

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Куликова Кирилла Вячеславовича «Особенности динамики и вольт-амперных характеристик джозефсоновских наноструктур, обусловленные резонансными, топологическими и неравновесными явлениями», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — «Теоретическая физика».

В диссертации Куликова К.В., представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика», приведены результаты теоретических исследований динамики связанных джозефсоновских контактов с учетом возможных особенностей внешней электродинамики, физики джозефсоновской связи и неравновесных условий. 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 и гибридных структурах 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. Данная диссертация направлена на решение теоретических задач, которые позволили бы достичь столь необходимого понимания динамики и транспортных свойств джозефсоновских сверхрешеток. Для решения поставленных задач автор использовал методы численного моделирования. Особое внимание уделяется в диссертации особенностям джозефсоновских систем с так называемыми майорановскими состояниями квазичастиц. Мотивация данных работ существенно связана с перспективами реализации топологически защищенных квантовых вычислений. Одна из глав диссертации сфокусирована именно на анализе одной из важных для этих задач систем, а именно джозефсоновского контакта с 4 пи периодичным соотношением между сверхпроводящим током и разностью сверхпроводящих фаз. Выбранный объект исследования интересен не только в плане возможных приложений, но также и с точки зрения изучения фундаментальных особенностей квазичастичных состояний в сверхпроводниках. Здесь **следует особенно подчеркнуть важность и актуальность** полученных автором результатов, относящихся к исследованию данного круга вопросов.

Представленные в диссертации теоретические работы представляются важными для дальнейшего развития физики джозефсоновских систем. Все опубликованные результаты, безусловно, относятся к «горячей теме» в физике конденсированного состояния.

Диссертация состоит из Введения, трех глав основного текста, Заключения и списка использованной литературы из 105 наименований. Она изложена на 88 страницах, включая 24 рисунка и 1 таблицу.

Во **введении** к диссертации обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются ее цели, научная новизна и практическая значимость, перечислены положения, выносимые на защиту.

Глава 1 диссертации содержит результаты численных расчетов динамики системы связанных джозефсоновских контактов, шунтированных резонансным контуром. Основное внимание уделяется влиянию шунтирующего контура на эффект Шапиро. Отмеченные особенности вольт-амперных характеристик представляются **новыми** и интересными.

В Главе 2 диссертации рассмотрены особенности эффекта Шапиро на вольт-амперных характеристиках (ВАХ) джозефсоновского контакта с 4 пи периодичным джозефсоновским соотношением, а также с учетом возможного присутствия как 4 пи, так и 2 пи периодичной компоненты сверхтекучего тока. Полученные особенности на ВАХ (ступеньки) и соотношение ширин четных и нечетных ступенек находится в качественном согласии с результатами работ других авторов. Часть численных результатов, относящихся к деталям поведения субгармонических структур на ВАХ при облучении контакта микроволновым сигналом, является **новой**.

Глава 3 диссертации посвящена исследованию влияния зарядового разбаланса на динамику системы связанных джозефсоновских переходов. Наблюдаемые в численных расчетах особенности ступенек Шапиро в такой системе являются **новыми** и представляют интерес для анализа экспериментальных данных.

Выводы, приведенные автором в заключении диссертации, кратко излагают основные результаты, полученные автором в диссертационной работе. Заключение завершается списком опубликованных работ. Приведенный выше анализ диссертации по главам подчеркивает **научную новизну основных результатов** диссертации. **Достоверность основных выводов**, сформулированных диссертантом, обеспечивается правильным выбором необходимых теоретических методов исследования и апробацией работы на Российских и Международных конференциях. Новизна и практическая значимость полученных результатов, подтверждаются достаточным количеством публикаций в ведущих физических журналах. Материалы диссертации опубликованы в 5 (пяти) статьях в научных журналах, рекомендованных ВАК для опубликования материалов диссертационных исследований и индексируемых базой данных «Web of Science». В рамках диссертации было опубликовано учебное пособие для студентов старших курсов.

Вместе с тем по диссертации **можно сделать некоторые замечания**.

Недостаточно подробно произведен анализ условий при которых в джозефсоновской системе с майорановскими состояниями может возникать 4 пи периодичное джозефсоновское соотношение для сверхтекучего тока. Известно, что необходимым условием для этого является сохранение четности числа электронов в системе, что можно реализовать, например, в условиях кулоновской блокады. В этой связи не ясно, как именно режим с фиксированной четностью может быть реализован в конкретных системах, рассматриваемых автором.

Приведенные замечания, однако, не снижают общей высокой оценки представленной диссертации и значимости полученных результатов. Все поставленные в диссертационной работе цели достигнуты и соответствуют положениям, выносимым на защиту. В целом, следует отметить, что диссертационная работа Куликова К.В. демонстрирует высокую квалификацию автора как физика-теоретика и является существенным вкладом в развитие физики джозефсоновских систем:

Диссертационная работа Куликова Кирилла Вячеславовича «Особенности динамики и вольт-амперных характеристик джозефсоновских наноструктур, обусловленные резонансными, топологическими и неравновесными явлениями» представляет собой законченное научное исследование, которое содержит решения поставленных научных задач, имеющих большое значение для развития физики конденсированного состояния, и содержит новые важные результаты, которые могут быть рекомендованы к использованию для **решения различных теоретических и прикладных задач физики конденсированного состояния**.

Диссертация и автореферат написаны хорошим и понятным языком. **Автореферат полностью отражает содержание диссертации**.

Итак, результаты диссертации представляются достоверными и научно обоснованными, обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную

работу, которая соответствует всем критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Куликов Кирилл Вячеславович, заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — «Теоретическая физика».

Официальный оппонент:
доктор физ.-мат. наук,
заведующий лабораторией 122
отдела физики сверхпроводников
Института физики микроструктур
Российской академии наук
филиал ФГБНУ «ФИЦ ИПФ РАН»

____ А.С. Мельников

____ ноября ____ 2018 г.

Адрес: 603087, Нижегородская обл.,
Кстовский район, д. Афоново,
ул. Академическая, д. 7,
Института физики микроструктур РАН
Телефон: +7 (831) 417-94-56
Электронная почта: melnikov@ipm.sci-nnov.ru

Подпись Мельникова Александра Сергеевича завер:
Ученый секретарь ИФМ РАН
к.ф.-м.н.

____ Д.М.Гапонова

____ ноября ____ 2018 г.