

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.06 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.12.2019г. протокол № 6

О присуждении Кондратьевой Наталье Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка программного обеспечения для трехмерного численного моделирования электромагнитных процессов с учетом вихревых токов в технических устройствах» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «22» октября 2019 г., протокол № 14, диссертационным советом Д 212.173.06 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, создан на основании приказа № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Кондратьева Наталья Сергеевна 1991 года рождения, в 2014 г. окончила магистратуру по направлению «Прикладная математика и информатика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Соискатель окончила аспирантуру Новосибирского государственного технического университета по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (дата окончания обучения – 31.08.2018 г.).

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Рояк Михаил Эммануилович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра прикладной математики, профессор.

Официальные оппоненты:

1. Мезенцев Николай Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук», Лаборатория 8-2, советник дирекции;

2. Чернышев Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Закрытое Акционерное Общество «Аэрогеофизическая разведка», ведущий научный сотрудник;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном Лаврентьевым Михаилом Михайловичем, доктором физико-математических наук, заместителем директора по научной работе, указала, что диссертационная работа Н.С. Кондратьевой «отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Кондратьева Наталья Сергеевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе 4 научные публикации, опубликованные в журналах, входящих в перечень ВАК, 6 научных публикаций, индексируемых в международных информационно-аналитических системах научного цитирования Web of Science и/или Scopus, а также 12 работ, опубликованных в других изданиях и в сборниках трудов международных и российских конференций.

Наиболее значительные работы:

1. Ступаков, И.М. Учет эффектов гистерезиса при расчете вихревых токов / И. М. Ступаков, М. Э. Рояк, Н. С. Кондратьева, А. В. Зеленский, Н. А. Винокуров // Вычислительные методы и программирование: Новые вычислительные технологии (Электронный научный журнал). — 2019. — Т. 20. — С. 67—74. [Соискателем были разработаны математическая модель и вычислительные схемы для учета эффектов гистерезиса при расчете вихревых токов, выполнена их программная реализация, проведены вычислительные эксперименты, принято участие в анализе результатов и подготовке публикации]

2. Royak, M. E. Coupled Vector FEM and Scalar BEM Formulation for Eddy Current Problems / M. E. Royak, I. M. Stupakov, N. S. Kondratyeva // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE-2016), Novosibirsk, 3–6 Oct. 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – Т. 1, ч. 2. – С. 330—335; [Соискателем были разработаны математическая модель и вычислительные схемы с совместным использованием векторного метода конечных элементов и скалярного метода граничных элементов для учета вихревых токов, выполнена их программная реализация, проведены вычислительные эксперименты, принято участие в анализе результатов, подготовлена публикация]

3. Royak, M. Finite Element Formulation with Coupled Vector-Scalar Magnetic Potentials for Eddy Current Problems / Mikhail Royak, Ilya Stupakov, Natalia Kondratyeva and Evgeny Antokhin // Proceedings of IFOST-2016 – IEEE, 2016 – V. 1. – P. 456—460; [Соискателем были разработаны математическая модель и конечноэлементные вычислительные схемы с совместным использованием векторного и скалярного магнитных потенциалов для учета вихревых токов, выполнена их программная реализация, проведены вычислительные эксперименты, принято участие в анализе результатов, подготовлена публикация]

4. Stupakov, Ilya Coupled Finite and Boundary Element Method for Solving Magnetic Hysteresis Problems / Ilya Stupakov, Mikhail Royak, Natalia Kondratyeva // WIT Transactions on Engineering Sciences. – WIT Press, 2019 – P. 125–135. [Соискателем были разработаны математическая модель и вычислительные схемы с совместным использованием методов конечных и граничных элементов для учета вихревых токов и остаточной намагниченности, выполнена их программная реализация, принято участие в анализе результатов и подготовке публикации]

5. Kondratyeva, N. S. Acceleration methods for the calculation of results in boundary element modeling / N. S. Kondratyeva, I. M. Stupakov // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE-2016), Novosibirsk, 3–6 Oct. 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – Т. 1, ч. 2. – С. 268–270; [Соискателем были разработаны и программно реализованы алгоритмы ускорения получения граничноэлементного решения, проведены вычислительные эксперименты и анализ результатов, подготовлена публикация]

6. Рояк, М. Э. Применение новой модели остаточной намагниченности железа для расчёта поворотного магнита ускорителя / М. Э. Рояк, И. М. Ступаков, Н. С. Кондратьева, Н. А. Винокуров, О. А. Шевченко, С. С. Середняков, Я. И. Горбачёв // Письма в Журнал технической физики. – 2017. – Т. 43, Вып. 20. – С. 28–36; [Соискателем была выполнена программная реализация алгоритмов, проведены вычислительные эксперименты и принято участие в анализе результатов]

7. Винокуров, Н. А. Учет гистерезиса при расчете поля в элементах магнитных систем ускорителей / Н. А. Винокуров, О. А. Шевченко, С. С. Середняков, М. А. Щеглов, М. Э. Рояк, И. М. Ступаков, Н. С. Кондратьева // Письма в Журнал технической физики. – 2016. – Т. 42. – Вып. 13. – С. 96–103; [Соискателем были проведены вычислительные эксперименты и принято участие в анализе результатов]

8. Stupakov, I. M. The Method for Calculating Magnetic Field Induced by Current Coils / I. M. Stupakov, M. E. Royak, N. S. Kondratyeva // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE-2016), Novosibirsk, 3–6 Oct. 2016. – Novosibirsk : NSTU, 2016. – Т. 1, ч. 2. – С. 347–350; [Соискателем были проведены вычислительные эксперименты и принято участие в анализе результатов, подготовлена публикация]

9. Сивак, С. А. Комбинированный векторный метод конечных и граничных элементов для задачи распространения электромагнитного поля с учетом вихревых токов / С. А. Сивак, И. М. Ступаков, Н. С. Кондратьева // Научный вестник НГТУ. – 2018. – Т. 73, Вып. 4. – С. 79–90; [Соискателем были проведены вычислительные эксперименты и принято участие в анализе результатов]

Все выносимые на защиту положения получены автором лично.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все положительные):

1. Новокузнецкий институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», доктор технических наук, профессор Каледин В.О.

Замечания. В автореферате не отражена возможность распараллеливания вычислений, которая, по-видимому, позволила бы существенно уменьшить время решения пространственных задач.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кандидат физико-математических наук, доцент Крючкова Е.Н.

Замечания. Некоторым недостатком автореферата является то, что говоря о вкладе в реализацию программного комплекса Quasar, автор не всегда поясняет технологию реализации алгоритмов. Например, указано, что для трехмерной графики использован Direct3D, но не сказано, какая именно версия, используются ли шейдеры и т.д.

3. Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр», кандидат технических наук, доцент Лаповок А.Я.

Замечания. 1) Отсутствуют ссылки на отечественную школу метода граничных интегральных уравнений (Тозони, Майергойз, Чечурин, Астахов и др.). 2) Величины γ и F в формуле (1) не пояснены. 3) В вводной части говорится о низкой эффективности коммерческих программных комплексов по сравнению с вычислительными алгоритмами, предлагаемыми соискательницей. Но сравнительные расчеты или примеры, подтверждающие это положение, отсутствуют.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», доктор технических наук Ганджа Т.В.

Замечания. Из автореферата не вполне ясно, какими именно средствами визуализации геометрии и сеток обладает разработанный автором программный комплекс (фактически, об этом можно судить только по утверждению об их наличии на стр.15, никаких трехмерных рисунков в автореферате нет).

5. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», кандидат технических наук, доцент Ковальчук С.В.

Замечания. 1) Автором отмечается значимость производительности численных решений в данной области. Более того, в общей характеристике работы автор указывает на необходимость выполнения моделирования «с достаточной скоростью и точностью на персональном компьютере проектировщика». С одной стороны, не ясно, с чем связано требование работы именно на персональном компьютере. С другой стороны, несмотря на очевидную значимость вопросов производительности для оценки эффективности предлагаемых решений, в автореферате не обсуждается оценка времени работы реализованных численных алгоритмов. 2) В автореферате присутствует ряд структурных и оформительских недочетов. Отсутствуют подписи к осям на рис. 2. Не до конца ясна нотация на рис. 4 (в частности, цвет и штриховка линий). Число публикаций (общее, индексируемых в Web of Science / Scopus. прочие), приведенное на стр. 7 автореферата, не соответствует списку основных публикаций по теме диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области численного моделирования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Доктор физико-математических наук, профессор Мезенцев Н.А., советник дирекции Лаборатории 8-2 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук и кандидат технических наук, доцент Чернышев А.В., ведущий научный сотрудник Закрытого Акционерного Общества «Аэрогеофизическая разведка» являются компетентными в области численного моделирования учеными, имеющими соответствующие публикации в высокорейтинговых научных журналах (см. https://www.nstu.ru/science/dissertation_sov/dissertations/view?id=17401).

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук», заместителем директора по научной работе которого является доктор физико-математических наук, профессор Лаврентьев М.М., также хорошо известен в

научном сообществе своими научными и практическими результатами в области численного моделирования (перечень последних публикаций см. на с. https://www.nstu.ru/files/dissertations/svedeniyaoveduscheiyorganizacii_bez_pechati_157622118539.pdf).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- построена математическая модель для решения задачи моделирования нестационарных электромагнитных процессов с использованием неполного скалярного и полного векторного магнитных потенциалов, позволяющая одновременно учитывать как вихревые токи, так и остаточную намагниченность в ферромагнитных объектах;
- разработаны вычислительные схемы с совместным использованием скалярных граничных элементов для аппроксимации скалярного магнитного потенциала и векторных конечных элементов для аппроксимации векторного магнитного потенциала для построенной математической модели;
- разработаны вычислительные схемы и алгоритмы для учета предыстории намагниченности в ферромагнитных объектах. Алгоритмы интегрированы в вычислительные схемы с совместным использованием методов конечных и граничных элементов для решения нестационарных нелинейных задач электромагнетизма;
- разработанные схемы и алгоритмы для трехмерного численного моделирования электромагнитных полей были реализованы в программном комплексе Quasar;
- работоспособность предложенного подхода продемонстрирована путем сравнения результатов численного моделирования с экспериментальными данными.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что были разработаны эффективные вычислительные схемы и алгоритмы численного моделирования нестационарных электромагнитных полей с использованием методов конечных и граничных элементов, позволяющие учитывать зависимость намагниченности от поля и предыстории.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики состоит в том, что одной из областей приложения разработанных вычислительных

схем является численное моделирование магнитных систем ускорителей заряженных частиц. Поскольку гистерезисные явления и вихревые токи неизбежны при изменениях основного поля, например, при включении электромагнитов, и значительно усложняют процедуру настройки ускорителей заряженных частиц, реализованные схемы особенно важны для проектирования фрагментов ускорителей с высокими требованиями к качеству поля. Учет явлений гистерезиса и вихревых токов при численном моделировании поможет существенно повысить эффективность проектирования ускорителей. Программный комплекс Quasar, в котором соискателем были реализованы все описанные в работе вычислительные схемы и алгоритмы, успешно применялся для расчета вихревых токов, возникающих при включении магнитов, а также для моделирования явлений гистерезиса в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук», что подтверждается соответствующими документами о внедрении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что теоретические выкладки основаны на известных подходах и методах математического моделирования; теория согласована с фундаментальными моделями электромагнетизма; идея базируется на анализе практики и устранении выявленных недостатков использования широко распространенных на сегодняшний день методов численного моделирования; корректно применены апробированные методы и постановки задач математического моделирования нестационарных электромагнитных полей; полученные результаты воспроизводимы и имеют понятную и непротиворечивую интерпретацию; продемонстрирована работоспособность алгоритма для случая простейшего электромагнита с O-образным магнитопроводом; установлено достаточно точное совпадение авторских результатов с результатами физического эксперимента; использованы современные методы численного моделирования для решения задач моделирования электромагнитных процессов в сложных технических устройствах.

Диссертационные исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты РФФИ 15-02-07776 А (исполнитель) и 17-41-543174 р_мол_а (исполнитель)), а также при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проекты 5.978.2017/4.6 (проектная

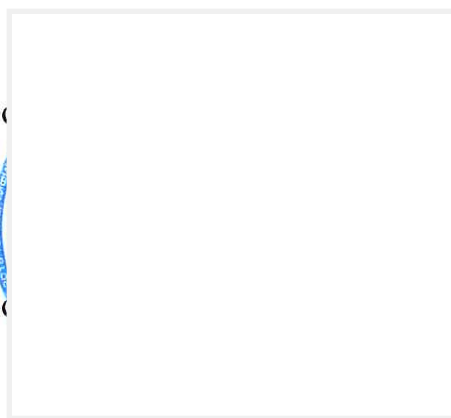
часть государственного задания; исполнитель) и RFMEFI57417X0156 (соглашение №14.574.21.0156; исполнитель)).

На заседании «24» декабря 2019 г. диссертационный совет Д 212.173.06 принял решение присудить Кондратьевой Н.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.18, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, нет человек дополнительно введенных на разовую защиту, проголосовали: за - 19, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного с

Ученый секретарь
диссертационного с



Лемешко Борис Юрьевич

Фаддеенков Андрей Владимирович

24 декабря 2019 г.