

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Захарова Максима Сергеевича «Подавление магнитной релаксации в массивных высокотемпературных сверхпроводниках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

В диссертационной работе М.С. Захарова проведено экспериментальное исследование влияния внешних воздействий на магнитную релаксацию, или крип магнитного потока, в высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП). Актуальность работы обусловлена тем, что в сравнении с классическими сверхпроводниками в ВТСП существует «гигантский» крип потока, который вызывает затухание сверхтоков, влияя тем самым на стабильность сверхпроводниковых устройств.

В первой части диссертации исследуется новый способ воздействия на крип потока, захваченного в сверхпроводнике. Как известно, движение нитей потока (вихрей), которые удерживаются в сверхпроводнике на центрах пиннинга, вызывает сила Лоренца, действующая на вихри при протекании тока. С увеличением пиннинга скорость крипа уменьшается, что и лежит в основе известных методов замедления магнитной релаксации. Перед диссертантом стояла задача подойти к проблеме крипа со стороны движущих сил, не затрагивая пиннинг. М.С. Захаров спроектировал и собрал компьютеризированную установку и провел эксперименты, демонстрирующие резкое замедление крипа захваченного потока при воздействии на сверхпроводник внешнего неоднородного магнитного поля. Этот эффект подобен известному эффекту подавления магнитной релаксации при сближении намагниченного сверхпроводника с ферромагнетиком. М.С. Захаров рассчитал распределения плотности потока и тока в

сверхпроводнике в опытах с внешним полем и с ферромагнетиком, показав, что в обоих случаях возникает критическое состояние со встречной циркуляцией токов. Такая вихревая структура обладает большей устойчивостью к крипу, т.к. на разные участки вихрей действуют встречные силы Лоренца. Диссертантом было показано также, что кроме сил Лоренца необходимо учитывать силы, действующие на концы вихрей в неоднородном магнитном поле. В зависимости от направления поля эти силы могут тормозить или ускорять крип потока, что тоже было продемонстрировано в экспериментах М.С. Захарова.

Вторая часть диссертации посвящена магнитной левитации ВТСП. Влияние крипа на подъемную силу в сверхпроводниковых системах левитации долгое время не подвергалось сомнению. Это подтверждали экспериментальные работы, где измерялась сила взаимодействия между ВТСП и магнитом, которая заметно уменьшалась со временем. Однако, в некоторых работах, где исследовался дрейф левитирующих ВТСП, снижение уровня подвеса, вызванное крипом, замечено не было. Чтобы прояснить ситуацию была разработана при участии диссертанта методика сравнительного эксперимента, позволяющая выявить влияние магнитной релаксации в случае истинной левитации (когда вес ВТСП с грузом поддерживается только магнитной силой) и в случае фиксирования объекта левитации (когда на объект наложена механическая связь, ограничивающая его перемещения в магнитном поле). Проведя большой объем трудоемких и тонких измерений, М.С. Захаров получил очень важный результат для практики сверхпроводниковых магнитных подвесов. Было показано, что при истинной левитации подъемная сила не изменяется со временем. Релаксация магнитной силы возникает при фиксации положения объекта левитации, например, в случае измерения силы в зависимости от времени, в течении которого есть контакт с объектом приложения силы. Системы с фиксированным объектом левитации используются на практике. Это

разгружающие магнитные опоры, в которых весовая нагрузка превышает магнитную силу.

М.С. Захаров работал над диссертацией с большим интересом, целеустремленно и добросовестно. Он показал, что имеет необходимые навыки в постановке и проведении научного эксперимента, хорошо владеет техникой численного расчета краевых задач электродинамики, может систематизировать и главное осмысливать экспериментальные данные. Проведенное им исследование дало новые результаты, которые вносят вклад в физику магнитных свойств сверхпроводников и могут быть использованы при создании сверхпроводниковых источников магнитного поля и систем левитации.


Считаю, что диссертационная работа М.С. Захарова удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Максим Сергеевич Захаров является сложившимся исследователем, который заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель Смоляк Борис Михайлович,  
кандидат физико-математических наук (01.04.15 – молекулярная физика)  
старший научный сотрудник лаборатории криогеники и энергетики  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института теплофизики Уральского отделения Российской академии наук  
(620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена 107а)

05.05.2015

Б.М. Смоляк

*Заверяю ; ст. Исследования  
по кандидату*



*С*

*Сопр /Топова С.М./*