

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор**

**НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ**

**доктор физико-математических наук**

**В.Ю. Егорычев**

**20 \_\_ г.**



**ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу

Азаряна Николая Сергеевича

«Сверхпроводящие ускоряющие резонаторы из ниобия для

электронных линаков»,

представленную к защите на соискание ученой степени

кандидата технических наук

по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и

ускорительная техника.

Применение сверхпроводимости для разработки высокочастотных ускоряющих резонаторов во многом определяет современное развитие ускорительной техники. Высокая эффективность сверхпроводящих резонаторов делает необходимым их использование при разработке и реализации крупномасштабных ускорительных комплексов, таких как, например Международный Линейный Коллайдер ILC, установка на пучках редких изотопов (FRIB The Facility for Rare Isotope Beams), а также проект DERICA Dubna Electron-Radioactive Ion Collider fAcility в Объединенном институте ядерных исследований. Таким образом, является актуальным проведение работ, направленных на разработку и создание технологии

изготовления сверхпроводящих высокочастотных структур для ускорителей заряженных частиц. В диссертационной работе Азаряна Н.С. решён комплекс важных научно-технических задач по созданию оригинальной технологии изготовления сверхпроводящих резонаторов на частоту 1,3 ГГц из особочистого ниобия для электронных линейных ускорителей.

Содержание диссертационной работы полностью соответствует ее названию и специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Автореферат полностью соответствует опубликованным работам, содержанию диссертации и отражает ее основные положения.

Содержание диссертации изложено на 108 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, содержащих 51 рисунок и 12 таблиц, заключения, списка литературы из 94 наименований.

**Введение** имеет обзорный характер по существующим в настоящее время ускоряющим структурам и технологиям их изготовления, обосновывается актуальность проведения и формулируются мотивированная постановка целей исследования.

**Первая глава** диссертации посвящена проектированию деталей резонатора на частоту 1,3 ГГц и технологии их изготовления, а также созданию культуры обращения с особочистым ниобием. В частности, выполнены комплексные материаловедческие исследования, отработаны режимы химической и механической обработки материала и разработана собственная оригинальная технология изготовления полужеек резонаторов методом гидроударной штамповки листового ниобия.

**Вторая глава** диссертации посвящена технологии электронно-лучевой сварки, применённой в настоящей работе для соединения деталей резонаторов. Полученные здесь результаты по сварке особочистого ниобия, обеспечили успешное изготовление опытной серии одноячееких резонаторов на частоту 1,3 ГГц.

**В Третьей главе** представлена инфраструктура, созданная для проведения СВЧ-испытаний резонаторов, а также приведены результаты испытаний опытной партии резонаторов при комнатной температуре и при температуре 4,2 К.

**В Заключении** диссертации изложены основные результаты выполненной работы. Научные положения диссертационной работы и её выводы чётко аргументированы и обоснованы.

Новизна результатов диссертации не вызывает сомнений. Предложенный и реализованный метод изготовления полуячеек резонатора посредством гидроударной штамповки ниобия ранее не применялся в мировой практике изготовления сверхпроводящих резонаторов. Полученная в работе диаграмма штампаемого особочистого листового ниобия при гидроударном нагружении и ключевые параметры процесса также являются важными новыми результатами принципиального научного значения. Новизна разработанного в работе устройства связи подтверждена патентом.

**Личный вклад автора** в диссертационную работу является определяющим. Автор принимал активное участие в постановке задач, результаты, приведенные в диссертации, получены при его непосредственном участии, а ряд результатов получен самим автором.

По работе могут быть сделаны следующие замечания:

1. Одним из важных вопросов создания сверхпроводящих ВЧ резонаторов является вопрос подготовки поверхности резонаторов. В работе этому вопросу практически не уделено внимания.
2. Хорошая повторяемость значения собственной частоты на резонаторах опытной партии является положительным фактом, но это только первый шаг. Хотелось бы увидеть результаты измерений на рабочих уровнях мощности.

Тем не менее, данные замечания не изменяют несомненно положительной оценки диссертационной работы Азаряна Н.С по степени актуальности, новизне полученных результатов и практической ценности. Созданная технология удовлетворяет современным критериям производства сверхпроводящих ниобиевых резонаторов, а экспериментальные исследования опытной серии ниобиевых резонаторов, впервые изготовленных с применением технологии гидроударной штамповки, показали достижение в них стабильной сверхпроводимости и реализацию жёстких производственных допусков.

Технология, разработанная в ходе реализации диссертационной работы может быть востребована как в международных, так и в отечественных проектах современных научных установок на базе линейных ускорителей, как электронов, так и ионов. В частности, данная технология уже адаптируется для создания четвертьвольновых сверхпроводящих резонаторов в рамках проекта NICA. Рассматриваемый в Дубне проект мегасайенс установки DERICA Dubna Electron-Radioactive Ion Collider fAcility, а также проект многодисциплинарной установки BELA в НИЦ «Курчатовский институт» ИТЭФ, также предполагают использование данной технологии при создании линейных ускорителей на сверхпроводящих резонаторах.

Диссертация написана логично, аргументированно и технически грамотным языком, хорошо оформлена. Основные результаты диссертации в полной мере отражены в научных трудах соискателя, неоднократно докладывались им на престижных научных конференциях, в том числе и международного уровня.

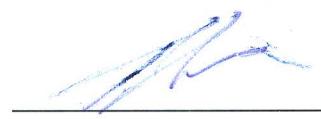
Диссертация Н.С. Азаряна является самостоятельной завершённой квалификационной работой и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук согласно п.п. 9-14 Положение о присуждении ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. Автор диссертации – Азарян Николай Сергеевич – заслуживает

присуждения ему степени кандидата технических наук по социальности  
01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

**Отзыв составлен** по результатам обсуждения диссертации Азаряна Николая Сергеевича «Сверхпроводящие ускоряющие резонаторы из ниобия для электронных линаков» и утвержден на заседании секции № 3 Ученого совета НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ 11 марта 2019 г., протокол №.2

Текст отзыва составил заместитель директора по научной работе по ускорительному направлению НИЦ «Курчатовский институт» ИТЭФ кандидат физико-математических наук Кулевой Тимур Вячеславович,  
Тел. +7 (499) 789 6634, e-mail: kulevoy@itep.ru

Председатель секции №3 Ученого совета  
НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ,  
к.ф.-м.н.



Кулевой Т.В.

Секретарь секции НТС №3 Ученого совета  
НИЦ «Курчатовский институт» - ИТЭФ,

к.ф.-м.н.



Кац М.М

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ)

Адрес: 117218 Россия, Москва, ул. Большая Черемушкинская, 25

Телефон: 8 (499) 789-66-00

Электронная почта: director@itep.ru

Официальный сайт: <http://www.itep.ru>