

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о работе Ионина Александра Сергеевича по диссертации «Практическая реализация и экспериментальное исследование прототипов сверхпроводящих нейронов», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа А.С. Ионина направлена на развитие элементной базы сверхпроводниковой электроники. Более конкретно, целью работы было создание джозефсоновских интерферометров (нейронов) перспективных для использования в искусственных нейронных сетях. Высокое быстродействие и низкое энергопотребление джозефсоновских элементов делают их привлекательными в связи с растущим объемом и сложностью задач, решаемых с использованием искусственного интеллекта. Этими соображениями определяется **актуальность** выполненной работы. **Практическая** значимость связана с экспериментальной апробацией идей, предложенных в ранее опубликованных теоретических работах. В них было показано, что одноконтный и двухконтный интерферометр, шунтированные дополнительной индуктивностью для генерации выходного сигнала, принципиально способны выполнять нелинейное преобразование входного сигнала по некоторым законам (передаточным функциям), что делает возможным их использование для создания нейросетевых вычислительных устройств. Однако вопросы проектирования таких структур, достижимая точность реализации параметров принципиальной схемы, возможные дефекты экспериментальных образцов, методы их обнаружения и т.д. в теоретических работах, как правило, не рассматриваются. Поэтому общей задачей проделанной А.С. Иониным работы было получение практического опыта проектирования и исследования нейроморфных джозефсоновских интерферометров, включая выявление, описание и анализ проблем, возникающих при проведении эксперимента.

Научная ценность полученных результатов связана с расширением теоретических подходов к проектированию прототипов сверхпроводящих нейронов. Проведенный в начале работы анализ показал, что образцы должны проектироваться в виде многослойных тонкопленочных структур над сверхпроводящим экраном для устранения взаимодействий между элементами, поскольку последние не учитывались в существовавших на тот момент теориях. Эксперимент же показал, что использование сверхпроводящего экрана не является абсолютным методом, причём даже слабые взаимодействия между элементами структуры могут существенно исказить передаточную функцию. Поэтому, одним из основных результатов диссертации является расширенный матричный метод, позволяющий предсказать передаточную функцию экспериментального образца, практически, при произвольной матрице индуктивностей. При этом, наиболее значимым является взаимодействие задающего и считывающего элементов, наличие которых в исходной теоретической концепции в полной мере не учитывалось. Возможность такого взаимодействия была продемонстрирована в диссертационной работе в ходе специального эксперимента.

Вклад А.С. Ионина в представленную работу является значительным и связан с проектированием структур, проведением низкотемпературного эксперимента, а также анализом экспериментальных данных с использованием теоретических и численных методов. Во всех указанных областях он проявил высокую квалификацию и результативность. В частности, он освоил основные методы и подходы к проектированию многослойных тонкоплёночных структур; вычисление матрицы индуктивностей для спроектированных образцов с использованием программы 3D-MLSI; разработал программу для аппроксимации экспериментальных данных при произвольной матрице индуктивностей; участвовал в проектировании и изготовлении основной низкотемпературной «вставки» для криостата He-4 и т.д. Особо следует отметить разработанный и внедрённый А.С. Иониным алгоритм обратной связи, позволивший измерять передаточные функции образцов по методу стабилизации магнитного потока через измерительный элемент. Появление этой программы, собственно, определило саму возможность проведения экспериментальных работ в данном направлении.

В связи с вышеизложенным считаю, что работа А.С. Ионина «Практическая реализация и экспериментальное исследование прототипов сверхпроводящих нейронов» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024) "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней") (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025), а её автор, Ионин Александр Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:

В.В. Больгинов

24 мая 2026г.

Больгинов Виталий Валериевич

кандидат физико-математических наук,

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Старший научный сотрудник лаборатории сверхпроводимости ИФТТ РАН

Рабочий адрес: г. Черноголовка, Московская обл., ул. Академика Осипьяна д.2,

142432, Россия

Рабочий телефон: +7 917 568-77-47

E-mail: bolg@issp.ac.ru

Подпись Больгинова В.В. заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук, к.ф.-
м.н.



А.Н. Терещенко