

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

доктор экономических наук

С. Ю. Лопарев



2020 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного унитарного предприятия

"Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова"

на диссертационную работу Марычева Павла Михайловича «Стационарные неоднородные состояния в токонесущих квазиодномерных сверхпроводниках», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07- физика конденсированного состояния.

### Актуальность

Диссертационная работа П. М. Марычева посвящена исследованию сверхпроводящих состояний в токонесущих квазиодномерных структурах. Актуальность исследования не вызывает сомнений, так как работа частично мотивирована некоторыми недавними экспериментами по центрам проскальзывания фазы в нанопроводах, либо сама работа предлагает новые постановки экспериментов в данной области. В частности, в фокусе внимания в настоящее время находятся двухзонные сверхпроводники, для которых в диссертации предлагается новая постановка эксперимента с целью получения и обнаружения фазовых солитонов. Другой вопрос, рассмотренный в диссертации, касается состояний Фульде-Феррела-Ларкина-Овчинникова, которые могут реализовываться в реальных сверхпроводниках и способны найти свое применение в элементной базе сверхпроводниковой электроники.

## **Новизна и достоверность**

Представленные в диссертационной работе научные результаты являются новыми и достоверными. В диссертации впервые получено аналитическое выражение для энергии критической флуктуации в коротком мостике с длиной порядка или меньше длины когерентности. Исследовано влияние дефектов мостика на изменение токовой зависимости энергии флуктуации и предсказано ее изменение из-за дефектов. Предсказаны осцилляции критического тока двухзонного сверхпроводящего мостика от его длины. Предсказано флуктуационное образование фазовых солитонов в таких структурах. Предсказан новый тип 0- $\pi$  переходов в структурах сверхпроводник-ферромагнетик-нормальный металл, индуцированных током или магнитным полем.

Отдельно можно отметить, что в диссертации удалось исправить ошибки в некоторых ранее опубликованных работах, приводивших к неправильным физическим результатам. Как следствие, улучшилась общая согласованность результатов, полученных в данной области разными авторами в разное время.

Достоверность основных результатов и выводов, представленных в диссертации, обеспечивается адекватным выбором комбинации методов исследований и сделанных приближений, согласием с известными ранее достоверными результатами и предельными случаями. Работа была апробирована на российских и международных конференциях и доложена на научных семинарах. Материалы диссертации опубликованы в 5 статьях в отечественных и зарубежных научных журналах, включая 2 статьи в *Physical Review B* и статью в *Письма в ЖЭТФ*.

## **Научная и практическая значимость**

Научная значимость полученных результатов также не вызывает сомнений.

Результаты по энергии критической флуктуации в нанопроводах могут использоваться для анализа экспериментальных данных по статистике переключений из сверхпроводящего в нормальное состояние. Они могут быть найдены применение при конструировании физических элементов квантовой логики нового типа. Результаты по фазовым солитонам в двухзонных сверхпроводящих мостиках важны для получения на эксперименте таких солитонов и для определения зонной структуры необычных сверхпроводников. Результаты исследования влияния продольных состояний Фульде-Феррела-Ларкина-Овчинникова на магнитные свойства структур, содержащих слои из сверхпроводника, ферромагнетика и нормального металла, могут использоваться в



экспериментах по детектированию этих необычных состояний. Предсказанные переходы в этих структурах могут найти применение в элементной базе сверхпроводниковой электронике нового типа (инверторы и сдвигатели фазы), которые могут значительно уменьшить число отдельных элементов в соответствующих приборах. Также они могут найти применение в сенсорах и датчиках электромагнитных полей.

### **Замечания**

Тем не менее, диссертация не лишена недостатков, среди которых можно выделить следующие:

1. При рассмотрении пороговых флуктуаций в мостиках в главе 2 без всяких дополнительных пояснений используется одноканальное приближение (стр. 32). У читателя может возникнуть закономерный вопрос о границах применимости данного приближения при решении поставленной задачи.
2. В главе 3 при рассмотрении токовых состояний в двухзонных сверхпроводниках без межзонной джозефсоновской связи полагается, что состояния в обеих зонах синфазны. Кратко упоминается, что это обеспечивается граничными условиями и отсутствием электрического поля в мостике. Данный вопрос заслуживает более подробного обсуждения. Возможно, следовало бы начать рассмотрение с расширенных уравнений Гинзбурга-Ландау, включающих в себя и электрические поля.
3. В главе 4 рассмотрено продольное состояние Фульде-Феррела-Ларкина-Овчинникова в трехслойных и пятислойных структурах при приложении магнитного поля. При исследовании магнитного отклика системы не изучалось влияние вихрей, так как для этого необходимо решать сложную трехмерную задачу (стр. 70). Тем не менее, представляется, что некоторые качественные оценки можно было бы произвести (по крайней мере, в предельных случаях). Это позволило бы придать полученным результатам более надежный характер.

Данные замечания не влияют на общую высокую оценку результатов диссертационного исследования.

## Общая характеристика работы и автореферата

Поставленные в диссертации цели были автором, несомненно, достигнуты. Они полностью соответствуют положениям, выносимым на защиту. Работа выполнена на высоком научном уровне, безусловно, достаточном для кандидата наук. Автор продемонстрировал владение широким арсеналом методов, относящихся как к уровням феноменологического, так и микроскопического описания явления сверхпроводимости, а также способностью их комбинировать и получать общую картину. Диссертант успешно применил как аналитические, так и численные подходы. Диссертация написана понятно и хорошим языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Итак, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г. и предъявляемым к кандидатским диссертациям. П. М. Марычев, безусловно, заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Материалы диссертации были представлены автором, заслушаны и обсуждены на заседании объединенного научного семинара лаборатории физики микро- и наноструктур (подразделение 0176) и лаборатории сверхпроводящих и квантовых технологий (подразделение 0118) Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова» Государственной корпорации «Росатом» 30 января 2020 года (протокол № 2020-02).

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук (специальность 01.04.02 - теоретическая физика), начальником лаборатории физики микро- и наноструктур ФГУП «ВНИИА им. Н. Л. Духова» Погосовым Вальтером Валентиновичем (Россия, 127055, Москва, ул. Сущевская, д. 22, тел. +7-9263596034, e-mail: walter.pogosov@gmail.com).

Доктор физико-математических наук,  
начальник лаборатории



(В. В. Погосов)

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова» Государственной корпорации «Росатом». 127055, г. Москва, ул. Сущевская, д. 22, <http://vniia.ru/>, e-mail: [vniia@vniia.ru](mailto:vniia@vniia.ru), тел.: (499) 978-78-03