

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук Авдиенко А.А. на диссертационную работу Диева Дмитрия Николаевича на тему «Исследование низкотемпературных физико-механических свойств ВТСП лент второго поколения и оболочек кабелей на основе Nb_3Sn » на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа Диева Дмитрия Николаевича посвящена разработке методологической и экспериментальной базы для исследования физико-механических свойств высокотемпературных сверхпроводников второго поколения (ВТСП-2) и оболочек сверхпроводниковых кабелей для тороидальной обмотки международного экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР) в широком диапазоне температур от комнатной до 4,2 К и, таким образом, находится в русле важнейшей по перспективности отрасли – сверхпроводниковой индустрии.

На фоне бурного развития устройств электроэнергетики на основе как низкотемпературных, так и высокотемпературных сверхпроводников **актуальность** разрабатываемой и представленной в диссертации тематики не вызывает сомнений.

Диссертационная работа Диева Д. Н. состоит из введения, четырех глав и заключения изложенных на 102 страницах, содержащих 46 рисунков и список литературы, насчитывающий 62 пункта.

Во введении изложена постановка задач, сформулированы положения, выносимые на защиту, дается краткая характеристика актуальности тематики работы.

Изложенная во введении **цель работы**, заключающаяся в разработке методик, проектировании и создании устройств для проведения механических испытаний труб-оболочек сверхпроводящего кабеля магнитной системы тороидального поля ИТЭР в диапазоне температур от комнатной до температуры жидкого гелия, а так же для исследования процесса деградации токонесущей способности ВТСП-2 лент и их спаев под действием поперечной и продольной нагрузок достаточно конкретна и полностью вписывается в канву развития устройств электроэнергетики на основе сверхпроводников.

В первой главе выполнен обзор публикаций, посвящённых методы проведения механических испытаний с детальным анализом основных типов испытательных машин и криогенных установок, пригодных для проведения испытаний с требуемыми параметрами. Проведен обзор существующих методов исследований механических свойств ВТСП-лент второго поколения. Дано краткое описание влияния внутренних механических нагрузок на работу сверхпроводниковых устройств. Приведены результаты исследований влияния термоциклирования компаундированной обмотки на снижение критического тока модельного ВТСП-магнита.

Вторая глава посвящена описанию разработки и создания экспериментальной установки для проведения криогенных механических испытаний труб-оболочек круглого сечения из нержавеющей стали 316 LN проводника катушек тороидального поля ИТЭР усилием до 450 кН.

В третьей главе приводятся полученные экспериментальные результаты.

Испытывались цельные и сварные трубы производства Kobe Special Tube и Sandvik AB. о результатам испытаний Kobe Special Tube, была выбрана в качестве фирмы-поставщика.

Четвёртая глава посвящена изучению воздействия на критический ток ВТСП-2 лент поперечной и продольной механических нагрузок. Приводится описание разработки и конструктивное устройство двух приспособлений для проведения исследований с приложением нагрузки на расслоение и для экспериментов с приложением продольной механической нагрузки. Проведено сопоставление полученных экспериментальных результатов с физической моделью, основанной на предположении существования трёх типов центров пиннинга. Показана качественная зависимость критического тока от продольной деформации, совпадающая с полученными экспериментальными данными с точностью до подгоночных коэффициентов.

Наиболее важные научные результаты, практическая значимость и реализация результатов работы

Разработана методика проектирования и расчёта силовых элементов машины для механических испытаний труб в диапазоне температур от комнатной до температуры жидкого гелия. На основе проведенных расчётов создана уникальная машина для механических испытаний труб-оболочек в двух вариантах: при комнатной температуре с усилием до 200 кН и при криогенной температуре с усилием до 450 кН. Испытательная машина поверена и сертифицирована ФГУ Ростест-Москва. Проведенные по разработанной методике испытания труб-оболочек позволили сделать выбор поставщика труб для кабелей магнитной системы тороидального поля ИТЭР и отработать технологию сварки секций.

Разработаны устройства для исследования деградации критического тока ВТСП-2 лент под воздействием поперечных и продольных механических напряжений. Проведенные на этих устройствах по разработанным методикам подготовки образцов исследования значительно расширили понимание процессов деградации ВТСП-2 лент и обеспечили возможность более обоснованного конструирования электроэнергетических машин и установок на основе ВТСП-2.

В результате проделанной работы заложена метрологическая база физико-механических испытаний, необходимая для создания и применения материалов сверхпроводниковой индустрии.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается высоким качеством испытательного оборудования, созданного на основе разработанных автором конструктивных решений, большим объёмом представленных экспериментальных данных, полученных с использованием разработанных автором методик исследования с применением созданного оборудования.

Замечания по работе

Обоснование выбора поставщика, приведенное в главе 3, раздел 3.1 труб-оболочек выглядит недостаточно убедительным ввиду отсутствия сводного нагрузочного графика и сравнительной таблицы результатов испытаний, подобных имеющимся в автореферате (стр. 8).

В главе 4, раздел 4.1 автор даёт словесное описание криостата с испытательными приспособлениями (стендами) вместо того, что бы привести сборочный чертёж.

Не подкреплены экспериментальными результатами и заключения о влиянии спая на деградацию токонесущей способности ВТСП-2 ленты под действием механических нагрузок, приведенные в разделе 4.8.

В разделе 4.9, посвящённом анализу полученных экспериментальных результатов автор проводит рассмотрение зависимости критического тока от величины механической нагрузки, применяя одну из существующих физических моделей, однако, не попытался сопоставить экспериментальную характеристику с модельной.

Чтение материала затрудняется недочётами в оформлении графического материала:

- в главе 1 рисунки 6 и 7 (страницы 18 и 19), рисунок 12 (страница 32), главе 2 рисунок 15 (страница 47), в главе 3 рисунки 21, 23, 25, имеющие цветовую параметрическую градацию представлены чёрно-белыми, что затрудняет анализ представленной графической информации.

- на рис. 8 (страница 20) ни в подрисуночной подписи, ни в тексте нет пояснения выбора величины «степень деградации» отложенной по оси ординат.

- на странице 16 (глава 1) в тексте приведено описание и пояснения со ссылкой на рисунок 2а, в то время, как следует сослаться на рисунок 4.

К досадным опечаткам следует отнести и приведенный в главе 4 критерий определения критического тока 1 милливольт, в то время, как общепринятый критерий – падение напряжения 1 микровольт;

- на страницах 24, 29, 43, 44, 46 конструкционные размеры и прочностные характеристики приведены во внесистемных единицах, а на страницах 28 и 47 применено не стандартное обозначение сортамента стали;

Встречаются стилистические сложности, ведущие к искажению причинно-следственной связи (стр. 14), или чисто художественные оценки технических характеристик (страницы 24, 50) (более продуктивно указание допусков или точностей измерения).

Заключение

Диссертант показал свободное владение методами и техникой расчёта и проектирования сложного криогенного исследовательского оборудования, умение постановки и проведения экспериментов.

Можно констатировать, что в результате выполнения работы диссертантом разработаны методики исследования физико-механических свойств материалов сверхпроводниковой индустрии, создано уникальное оборудование и получены добротные экспериментальные результаты, уже применённые при создании кабелей для системы тороидального поля ИТЭР, а так же имеющие несомненную практическую ценность для развития сверхпроводниковой индустрии.

Сделанные замечания, часть из которых носит характер пожеланий для последующей деятельности диссертанта, не могут существенным образом повлиять на общую, несомненно, положительную оценку представленной работы.

Диссертация Д. Н. Диева «Исследование низкотемпературных физико-механических свойств ВТСП лент второго поколения и оболочек кабелей на основе Nb_3Sn » отвечает критериям, указанным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационная работа имеет необходимые элементы новизны, характеризуется научной и практической значимостью и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что ее автор, Диев Дмитрий Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01-приборы и методы экспериментальной физики.

Автореферат полно отражает основное содержание диссертации. Основные научно-технические результаты опубликованы автором в печати.

Официальный оппонент
доктор технических наук, с.н.с.



А.А.Авдиенко

научный руководитель АО «Русский сверхпроводник»
115230, г. Москва, Варшавское шоссе, д 46
+7 (499) 678 26 53
AAAvdienko@rosatom.ru

Дата 09. 11. 2015г.

Подпись А.А.Авдиенко заверяю:

Руководитель АО «Русский сверхпроводник»



С.А.Колосков