

**«Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)»**

Каширское шоссе, д.31, г. Москва, 115409
Тел. (499) 324-87-66, факс (499) 324-21-11
<http://www.mephi.ru>

Ректор НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н.

М.Н. Стриханов

декабря 2015 г.



№ _____
На № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации НИЯУ МИФИ на диссертацию

Дзюбы Александра Викторовича

**“ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ РАДИОЧАСТОТНЫХ РЕЗОНАТОРОВ НА
МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ
И УСКОРЯЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ”,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника и 02.00.04 – физическая химия.

Сверхпроводящие ускоряющие структуры являются основой для проектирования и создания подавляющего большинства крупных ускорителей заряженных частиц, предназначенных для получения пучков заряженных частиц с прецизионными параметрами. Несмотря на очевидные сложности, связанные с работой при сверхнизких температурах в условиях сверхпроводимости, такие ускоряющие структуры являются во многих случаях безальтернативными. Однако использование сверхпроводящих СВЧ-резонаторов потребовало кроме развития теории сверхпроводимости ещё и разработки специфичных технологий на всём цикле от производства до ввода их в эксплуатацию. Результатом масштабных

исследований, проводимых крупными исследовательскими центрами на протяжении последних четырёх десятилетий, стала выработка ряда общепринятых технологических процедур, обеспечивающих получение проектных значений электродинамических характеристик. Тем не менее многие из элементов этого технологического процесса были найдены эмпирически, без подтверждающей теоретической основы, должным образом обосновывающей механизм их действия. Основное влияние на ЭДХ оказывают свойства внутренней поверхности резонатора. В этой связи, тема диссертации представляется, безусловно, **актуальной**.

В ходе исследовательских работ автором получены существенно **новые результаты**:

1. Детально изучено влияние дислокаций в кристаллической структуре ниобия на процесс её насыщения водородом на различных этапах производства резонаторов, который может привести к существенному снижению добротности;
2. Получено обоснование эффективности ряда важных технологических процессов отжига резонаторов, применяемых для повышения достигаемого ускоряющего градиента;
3. На основе полученных экспериментальных данных о величине микродеформаций в стенках резонаторов и обнаруженной разнице в концентрации загрязнений по границам зёрен ниобия, подвергнутого химической (ВСП) и электрополировке (ЕР) сделаны важные выводы о причинах появления потерь энергии СВЧ полей.

Достоверность научных результатов, полученных автором и представленных к защите, подтверждена результатами экспериментальных исследований и сопоставлением полученных различными методами характеристик образцов ниобия и электродинамических параметров сверхпроводящих резонаторов.

Значимость для практики результатов диссертационной работы Дзюбы А.В. состоит в полученной автором модели, обосновывающей действие ряда технологических процессов, активно используемых в настоящее время при производстве сверхпроводящих резонаторов для повышения добротности и достижимого ускоряющего градиента. Это обоснование является несомненно ценным для оптимизации и повышения эффективности технологии производства

резонаторов. Предложены новые процедуры, использование которых в технологических процессах обработки материала и производства сверхпроводящих резонаторов должно привести к снижению потерь и повышению добротности.

Работа не лишена некоторых недостатков:

1. Автор обходит вопрос электродинамического определения эквивалентных параметров схемы, ограничиваясь тем, что указывает на равенство частот регулярных ячеек в схеме частоте выбранного вида колебаний. Однако это определение не годится для ячеек, нагруженных волноводными трактами. Так же нет электродинамического определения коэффициента связи неоднородных ячеек с регулярными. Не отражена в диссертации и настройка 3D модели по эквивалентным параметрам схемы.
2. Не приводится оценка энергии ультразвуковой волны, воздействие которой, по мнению диссертанта, должно быть сравнимо с процедурой прокалики резонаторов при 120 °С (раздел 3.1.5).
3. В работе рассмотрены только два явления, вносящие вклад в процесс диссипации энергии сверхвысокочастотных электромагнитных полей в сверхпроводящих резонаторах. Не приводится анализ возможного увеличения сопротивления $R_{BCS}(T)$ при высоких значениях ускоряющего градиента из-за потерь, вызванных повышением температуры. Вывод сделан на основе анализа экспериментальных данных рис. 7. Две кривые для резонаторов после прогрева подтверждает этот вывод, но нет совпадения значений добротности в правой части зависимостей для не подвергавшихся прокалике резонаторов.
4. Отсутствие явления существенного снижения добротности резонаторов, в случае их медленного охлаждения до рабочей температуры (известное как Q - disease), наиболее чётко прослеживается при сравнении зависимостей $Q(E_{\text{уск}})$ для медленной и традиционной быстрой процедур «захолаживания» резонатора. Однако для резонаторов, изготовленных по предложенной технологии предварительного отжига заготовок не приводятся данные для традиционной процедуре (раздел 3.3.2).

Однако отмеченные замечания не снижают научной значимости

представленной на защиту работы.

В целом диссертационная работа Дзюбы А.В. выполнена на высоком уровне, представляется законченным исследованием, содержащим неоспоримые новые научные результаты и имеющим несомненную практическую значимость. Содержание работы достаточно полно отражено в представленном автореферате.

Считаем, что диссертационная работа Дзюбы Александра Викторовича. отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор за разработку описания механизма потерь энергии СВЧ полей в ускоряющих резонаторах, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника и 02.00.04 – физическая химия.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры «Электрофизические установки» 11 ноября 2015 года. Отзыв утвержден протоколом №4 от 11 ноября 2015 года.

Отзыв составил

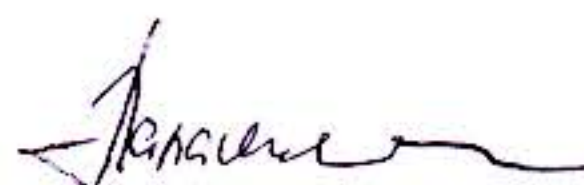
доцент кафедры Электрофизических установок НИЯУ МИФИ,

кандидат технических наук, доцент

Эл. почта: MVLalayan@mephi.ru

8(495) 788-56-99 доб. 9052

Лалаян Михаил Владимирович



Секретарь Учебно-методического и

Научного совета каф. Электрофизических установок

доктор технических наук, профессор

Эл. почта: aeshikanov14@mail.ru

Александр Евгеньевич Шиканов

Зав. каф. Электрофизических установок НИЯУ МИФИ

Чл. корр. РАН, профессор

Эл. почта: ANDidenko@mephi.ru

8(495) 788-56-99 доб. 8226

Диденко Андрей Николаевич



Председатель совета по аттестации и

подготовке научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ,

доктор физико-математических наук, профессор

Эл. почта: NAKudryashov@mephi.ru

8(495) 788-56-99 доб. 9991

Кудряшов Николай Алексеевич

