

## Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Рахмонова Илхома Рауфовича

“Особенности фазовой динамики и резонансные свойства системы связанных джозефсоновских переходов”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Диссертация И.Р.Рахмонова содержит результаты теоретических исследований динамики связанных джозефсоновских контактов в слоистых сверхпроводниках. Актуальность темы данных исследований не вызывает сомнений, поскольку изучение основных особенностей резистивного состояния в слоистых сверхпроводниках (и, в частности, в купратных соединениях), а также в искусственных сверхпроводящих сверхрешетках имеет огромное значение как с фундаментальной точки зрения, так и для целого ряда приложений. Статьи по этой тематике постоянно появляются в ведущих российских и зарубежных изданиях. Появление высокотемпературных сверхпроводников в конце 80-х годов стимулировало, в частности, интерес к проблеме генерации электромагнитного излучения из плоскостной системы джозефсоновских контактов (явление это получило название внутренний эффект Джозефсона). В 2000-х годах экспериментаторам удалось достичь новых успехов в данном направлении, существенно увеличив мощность регистрируемого излучения из таких структур. Понимание физики синхронизации излучения из разных контактов, выявление ключевых параметров, ответственных за механизм генерации, безусловно необходимы для дальнейшего увеличения мощности излучения, что позволило бы перейти к решению вопросов практического применения

слоистых джозефсоновских систем. Данная диссертация направлена на решение теоретических задач, которые позволили бы достичь столь необходимого понимания физики генерации и транспортных свойств джозефсоновских сверхрешеток. Для решения поставленных задач автор использовал методы численного моделирования. При этом существенную роль безусловно играл адекватный выбор модели джозефсоновской системы. Автор диссертации взял за основу феноменологическое описание джозефсоновских переходов, обобщенное с учетом эффектов экранировки.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, состоящего из 69 наименований. Она изложена на 75 страницах, включая 33 рисунка.

Во Введении обосновывается актуальность темы исследования и формулируются цели работы.

В первой главе представлен краткий литературный обзор по рассматриваемой тематике. Этот обзор включает обсуждение выбора модели системы. Автор сравнивает различные подходы, изложенные в литературе, и обсуждает различные механизмы взаимодействия джозефсоновских контактов в слоистой структуре. По-существу, данная глава необходима автору для пояснения основных моделей, используемых в дальнейших расчетах.

Во второй главе описаны результаты вычислений вольт – амперных характеристик систем контактов, полученных в рамках двух моделей, одна из которых учитывает так называемый диффузионный ток в слоистой структуре. Разница между этими моделями по сути заключается в разной форме записи нормального тока: в одном из вариантов эта запись содержит разность электрических потенциалов, а в другом (который соответствует учету диффузионного тока в терминологии автора) нормальный ток определяется временной производной разности фаз. При

этом автор пренебрегает конечной длиной релаксации электрон – дырочного разбаланса. Со всей очевидностью в этом пределе нормальный ток, который в общем случае определяется разностью электрохимических потенциалов, должен быть пропорционален именно временной производной разности фаз, а не разности электростатических потенциалов. Следовательно, модель с диффузионным током в пределе, выбранном автором, должна быть верной. Автором показано, что учет диффузионного тока приводит к подавлению ветвления ВАХ. Хотя обсуждаемые модели учета конечной длины экранирования ранее и рассматривались в литературе, детальные вычисления ВАХ, выполненные автором диссертации в широком диапазоне параметров, представляются оригинальными и могут быть полезны экспериментаторам.

Третья глава посвящена изложению результатов вычислений ВАХ структуры, зашунтированной резонансным контуром. Такого рода шунтирование может соответствовать экспериментальной ситуации и, в этом смысле, расчеты автора могут быть полезны для интерпретации соответствующих экспериментальных данных. Автор в этой главе рассматривает также влияние на ВАХ внешнего электромагнитного облучения и изучает структуру ступенек Шапиро в этой системе.

Четвертая глава качественно отличается от основного содержания диссертации тем, что автор в ней выходит за рамки предположения об отсутствии модуляции сверхпроводящих фаз в плоскости слоев и анализирует длинные джозефсоновские переходы. Такой подход позволяет ему получить ВАХ и проанализировать динамику переходов в присутствии вихревых состояний.

**Достоверность** основных выводов, сформулированных диссертантом, обеспечивается правильным выбором необходимых численных методов исследования, а также апробацией работы на конференциях и семинарах в

ведущих научных центрах. **Новизна и практическая значимость** полученных результатов подтверждаются публикациями в ведущих физических журналах. Результаты проведенных исследований и основные положения, выносимые на защиту, были опубликованы в 3 печатных работах в журналах, входящих в список ВАК.

По диссертации можно сделать некоторые **замечания**.

- Как было пояснено выше, необходимость включения диффузионного тока следует из правильного выбора выражения для нормального тока через разность электрохимических потенциалов и, в этом смысле, представляется вполне очевидной. Автор подробно останавливается на сравнении вычислений для моделей, учитывающих и не учитывающих диффузионный ток, однако, не поясняет возможна ли (и при каких условиях) физическая ситуация при которой диффузионным током следует пренебречь.

- Детальный характер численных расчетов, выполненных автором, предполагает, на мой взгляд, востребованность этих расчетов для интерпретации конкретных экспериментов. К сожалению, такое прямое сравнение с существующими экспериментальными данными в диссертации отсутствует.

Отмеченные недостатки, однако, не снижают общей высокой оценки представленной диссертации. В целом, следует отметить, что диссертационная работа И.Р.Рахромова демонстрирует высокую квалификацию автора как физика-теоретика и содержит новую важную информацию о динамике связанных джозефсоновских контактов. Диссертация и автореферат написаны хорошим и понятным языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Оценивая диссертацию И.Р.Рахромова в целом, можно заключить,

что по оригинальности, объему полученных результатов, достоверности, научной ценности она соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, по специальности 01.04.02 - теоретическая физика, а соискатель несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

1 сентября 2014г.

Зам. директора

Института физики микроструктур РАН

доктор физико-математических наук

А.С.Мельников

"Подпись А.С. Мельникова удостоверяю"

Ученый секретарь

Института физики микроструктур РАН

кандидат физико-математических наук



Д.А.Рыжов

Отзыв составил: Мельников Александр Сергеевич, Зам. Директора  
Института физики микроструктур РАН; ул. Академическая, д. 7, д.  
Афонино, Нижегородская обл., Кстовский район, 607680, Россия;  
тел. (831) 417 9456; melnikov@ipmras.ru