;

- Замечание по работе: из автореферата следует, что в качестве параметра контроля температуры отпуска сталей автором предложена основная частота магнитоакустической эмиссии, относительное изменение которой составляет 10–20%, однако представленные рисунки не отражают уровень погрешности определения этой величины.

Оценка работы положительная.

2. ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет (подписал доцент кафедры «Физики и приборостроения», кандидат технических наук **Муратов Камиль Рахимчанович**).

Замечание по работе: На странице 12 (второй абзац) приведена информация о количественном отличии структурной чувствительности. В целом на качественном уровне термин понятен и ясно, о чем идет речь, но как при этом количественно задается структура и как она входит в параметр «структурная чувствительность»? Соотношением объемов структурных компонентов, ее топологическими параметрами, температурой термообработки?

Замечание по работе: В комментарии (верхний абзац на 14 стр.) к рисунку 4 автореферата говорится о более высоком магнитном поле максимума МАЭ. Вероятно, в правой части рисунка 4 имеется опечатка (вставлен не тот рисунок) поскольку фазы внешних полей не совпадают и не вполне очевидно, что для отожженного при 200 °С образца поле максимума выше. Однако левая часть этого рисунка (с увеличенным масштабом) полностью отражает сказанное.

Замечание по работе: На странице 15 (абзац после таблицы) предлагается в качестве чувствительного параметра частота МАЭ, соответствующая максимуму амплитуды. Здесь

было-бы уместно привести амплитудно-частотную характеристику МАЭ чтобы читатель мог оценить точность определения этой величины. Тем более в резерве имеется целая страница автореферата.

Оценка работы положительная.

3. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси (подписал заведующий лабораторией металлургии в машиностроении, доктор технических наук **Сандомирский Сергей Григорьевич**)

- Замечание по работе: Среди 29 наименований списка цитированной в автореферате литературы отсутствует упоминание и анализ монографии [Клюев В.В., Сандомирский С.Г. Анализ и синтез структурочувствительных магнитных параметров сталей. М.: Изд. дом «СПЕКТР», 2017. 248 с.], в которой обобщена концепция синтеза структурочувствительных магнитных параметров сталей из результатов измерения их  $H_c$ ,  $M_r$  и  $M_s$ . Для дальнейшей работы соискателя представит интерес и работа [Сандомирский С.Г. Определение безгистерезисной кривой намагничивания ферромагнитного материала по параметрам предельной петли его магнитного гистерезиса // Электротехника. 2023. № 10. С. 55–60], которая поможет ему отказаться от сложного и не точного «расчетного построения» безгистерезисной кривой намагничивания материала для определения предложенного им к использованию «расчетного магнитного параметра».

Оценка работы положительная.

4. ФГБУН Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН (подписал заведующий лабораторией научного приборостроения, кандидат физико-математических наук **Боев Никита Михайлович**)

Замечания в отзыве отсутствуют.

Оценка работы положительная.

5. ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет (подписал доцент кафедры «Физики и приборостроения», кандидат технических наук **Кулак Сергей Михайлович**).

- Замечание по работе: по содержанию автореферата необходимо уточнение: предлагаемые новые магнитные и магнитоакустические параметры, позволяют оценить остаточные напряжения в стали или её напряженно-деформированное состояние?

- Замечание по работе: в задаче №1 говорится о разработке методики определения структурно-чувствительных магнитных параметров контроля термообработки и пластической деформации сталей на реальных объектах; была ли разработана и применена

указанная методика на реальных объектах, в соответствие с задачей №1? На каких объектах применялась методика?

- Замечание по работе: не указано количество образцов каждой исследуемой марки стали их размеры, как они были изготовлены (из одного и того же или разного проката, например); проводилось ли сравнение магнитных свойств образцов в исходном состоянии (до термической, механической обработок)? Сколько было образцов одной марки стали отождённых при одной и той же температуре?

- Замечание по работе: величины коэрцитивной силы  $H_c$ , остаточной магнитной индукции  $B_r$  и критического поля на графиках выражены в относительных единицах (рис.2), а величина относительной величины остаточной магнитной индукции в абсолютных единицах (мВ)?

- Замечание по работе: в каких (по уровню) магнитных полях производилось исследование магнитоакустической эмиссии в сталях?

- Замечание по работе: в пункте 1 заключения упоминается структурная чувствительность критических полей; как количественно определяется и в каких единицах может быть выражена эта величина?

Оценка работы положительная.

6. ООО «Тьюбоскан» (подписал ведущий специалист по обработке данных **Митрохин Алексей Александрович**)

Замечания в отзыве отсутствуют.

Оценка работы положительная.

7. Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет» (подписал профессор кафедры «Физические методы контроля», доктор технических наук **Новиков Владимир Алексеевич**)

Замечания в отзыве отсутствуют.

Оценка работы положительная.

8. Центр технологии строительства, обследований зданий и сооружений трубопроводного транспорта, ООО «НИИ Транснефть» (подписал главный научный сотрудник, доктор технических наук **Могильнер Леонид Юрьевич**)

- Замечание по работе: автор описывает работы, проведенные с различными материалами – около 10 марок стали. Однако, в автореферате не приведены обобщающие данные, ограничивающие области применения полученных результатов. Например, в Заключении, п. 2, указано (далее – цитата) «Установлено, что для металлических ферромагнетиков различного химического состава зависимость магнитоакустической эмиссии

от частоты переменного магнитного поля имеет одинаковый немонотонный характер ...». При этом в автореферате не определено, насколько, насколько широко может изменяться хим.состав ферромагнетика, не указано, в каких случаях потребуются дополнительные исследования применимости разработанных методов.

- Замечание по работе: также имеется опечатка: в разделе «Структура и объем диссертации» (стр. 9) указано, что что диссертация состоит из 6 глав. Фактически – из пяти глав.

Оценка работы положительная.

9. АО «НИИИИ МНПО «СПЕКТР» (подписал зам. генерального директора по науке и инновациям, доктор технических наук, академик АЭН **Ефимов Алексей Геннадьевич**).

Замечания в отзыве отсутствуют.

Оценка работы положительная.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их высокой компетентностью в вопросах по теме диссертационной работы и широкой известностью своими достижениями в соответствующей отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** рекомендации для измерения низкочастотных и высокочастотных характеристик магнитоакустической эмиссии;

**предложены** новые контактные и бесконтактные способы измерения магнитоакустической эмиссии с применением пьезоэлектрических преобразователей и лазерной интерферометрии;

**доказана** немонотонность зависимости амплитуды магнитоакустической эмиссии с максимумом при частотах поля 3–5 Гц для различных по физическим свойствам и размерам металлических ферромагнетиков;

**введены** новые структурно-чувствительные магнитные параметры – критические поля, определяемые формой предельной петли магнитного гистерезиса в области преобладающих смещений 90-градусных доменных границ, которые могут быть измерены в едином цикле магнитных измерений.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** независимость характера изменения амплитуды магнитоакустической эмиссии для различных по физическим свойствам и размерам металлических ферромагнетиков, а также возможность измерения введенных магнитных параметров с помощью аппаратно-программных систем с применением приставных электромагнитов;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методология магнитного структурно-фазового анализа, аппаратные средства акустико-эмиссионного контроля и лазерной интерферометрии;

**изложены** способы сопоставления характеристик сигналов магнитоакустической эмиссии с гистерезисными магнитными параметрами ферромагнитных материалов, которые позволяют ввести новые структурно-чувствительные параметры: временной сдвиг максимума и поля максимумов магнитоакустической эмиссии, а также положение о том, что амплитуда гармоники сигнала МАЭ с частотой, равной удвоенной частоте переменного магнитного поля, пропорциональна динамической магнестрикционной чувствительности материалов;

**раскрыты** отличия, по сравнению с ферромагнитными сталями, характера зависимости амплитуды магнитоакустической эмиссии от частоты перемагничивания для никель-цинкового феррита, в котором отсутствуют вихревые токи, заключающееся в смещении максимума амплитуды магнитоакустической эмиссии в область более высоких частот, а также малое снижение амплитуды с увеличением частоты перемагничивания;

**изучены** характеры влияния ряда факторов, таких как геометрические размеры образцов, амплитудно-частотные характеристики пьезоэлектрических преобразователей, контактные жидкости, на проявление магнитоакустической эмиссии в ферромагнитных материалах;

**проведена модернизация** подходов к выбору информативных параметров магнитоакустической эмиссии, основанная на введении новых информативных параметров.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** в существующее оборудование электромагнитного неразрушающего контроля способы определения новых магнитных параметров -

критических полей, определяемых формой петли магнитного гистерезиса, рекомендации по выбору магнитных и магнитоакустических параметров для контроля качества различных термических обработок сталей;

**определены** возможности измерения высокочастотных параметров МАЭ контактным способом с помощью пьезоэлектрических преобразователей, а низкочастотных параметров МАЭ – бесконтактным способом с помощью разработанной методики, основанной на лазерной интерферометрии;

**создана** и включена в состав программного обеспечения АПС DIUS-1.21M программа для расчета критических полей, определяемых формой петли магнитного гистерезиса, программа расчета магнитострикционной чувствительности и других численных характеристик полевой зависимости магнитострикции ферромагнитных материалов;

**представлены** рекомендации по выбору информативных магнитных и магнитоакустических параметров для контроля качества термических обработок сталей, а также способ измерения низкочастотного параметра магнитоакустической эмиссии – амплитуды гармоники с частотой, равной удвоенной частоте переменного магнитного поля – с помощью лазерной интерферометрии с применением сканирующего лазерного виброметра.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** показана воспроизводимость, результатов измерения магнитоакустической эмиссии и магнитных параметров, которая обеспечивается применением аттестованных измерительных приборов, экспериментальных установок, а также методик измерений и обработки экспериментальных данных;

**теория** построена на основе полученных, достоверных и проверенных экспериментальных данных, не противоречащих опубликованным в открытой печати данным;

**идея базируется** на методологии магнитного структурно-фазового анализа при использовании магнитных свойств вещества и использовании элементов методологии акустико-эмиссионного контроля;

**использованы** данные, опубликованные ранее по рассматриваемой тематике, а также результаты исследований магнитоакустической эмиссии и электромагнитного контроля.

**установлено** качественное совпадение промежуточных результатов с результатами других авторов, что также подтверждается апробацией на научных конференциях высокого уровня и наличием публикаций в авторитетных научных журналах, а выводы, сделанные в диссертационной работе, логически следуют из результатов экспериментальных исследований и не противоречат современным научным представлениям;

**использованы** современные методики магнитных измерений, которые были проведены в соответствии с методологией магнитного структурно-фазового анализа с использованием магнитных свойств вещества, акустико-эмиссионных и интерферометрических измерений, а также цифровой обработки и анализа экспериментальных данных.

**Личный вклад соискателя** состоит в самостоятельном получении автором основных экспериментальных данных магнитных измерений с помощью аппаратно-программной системы DIUS-1.21M, а также зависимостей характеристик магнитоакустической эмиссии от амплитуды и частоты переменного магнитного поля, условий измерений и свойств ферромагнитных материалов. Автором выполнена статистическая обработка и проведен анализ экспериментальных результатов. Также автор самостоятельно обрабатывал и анализировал результаты магнитных измерений, полученных с помощью магнитоизмерительного комплекса Remagraph. В соавторстве с научным руководителем Костиным В.Н. создана программа для расчета критических полей, определяемых формой петли магнитного гистерезиса, а также самостоятельно создана программа расчета магнитострикционной чувствительности. Кроме того, автором проведены исследования влияния холодной пластической деформации и термической обработки на комплекс магнитных и магнитоакустических характеристик ряда модельных ферромагнитных сплавов и сталей, исследования взаимосвязи магнитных и магнитоакустических параметров и возможности их комплексного применения для диагностики ферромагнитных сплавов и сталей. Результаты выполненных исследований автор докладывал на международных и всероссийских конференциях. Вместе с руководителем и соавторами автор диссертационной работы принимал участие в написании научных статей в рецензируемые журналы.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Сербин Е.Д. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертационный совет отмечает, что результаты исследования **использованы** в деятельности ООО «Научно-производственный центр «Внутритрубная диагностика» по разработке оборудования электромагнитно-акустического неразрушающего контроля трубопроводов, в учебном процессе Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» при подготовке бакалавров и магистров направления «Приборостроение», а также в комплексе программного обеспечения аппаратно-программной системы DIUS-1.21M, разработанной в ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация Сербина Евгения Дмитриевича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, в действующей редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 25 января 2024 г. № 62, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, в которой решена научная задача по совершенствованию методов и средств неразрушающего контроля деформированных и термообработанных ферромагнитных сталей, повышения достоверности контроля качества отожженных и отпущенных ферромагнитных сталей.

На заседании 19 сентября 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Сербину Е.Д. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования объединенный диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 11 членов совета по специальности рассматриваемой диссертации (2.5.9), участвовали в заседании 11 человек, проголосовали: за – 11, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета

 Ринкевич Анатолий Брониславович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

 Василенко Ольга Николаевна

23.09.2024 г.