

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Неило Алексея Александровича
на тему: «Спин-вентильные структуры для сверхпроводниковой
электроники»
по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.**

Представленная к защите диссертационная работа Неило А. А. посвящена теоретическому исследованию и разработке новых элементов сверхпроводниковой электроники на основе гибридных сверхпроводниковых гетероструктур с ферромагнетиком. Актуальность темы и востребованность данного исследования не вызывает сомнений, поскольку оно лежит в русле ключевых мировых трендов, направленных на создание энергоэффективной криогенной памяти, нейроморфных и квантовых вычислений. Работа выполнена на высоком научном уровне и содержит ряд значимых результатов.

Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений является высокой. Методология, основанная на самосогласованном решении уравнений Узаделя с граничными условиями Куприянова-Лукичева, является современной и адекватной поставленным задачам. Автор продемонстрировал владение аппаратом микроскопической теории сверхпроводимости. Особенно следует отметить проведенный в Главе 2 перекрестный теоретико-экспериментальный анализ данных туннельной спектроскопии для структур Nb/CuNi. Полученное количественное согласие расчетов с экспериментом служит доказательством достоверности как используемой модели, так и всего последующего теоретического анализа. Выводы и рекомендации по оптимальным параметрам структур логически вытекают из проведенных масштабных численных исследований и подкреплены анализом используемых параметров, что демонстрирует их достоверность.

Научная новизна работы ярко выражена и подтверждается следующими результатами:

1) Впервые теоретически обнаружен и всесторонне исследован спин-триггерный эффект в структурах типа SF_1SiF_2s , позволяющий управлять сверхпроводимостью в отдельном слое.

2) Впервые предложены и проанализированы конкретные схемы устройств на основе этого эффекта – джозефсоновский вентиль SF_1SiF_2sIS и вентиль с управляемой кинетической индуктивностью SF_1SiF_2sN .

3) Впервые проведено комплексное исследование роли спин-орбитального взаимодействия смешанного типа Рашбы-Дрессельхауса в структурах $sN_{so}F$, показавшее его ключевую роль в подавлении триплетных корреляций и позволившее предложить новую, упрощенную конструкцию спинового клапана с одним ферромагнитным слоем.

Работа обладает несомненной научно-практической ценностью. Разработанные теоретические модели и алгоритмы могут быть использованы для анализа и оптимизации реальных технологических процессов. Предложенные архитектуры элементов открывают новые пути для развития сверхпроводниковой электроники.

Таким образом, диссертация Неило А.А. представляет собой завершенное научное исследование, а ее автор зарекомендовал себя как зрелый ученый, способный ставить и решать сложные научные задачи на переднем крае современной физики конденсированного состояния. Работа полностью соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени.

Тем не менее, нельзя не отметить следующие замечания по материалу диссертационной работы, по вопросу о практической реализуемости и технологических допусках:

1) Работа содержит теоретические предсказания, однако требования к точности изготовления структур являются экстремальными. В частности, требование к точности толщины слоев порядка $0.1\xi_S$, что составляет единицы нанометров, может быть непреодолимой при создании реальных

устройств. В диссертации отсутствует оценка того, насколько предсказанные эффекты устойчивы к неизбежному в реальном технологическом процессе разбросу параметров (шероховатость границ, вариации толщин, химическая неоднородность сплавов).

2) Было бы полезно провести анализ чувствительности ключевых параметров (например, Δ_s или J_c) к вариациям толщин наиболее критичных слоев (s и F). Это показало бы технологические возможности для реализации эффектов.

3) Одним из основных гибридных джозефсоновских структур с ферромагнетиком является ϕ_0 – переход, возможности которого для сверхпроводниковой спинтроники неоднократно отмечаются в последнее время в литературе. Однако в работе джозефсоновский ϕ_0 – переход не затрагивается. Почему? Следовало бы представить обозрение и прояснить перспективы использования всех джозефсоновских гибридных структур с ферромагнетиками, включая ϕ_0 – переход, в качестве ССВ.

4) Следует отметить наличие грамматических ошибок и опечаток. В обзорной части диссертации (Глава 2) имеются опечатки в формулах, в частности, в (1.15), (1.18), (1.34). Используемые сокращения, например, SN_{soF} или SI_sN_{soF} , неудобны при чтении диссертации. Имеются замечания общего характера, касающиеся русского языка и терминологии. Например, чем «верификация методологии, модели» отличается от «проверки методологии, модели»? Пропущено большое количество запятых в предложениях. Слово «сверхпроводящий» используется вместо «сверхпроводниковый».

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы. (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском

государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Неило А. А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, снс,
ведущий научный сотрудник
Лаборатории теоретической физики,
Объединенного института ядерных исследований

Шукринов Юрий Маджнунович

08.12.2025

Контактные данные:

тел.: +7(977)1795931), e-mail: shukrinv@theor.jinr.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.04.02 "Теоретическая физика"

Адрес места работы:

141980, Московская область, город Дубна, ул. Жолио Кюри, д. 6.
Объединенный институт ядерных исследований
Тел.: +7 (496) 216-50-59; e-mail: post@jinr.ru

Подпись Шукринова Ю. М. удостоверяю

Ученый секретарь
Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований
Андреев А. В.