



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И  
ЭЛЕКТРОМЕТРИИ**

**СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**(ИАиЭ СО РАН)**

Проспект Академика Коптюга, д.1,  
Новосибирск, 630090

Тел.: (383) 330-79-69, факс: (383) 330-88-78

e-mail: [iae@iae.nsk.su](mailto:iae@iae.nsk.su), <https://www.iae.nsk.su>

ОКПО 03533949, ОГРН 1025403647807  
ИНН/КПП 5408100032/540801001

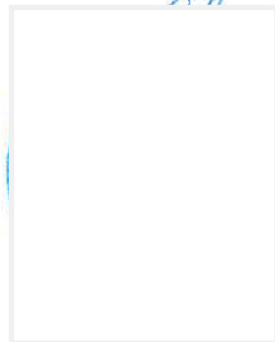
«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАиЭ СО РАН

член-корреспондент РАН

Бабин С.А.

2019 г.



№ 15317-

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Кондратьевой Натальи Сергеевны «Разработка программного обеспечения для трехмерного численного моделирования электромагнитных процессов с учетом вихревых токов в технических устройствах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертационная работа Кондратьевой Натальи Сергеевны была обсуждена ведущими специалистами института на открытом семинаре. По результатам обсуждения принято следующее заключение.

### 1. Актуальность для науки и практики

Диссертационная работа Кондратьевой Н.С. посвящена актуальной проблеме разработки эффективных вычислительных методов для решения трехмерных задач электромагнетизма, возникающих при проектировании сложных технических устройств, таких как магнитная система ускорителей заряженных частиц.

Для практического использования методов, используемых для изучения электромагнитных полей, все больше требуются высокоточные и быстрые процедуры математического моделирования.

Методологической основой исследований являются аппроксимации трехмерных электромагнитных процессов в специальной математической постановке с разделением расчетной области на подобласти, в каждой из которых для описания поля используется векторный либо скалярный потенциал, а для аппроксимации решения либо метод конечных элементов, либо метод граничных элементов.

Несомненным достоинством работы является разработанная возможность учета предыстории намагниченности в предлагаемых алгоритмах. Применение граничных элементов для аппроксимации решения в воздушной области позволяет избавиться от необходимости построения там конечно-элементной сетки и естественным образом учесть неограниченность этой области.

## **2. Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Математическая модель нестационарных электромагнитных процессов на основе неполного скалярного магнитного потенциала в непроводящей среде и полного векторного магнитного потенциала в проводящей среде, позволяющих учитывать вихревые токи и предысторию намагниченности в ферромагнетиках.

2. Вычислительные алгоритмы на основе совместного использования методов конечных и граничных элементов для этой математической модели.

3. Эффективные алгоритмы для учета предыстории намагниченности в ферромагнитных объектах при моделировании изменяющихся во времени процессов.

4. Части и модули объектно-ориентированного программного комплекса Quasar, реализующие все описанные в работе вычислительные схемы и алгоритмы. Результаты исследований автора представляют существенный научно-методический интерес, который заключается в том, что ей разработан программно-математический аппарат численного моделирования изменяющихся во времени электромагнитных процессов с возможностью учета предыстории намагничивания на основе совместного использования конечных и граничных элементов в сложных технических устройствах. Особо отметим, что результаты вычислительных тестов хорошо совпали с данными измерений.

Результаты работы имеют заметное практическое значение, поскольку они уже нашли применение при решении задач моделирования ускорителей заряженных частиц. Эти результаты позволяют существенно повысить качество проектирования таких устройств.

## **3. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанный диссертантом программно-математический аппарат может быть использован для изучения и анализа электромагнитных процессов в сложных технических устройствах специалистами различных научно-исследовательских и инженерно-технических организаций, занимающихся проектированием ускорителей заряженных частиц или другими применениями электромагнитных полей

## **4. Общие замечания**

По диссертации можно сделать следующие замечания.

1) Не ясно, с чем связано то, что в обзоре существующих методов моделирования достаточно подробно рассматриваются методы конечных и граничных элементов, но практически не упоминаются разностные схемы или метод контрольного объема.

2) При описании решений задач численного моделирования автором указывается, что решение получено на персональных компьютерах с многоядерным процессором Core i7-3770K 3.5 ГГц. При этом нигде не указано, используется ли распараллеливание алгоритмов хотя бы по ядрам, а также не ясно, возможно ли использование графических ускорителей или многопроцессорных систем для ускорения вычислений в разрабатываемых программах.

3) В примере решения задачи в главе 1 указано, что скалярная задача решалась «на той же сетке» для моделирования «идеального» магнита. Однако аппроксимация для скалярных и векторных элементов обычно существенно разная и требует разной подробности сетки для достижения сопоставимой точности. Поэтому неясно, как контролировалась точность вычислений в данном случае.

Сделанные замечания не влияют на оценку работы в целом.

### 5. Заключение

Диссертационная работа Кондратьевой Н.С. «Разработка программного обеспечения для трехмерного численного моделирования электромагнитных процессов с учетом вихревых токов в технических устройствах» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему.

Диссертантом получены новые результаты в области математического моделирования и численных методов, которые представляют ценность для практического применения. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Автореферат полно и правильно отражает основное содержание диссертации. Диссертация соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Работа 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.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании НТС от "2" декабря 2019 г. протокол № 3/19

Заместитель директора  
института по научной работе  
д.ф.-м.н.



Лаврентьев М.М.

*Отзыв поступил  
в совет 9.12.2019*

*С отзывом ознакомлена  
9.12.2019*