



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Москаленко Ильи Николаевича  
**«Квантовая электродинамика сверхпроводниковых структур на основе кубитов-флаксоунов», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности**  
**1.3.8 – Физика конденсированного состояния.**

Разработка квантового компьютера представляет собой важную научную задачу на стыке квантовой физики и информационных технологий. Одной из наиболее перспективных платформ для создания квантового вычислительного устройства признаны сверхпроводниковые кубиты, основанные на туннельных джозефсоновских контактах. Продемонстрированные к настоящему моменту устройства уже могут быть использованы для проверки принципиальной работоспособности квантовых алгоритмов, коррекции ошибок и исследовании квантовой запутанности в многочастичных квантовых системах. При этом центральной задачей сверхпроводниковых квантовых вычислений является разработка новых подходов к реализации базовых элементов квантовых процессоров – кубитов, а также более эффективных методов выполнения квантовых операций. Открытие новых путей построения сверхпроводниковых процессоров имеет большой потенциал для современной науки и свидетельствует об актуальности представленной на соискание ученой степени кандидата наук диссертации.

Диссертационная работа Москаленко Ильи Николаевича посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию квантовых схем, где в качестве кубитов используются высоко когерентные кубиты-флаксоуны. В работе приведены основные методы построения и проектирования устройств копланарной архитектуры на базе сверхпроводниковых кубитов, шунтированных высокой индуктивностью линейных массивов джозефсоновских контактов и связанных с индивидуальными микроволновыми резонаторами для их дисперсионного считывания. Выбор планарной архитектуры является ключевым при дальнейшем масштабировании таких систем. Следующая проблема, затронутая в диссертации, связана с реализацией оптимального взаимодействия между кубитами, позволившего выполнять быстрые двухкубитные вентили с высокой точностью (fidelity), и при этом сохранившего высокую точность параллельных однокубитных операций. Численное моделирование позволило разработать дизайн устройства с перестраиваемым элементом связи, и, впоследствии, продемонстрировать двухкубитный процессор с точностью однокубитных операций выше 99.97% и с точностью двухкубитных вентилей выше 99.22%.



Отдельно было рассмотрено альтернативное приложение кубитов с высокой джозефсоновской индуктивностью для построения на их основе квантовых симуляторов. Здесь была решена задача, связанная с возможностью исследованием динамики одиночного квантового флаксона в ячейках массива сильно связанных сверхпроводниковых кубитов на основе высокой кинетической индуктивности с временным разрешением. Соискателем впервые предложен метод, детектирования положения такого флаксона, основанный на сдвиге частот плазменных мод джозефсоновских контактов.

Результаты диссертации, могут послужить толчком к построению масштабируемых квантовых процессоров нового поколения на базе новых типов кубитов с улучшенными временами когерентности и лучшей точностью вентильных операций.

Диссертант выносит на защиту четыре основных результата: 1) разработка методов проектирования сверхпроводниковых кубитов на основе высокой джозефсоновской индуктивности; 2) оригинальная схема кубита-флаксона с гальванически связанной линией контроля магнитного потока для одновременной подачи постоянного смещения на кубит и реализации однокубитных вентилей; 3) разработка и экспериментальная демонстрация двухкубитного квантового процессора на базе оригинальной схемы кубитов-флаксонов с перестраиваемым взаимодействием, и реализация высокоточных вентильных операций fSIM и CZ; 4) метод детектирования положения одиночного флаксона в ячейках массива сильно связанных сверхпроводниковых кубитов с высокой индуктивностью линейного массива джозефсоновских контактов.


Основные перечисленные результаты обладают научной новизной, являются оригинальными и приносят существенный вклад в область исследования сверхпроводниковых квантовых систем, что подтверждается наличием публикаций по данной тематике в рецензируемых научных журналах.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, написан ясным и понятным языком и отражает основные научные и практические результаты работы.

Работа в целом выполнена на высоком уровне, однако необходимо отметить, что в тексте автореферата присутствуют неточности и опечатки, на которые было указано автору.

Указанные замечания носят уточняющий характер и не ставят под сомнение ценность работы. Результаты диссертации представляют собой важный вклад в развитие как российской, так и общемировой науки, что подтверждается публикациями в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, а также выступлениями на российских и международных конференциях. Достоверность полученных данных не вызывает сомнений. Диссертация И.Н. Москаленко «Квантовая электродинамика сверхпроводниковых структур на основе кубитов-флаксонов» является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском

технологическом университете "МИСиС" по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» по результатам публичной защиты диссертации, а ее автор И.Н. Москаленко заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук.

Руководитель научной группы «Квантовые информационные технологии»,  
Российский квантовый центр (ООО «МЦКТ»),  
PhD,  Федоров Алексей Константинович  
25 ноября 2022 г.

Адрес: Территория Инновационного Центра «Сколково», Большой бульвар, д.  
30, стр. 1, г. Москва, 121205.  
Телефон (рабочий): +7 495 280 1291  
Адрес электронной почты: [straups@yandex.ru](mailto:straups@yandex.ru)

Подпись Федорова Алексея Константиновича заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО КАДРОВОМУ УЧЕТУ



