

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Новикова Михаила Станиславовича «Разработка, изготовление и исследования сильноточных токонесущих элементов из ВТСП лент 2-го поколения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13. – электрофизика, электрофизические установки

Диссертация Новикова М.С. посвящена разработкам и исследованиям в области создания сильноточных токонесущих элементов и токоограничителей из многих ВТСП лент 2-го поколения. Разрабатываются и исследуются токоограничивающий токонесущий элемент, из нескольких лент с параллельной намоткой, и геликоидальный токонесущий элемент, состоящий из многих слоев лент, наматываемых по спирали на круглый или закругленный формер.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 181 страница, включая 98 рисунков, 21 таблицу и список литературы из 77 наименований.

В ходе работы разработаны конструкции и способ изготовления сильноточных геликоидальных токонесущих элементов. Создано намоточное устройство для изготовления длинномерных кусков токонесущего элемента. Проведены исследования, которые показали целесообразность дальнейших работ по применению геликоидального токонесущего элемента в различных магнитах и устройствах.

Изготовлены и исследованы образцы токонесущих элементов, модули и макет токоограничителя. Подготовлена научно-техническая база для создания ряда коммерческих токоограничителей с различными параметрами для распределительных электросетей.

Созданы и проверены методики численного расчета, созданы методики экспериментальных исследований различных параметров токонесущих элементов, методики испытаний сильноточных токонесущих элементов и токоограничителей.

Такая диссертационная работа актуальна, прежде всего, потому, что для магнитов большого размера или импульсного режима, очевидно, необходимы сильноточные токонесущие элементы. Они нужны для токамаков, ускорителей частиц (высокополевые вставки, гибкие токоподводы), и, кроме того, для электромашин, токоограничителей, других электроэнергетических устройств. При разработке сильноточных токонесущих элементов должны учитываться рабочий ток, потери, радиус изгиба, механическая устойчивость с учетом напряжений в обмотке, и стабильность к тепловым возмущениям. В данной работе проведены актуальные исследования этих параметров.

Новизна работы состоит в разработанных впервые в России конструкциях, токонесущих элементов, и технологиях их изготовления. Кроме того, созданы устройства для изготовления токонесущих элементов, сформулированы рекомендации по применению сильноточных токонесущих элементов. Разработаны некоторые интересные экспериментальные и расчетные методики исследования, проведены комплексные

исследования созданных образцов токонесущих элементов и прототипов токоограничителей.

Целесообразны дальнейшие исследования с целью применения разработанных конструкций, технологий изготовления и устройств для изготовления токонесущих элементов в перспективных сильноточных магнитах, или магнитах с рабочими температурами в диапазоне 20-77 К. Такие применения будут иметь практическую ценность. Что касается электроэнергетики, то результаты диссертации будут полезны при создании токоограничителей и гибких компактных токоподводов.

Применение разрабатываемых конструкций токонесущих элементов из ВТСП в токамаках, да и других крупных установках промышленной физики вряд ли будет оправдано при максимальных полях на обмотках ниже 16 Тл, за исключением некоторых особых случаев, например, японского FFHR. Для полей до 16 Тл целесообразно применение  $Nb_3Sn$  проводников, а ВТСП в тороидальных магнитах нужно будет в следующем поколении токамаков, с плотной плазмой, при поле на обмотке 16-23 Тл. Тогда же и производство ВТСП проводов сможет стать достаточно массовым для применения в токамаках. Тем не менее, начинать разработку токонесущих элементов из ВТСП для термоядерного синтеза необходимо уже сейчас, и хорошо, что такая работа делается.

Несмотря на такое замечание, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Новиков М.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13. – электрофизика, электрофизические установки.

Отзыв составил ведущий научный сотрудник Частного учреждения Государственной корпорации «Росатом» «Проектный центр ИТЭР»

к.т.н. Лелехов Сергей Андреевич

123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1., стр.3 (499) 196-74-65,  
[s.lelekhov@iterrf.ru](mailto:s.lelekhov@iterrf.ru)

Ученый секретарь Частного учреждения Государственной корпорации «Росатом» «Проектный центр ИТЭР», к.ф.-м.н., Мокеев А. Н.

123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1., стр.3 (499) 196-71-00 (62-99),  
[a.mokeev@iterrf.ru](mailto:a.mokeev@iterrf.ru)

