

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГАОУ ВО

ВолГУ, д.э.н., проф.



*А.Э. Калинина* А.Э. Калинина

22 » 09 2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет"

Диссертация "Измерение параметров источников неоднородного магнитного поля в нестационарных условиях преобразователями Холла" выполнена на кафедре радиофизики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет".

В период подготовки диссертации Орлов Андрей Андреевич обучался в аспирантуре на кафедре радиофизики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет" и работал там же в разное время в качестве инженера кафедры радиофизики, ассистента кафедры Лазерной физики, младшего научного сотрудника лаборатории дистанционных методов зондирования и диагностики и младшего научного сотрудника института математики и информационных технологий.

В 2013 году окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет" по направлению радиофизика.

Удостоверение (справка) о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 г. федеральным государственным автономным образовательного учреждением высшего образования "Волгоградский государственный университет".

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Игнатъев Вячеслав Константинович является профессором кафедры радиофизики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет", почетным работником высшего профессионального образования РФ.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Личное участие Орлова А.А. являлось определяющим при разработке новых методов измерения параметров источников неоднородного

магнитного поля, получении теоретических и экспериментальных результатов, изложенных в диссертации. В ней обобщены результаты исследований и разработок, проводимых соискателем с 2011 года. Личный вклад Орлова А. А. состоит в анализе литературных источников по теме диссертации, разработке методов уменьшения погрешности холловского и ЯМ релаксационного магнитометра, теоретическом и экспериментальном исследовании нестационарных процессов в преобразователях Холла, разработке параметрических методов решения обратных задач магнитостатики для токовых распределений и ферромагнитных образцов и их экспериментальной проверке.

#### Степень достоверности результатов и проведенных исследований:

Достоверность экспериментальных результатов подтверждается большим количеством повторно проводимых экспериментов с высокой воспроизводимостью и определением величины погрешности. Точность измеряемых величин гарантируется применением современной элементной базы при изготовлении экспериментальных установок и калибровкой средств измерений. Полученные результаты не противоречат общепризнанным представлениям и результатам, полученным в других исследованиях.

#### Научная новизна работы заключается в том что:

1. Установлено, что переходные процессы в преобразователе Холла могут быть вызваны нестационарной неоднородностью температурного поля в магниточувствительной пленке.
2. Впервые получены соотношения взаимности для нелинейного многополюсника в неоднородном магнитом поле и в нестационарных условиях.
3. Разработан метод определения момента и положения магнитного диполя по результатам измерения распределения вектора магнитной индукции, достигающий предела Рао – Крамера.
4. Квантовая модель ферромагнетика дополнена слагаемыми, описывающими нелинейное изменение магнитных свойств ферромагнетика под действием деформации. Это позволило получить зависимость его коэрцитивной силы от величины деформации, которая соответствует экспериментальным данным.
5. Предложен новый метод анализа остаточной намагниченности образца, основанный на поочередной оценке медленно и быстро меняющихся составляющих намагниченности.

#### Практическая значимость заключается в том, что

1. Результаты исследования соотношений взаимности в тонкопленочных преобразователях Холла могут быть использованы при проектировании устройств микроэлектроники для устранения

систематических погрешностей измерений с использованием алгоритмов коммутации токов.

2. Метод расчета системной функции тонкопленочного преобразователя Холла может быть использован для проектирования элементов функциональной электроники, таких как приборы на магнитостатических волнах, усилители и преобразователи на эффекте Холла и др.

3. Разработанный метод коммутации тока позволяет уменьшить влияние температурного дрейфа показаний векторных магнитометров на погрешность измерений холловского магнитометра.

4. Методы обработки сигнала свободной индукции релаксационного магнитометра позволяют повысить точность измерения геомагнитного поля.

5. Метод обработки измерений топографии компонент вектора магнитного поля позволяет увеличить информативность микроструктурного анализа слабо намагниченных образцов.

#### Апробация научных результатов:

Основные результаты работы представлены на всероссийской научной школе «Микроэлектронные управляющие системы и комплексы» (г. Новочеркасск, 2011 г.), XII Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Новосибирск, 2012 г.), XVI Региональной конференции молодых исследователей волгоградской области (Волгоград, 2011 г.), XVII Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 2012 г.), SGEM (Болгария Варна, 2016 и 2017 гг.).

Соответствие диссертации научной специальности, определяется тем, что в ходе диссертационного исследования созданы новые методы измерения параметров источников неоднородного магнитного поля в нестационарных условиях и математической обработки результатов магнитных измерений холловского и ЯМ релаксационного магнитометра, что соответствует п.п. 2 и 8 направлений исследований паспорта специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики:

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени подтверждается тем, что основные результаты работы изложены в 32 публикациях, из них 10 в научных журналах, рекомендованных ВАК, 18 в изданиях, индексируемых базами цитирования SCOPUS и(или) Web of Science, в том числе 4 публикации в первом квартале, одном патенте на изобретение и одном свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Публикации в журналах, включенных в перечень ВАК РФ.

1. \* Игнатьев В. К., **Орлов А. А.**, Перченко С. В. Соотношения взаимности для нелинейной плазмopodobной среды в магнитном поле // Письма в Журнал технической физики. 2016. Т. 42. № 4. С. 74-81.
2. \* Никитин А. В., Никитин А. О., **Орлов А. А.** Исследование оперативного метода измерения частоты и амплитуды сигналов с медленно меняющимися параметрами // Измерительная техника. 2016. № 5. С. 60-65.
3. \* Игнатьев В. К., **Орлов А. А.**, Станкевич Д. А. Фазовый метод компарирования мгновенных значений частот квазигармонических сигналов // Измерительная техника. 2016. № 7. С. 48-53.
4. \* Игнатьев В. К., **Орлов А. А.**, Перченко С. В., Станкевич Д. А. Холловский микроскоп для измерения магнитных свойств пленок // Письма в Журнал технической физики. 2017. Т. 43. № 15. С. 3-11.
5. \* Игнатьев В. К., Лебедев Н. Г., **Орлов А. А.** Квантовая модель гистерезиса в однодоменном магнитомягком ферромагнетике // Физика металлов и металловедение, 2018, Т. 119, № 5, С. 477–486
6. \* Игнатьев В. К., Лебедев Н. Г., Никитин А. В., **Орлов А. А.** Макромагнитный расчет намагниченности деформированного ферромагнетика // Физика металлов и металловедение, 2019, том 120, № 3, С. 1–12
7. Игнатьев В. К., Козин Д. А., **Орлов А. А.**, Станкевич Д. А., Микромагнитный метод микроструктурного анализа ферромагнитных цилиндрических образцов // Физические основы приборостроения. 2012. Т. 1. № 4 (5). С. 44 - 57.
8. Игнатьев В. К., Невзоров А. А., **Орлов А. А.** Цифровой протонный магнитометр для измерения геомагнитного поля // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 24. № 1 (24). С. 92.
9. Невзоров А. А., **Орлов А. А.** Применение параметрических методов оценивания частоты сигнала свободной спиновой прецессии для определения неоднородного магнитного поля // Ползуновский вестник. 2014. № 2. С. 27-34.
10. Бардин А. А., Игнатьев В. К., **Орлов А. А.**, Станкевич Д. А., Перченко С. В. Магнитная экспресс-диагностика микроструктуры инженерных конструкций // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 4 (62). С. 371-378.

Публикации в иностранных журналах, включенных в базы цитирования SCOPUS и Web of Science

11. \*\* Bardin, A., Ignatjev, V., Nevsorov A., **Orlov, A.**, Calibration algorithm of Hall magnetometer in visible coordinate system // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 2019, Vol. 134, pp. 939-946
12. \*\* Bardin, A., Ignatjev, V., **Orlov, A.**, Perchenko, S. Reciprocal relations for nonlinear multipole in inhomogeneous magnetic field // Journal of Magnetism and Magnetic Materials vol. 441, 2017, pp. 276-282

13. \*\* Ignatjev, V. K., Lebedev, N. G., **Orlov, A. A.** Quantum model of a hysteresis in a single-domain magnetically soft ferromagnetic // Journal of Magnetism and Magnetic Materials vol. 446, 2018, pp. 135-142
14. \*\* Ignatjev, V. K., **Orlov, A. A.**, Stankevich D. A. Method of current distribution parameters measuring with using reference magnetic field source. // Measurement vol. 125, 2018, pp. 109-113
15. \*\* Bardin, A., Ignatjev, V., **Orlov, A.**, Perchenko, S. Verifying of reciprocal relations for nonlinear quadripole in unsteady mode // Results in Physics vol. 7, 2017, pp. 665-666
16. \*\* Bardin, A., Ignatjev, V., **Orlov, A.**, Perchenko, S. Voltage transients in thin-film InSb Hall sensor // Results in Physics vol. 7, 2017, pp. 3344-3345
17. \*\* Ignatjev, V., **Orlov, A.**, Perchenko, S. The research of reciprocal relations for nonlinear quadripole in the magnetic field // Progress in Electromagnetics Research Letters vol. 59, 2016, pp. 71-75
18. \*\* Ignatjev, V., **Orlov, A.**, Perchenko, S. Reciprocity relations for nonlinear galvanomagnetic transducer // Progress in Electromagnetics Research Letters vol. 56, 2016, pp. 75-80

#### Свидетельства о регистрации интеллектуальной собственности

19. Игнатьев В. К., **Орлов А. А.** Способ измерения сдвига фаз // патент РФ № 2541373 МПК G01R25/00, заявл. 04.10.2013; опубл. 10.02.2015
20. Бардин А. А., **Орлов А. А.** Программа для определения калибровочных коэффициентов механически связанных первичных преобразователей гравитационного и магнитного полей // свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660782 от 20.10.2016 г

#### Материалы международных конференций

21. \*\* Bardin A. A., Ignatjev V. K., **Orlov A. A.** Hall magnetic scanner // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM vol. 17(14), pp. 165-172
22. \*\* Bardin A. A., Ignatjev V. K., Nevsorov A. A., **Orlov A. A.** Mapping of geomagnetic vector to global coordinate system // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM vol. 17(14), pp. 237-244
23. Nevsorov A., **Orlov A.** Geomagnetic fast-change measurements by proton precession magnetometer // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference vol.3 , SGEM 2016, pp. 499-504
24. Игнатьев В. К., **Орлов А. А.** Цифровой измеритель разности фаз квазигармонических сигналов // Сборник научных трудов Первой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» – МГТУ МИРЭА – 2013. С. 279 – 282

#### Другие публикации

25. \*\* Ignatjev V. K., **Orlov A. A.** and Stankevich D. A. Magnetostatics of Cylindrical Ferromagnetic Samples // Physics and Mechanics of New Materials and their Applications. Ed.: Ivan A. Parinov and Shun-Hsyung Chang, New York, NOVA Science Publishers – 2013, chapter 7, pp. 73-90

26. \*\* Ignatjev V. K., **Orlov A. A.** Hall Effect in Inhomogeneous Magnetic Field // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications. Ed.: Ivan A. Parinov and Shun-Hsyung, New York, NOVA Science Publishers – 2013, chapter 5, pp. 49 – 64.

27. Игнатьев В. К., **Орлов А. А.** Обратная магнитостатическая задача для ферромагнетика // Электронный научно-технический журнал – Научное издание МГТУ им. Баумана, № 1, 2014 г. - Электронный ресурс – режим доступа: <http://dx.doi.org/10.7463/0114.0695966>

28. Игнатьев В. К., **Орлов А. А.** Системная функция магнитоактивного элемента в неоднородном магнитном поле // Электронный научно-технический журнал – Научное издание МГТУ им. Баумана, № 10, октябрь 2012 г. - Электронный ресурс – режим доступа: <http://dx.doi.org/10.7463/1012.0462881>

29. Игнатьев В. К., Никитин А. В., Бернардо-Сапрыкин В. Х., **Орлов А. А.** Измерение разности фаз квазигармонических сигналов в реальном времени // Электронный научно-технический журнал – Научное издание МГТУ им. Баумана, № 8, август 2013 г. - Электронный ресурс, <http://dx.doi.org/10.7463/0713.0588392>

30. **Орлов А. А.** Система поиска микродефектов в ферромагнитных материалах // Микроэлектронные управляющие системы и комплексы: сборник тезисов и статей Всероссийской научной школы, г. Новочеркасск, 5-7 сентября 2011 г. / Юж. Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЛИК, 2011. -192 с.

31. **Орлов А. А.** Автоматизированная система дефектоскопии ферромагнитных изделий. // XII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. Электронный ресурс, режим доступа открытый: [http://www.ict.nsc.ru/userfiles/file/ym2011\\_program\\_theses.pdf](http://www.ict.nsc.ru/userfiles/file/ym2011_program_theses.pdf)

32. **Орлов А. А.** Соотношение взаимности в неоднородном магнитном поле // XVII Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области, г. Волгоград, 6-9 ноября. 2012г. Сборник тезисов – С. 45 – 48

\* Статья имеет переводную версию, включённую в базу цитирования SCOPUS и(или) Web of Science

\*\* Публикация включена в базу цитирования SCOPUS и(или) Web of Science

