

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



**ВНИИМ**  
имени А.А.Бочвара

«ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА А.А. БОЧВАРА» (АО «ВНИИМ»)

123060, Москва, а/я 369, АО «ВНИИМ»; Телефон: 8 (499) 190-49-94. Факс: 8 (499) 196-41-68, 8 (495) 742-57-21. <http://www.bochvar.ru>.  
E-mail: [post@bochvar.ru](mailto:post@bochvar.ru) ОКПО 07625329, ОГРН 5087746697198, ИНН/КПП 7734598490/773401001

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор  
АО «ВНИИМ»,  
доктор технических наук  
В.Б. Иванов  
» 12 2015 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Диева Дмитрия Николаевича  
«Исследования низкотемпературных физико-механических свойств элементов  
конструкции проводов на основе  $Nb_3Sn$  и ВТСП-лент второго поколения»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

**Тема представленной на рассмотрение работы обладает несомненной актуальностью.** В частности, исследования механических характеристик оболочек проводников основе  $Nb_3Sn$  стрендов для магнитной системы ИТЭР, со сварным швом и без него, необходимы для определения условий изготовления и транспортировки таких проводников. Полученные данные будут ценны и для других крупномасштабных проектов прикладной сверхпроводимости, где ремонт или замена части магнитной системы сильно затруднена или невозможна.

Актуальность исследования механических свойств ВТСП сверхпроводников второго поколения объясняется быстрым развитием устройств на их основе и относительно малым числом работ по данной теме. При этом, для разработчиков сверхпроводящих электротехнических устройств данные по влиянию приложенных механических нагрузок на токонесущую способность сверхпроводников являются принципиально важными, так как в процессе

изготовления кабелей, обмоток всевозможных электротехнических устройств, ВТСП-2 ленты подвергаются различным механическим воздействиям. В процессе работы подобных устройств элементы их конструкции подвергаются воздействию механических нагрузок, часто нестационарных. Изучение реакции проводника на механическое воздействие является необходимым для успешного развития прикладной высокотемпературной сверхпроводимости.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в том, что созданная в данной работе испытательная установка для проведения исследований при криогенных температурах на данный момент является уникальной в своем роде. Результаты исследований мехсвойств оболочек  $Nb_3Sn$  проводников были подтверждены данными международной команды ИТЭР и были использованы в работе по созданию магнитной системы ИТЭР.

Результаты исследования механических свойств ВТСП-2 сверхпроводников, особенно в части результатов по деламации (расслоению под нагрузкой), получены впервые и значительно дополняют имеющиеся данные.

**Значимость для науки и производства (практической деятельности)** полученных соискателем результатов заключается в том, что результаты, полученные при криогенных механических испытаниях труб-оболочек во многом определили выбор материала оболочечных труб для  $Nb_3Sn$  проводника и методики сварки отдельных секций джекета.

Результаты исследований ВТСП-2 ленточных сверхпроводников позволяют рассчитать критические параметры для создаваемых устройств с учетом влияния внутренних механических напряжений.

Кроме того, полученные данные будут учтены при разработке технологических процессов изготовления кабелей, обмоток и других изделий

**Апробация работы.** Материалы, изложенные в настоящей работе, докладывались и обсуждались на 5 международных конференциях по криогенной технике и криогенным материалам СЕС-ИСМС (два доклада: в 2011 и 2013 годах), международной конференции «Нанотехнологии функциональных материалов 2012», Вторых московских чтениях по проблемам прочности материалов. По материалам проведенной работы опубликовано 5 статей, из них 3 в рецензируемых журналах. Соответствие между полученными в диссертационной работе результатами и имеющимися на данный момент данными других авторов, а также теоретически анализ говорят о правильности выбранных методик проведения экспериментов.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, в которых представлены результаты работы. Общий объем диссертации составляет 102 страницы, содержит 46 рисунков и список литературы, насчитывающий 63 пункта.

В работе приводится полное описание всех стадий экспериментальной работы, начиная от разработки экспериментальных установок и заканчивая анализом полученных результатов. Поставленная задача по проведению механических испытаний труб-оболочек кабеля тороидального поля ИТЭР потребовала создания уникальной испытательной машины, позволяющей создавать усилие до 450 кН на образце, находящемся при температуре жидкого гелия. Данная проблема весьма нетривиальна, поскольку мировой опыт проведения столь специфичных испытаний относительно мал, и на момент проведения работ аналогов у описываемых в диссертации установки и испытательных методик не имелось. Успешное проведение испытаний на разработанной испытательной машине, результаты которых были приняты международной командой ИТЭР, говорит о том, что задача, поставленная перед автором диссертации, была решена в полном объеме.

Вторая часть работы посвящена исследованию механических свойств ленточных ВТСП-проводов и их паяных соединений. Проведены эксперименты с приложением механического усилия как в продольном, так и поперечном направлении. Установлены зависимости критического тока испытуемых образцов от внешних воздействий. Несмотря на то, что работы по данной тематике уже проводились, следует отметить практическую пользу полученных результатов – условия проведения экспериментов, описанных в диссертации, были приближены к реальным условиям работы сверхпроводника.

Работа изложена грамотным языком с использованием необходимого количества специальных терминов, к которым даны исчерпывающие объяснения.

**Замечания к работе.** К недостаткам, которые можно отметить в диссертации, следует отнести некоторые неясности изложения. В частности, в представленных результатах по трубам-оболочкам очевидны различия в свойствах образцов, однако никак не обозначено, чем именно они могут быть обусловлены (различные режимы сварки при наличии сварного шва, какие-либо отличия в технологическом процессе изготовления образцов и т.д.). Возможно, на этом моменте следовало бы остановиться подробнее.

## **Заключение по присуждению учёной степени**

Диссертация Диева Дмитрия Николаевича «Исследования низкотемпературных физико-механических свойств элементов конструкции проводов на основе Nb<sub>3</sub>Sn и ВТСП-лент второго поколения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики» по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ (№ 842, от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор -Д. Н. Диев достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертация, автореферат диссертации и данный отзыв были заслушаны и одобрены на Научно-техническом совете научно-исследовательского отделения технологии и материаловедения сверхпроводящих и функциональных материалов (протокол № 9 от 13.11.2015г).

Председатель НТС отделения,  
Заместитель генерального директора –  
директор отделения,  
к.т.н.

Ильдар Мансурович Абдюханов

Ученый секретарь  
отделения

Тамара Аркадьевна Морозова

Заместитель генерального директора –  
директор отделения,  
к.т.н.

Ильдар Мансурович Абдюханов  
(ответственный исполнитель за отзыв)

123098, г. Москва, ул. Рогова, 5а  
Тел.: 8-499-190-82-14  
e-mail: IMAbdyukhanov@bochvar.ru