

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Михаила Сергеевича Мастюгина  
«Когерентная динамика и перепутывание кубитов, взаимодействующими с  
квантованными полями в резонаторе»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.04.21 – «Лазерная физика»

Квантовый кубит – это главный объект исследования в области квантовых вычислений и квантовой криптографии: он представляет собой носитель информации. Моделирование динамики кубитов наиболее активно начало развиваться после создания формализма квантовых вычислений в работах Дойча и Гровера в 90-х годах прошлого века. Принципиальное преимущество квантовых кубитов перед классическими битами заключается в способности находиться в перепутанных состояниях. Благодаря перепутыванию удаётся осуществлять сверхбыструю обработку информации с использованием квантового параллелизма и передавать информацию без потерь на большие расстояния. На основе перепутанности между двумя кубитами, которая является базовой конструкцией для квантового протокола, можно записать и обработать квантовую информацию любой степени сложности. Судя по тексту автореферата, именно исследованию перепутанности между двумя кубитами посвящена диссертационная работа М.С. Мастюгина.

В первой главе описан общий теоретический аппарат взаимодействия между квантованной модой поля и несколькими (в частном случае двумя) двухуровневыми атомами на основе модели Тависа-Каммингса. Особенностью этого подхода является учёт взаимодействия между двухуровневыми атомами, который необходим при исследовании перепутывания двух кубитов, базирующихся на двухуровневых атомах внутри резонатора.

В последующих главах на основе предложенной математической модели описаны несколько возможных реализаций перепутывания двух кубитов. Особого внимания заслуживает динамика двухкубитной конструкции в слабом тепловом поле. В диссертационной работе была получена зависимость параметра перепутывания для джозефсоновских кубитов от времени взаимодействия с выделенной модой резонатора. Аналогичная характеристика построена также для одноатомного мазера, где в роль двух кубитов играет пара атомов в Белловском перепутанном состоянии, которые последовательно пролетают через микрорезонатор. В результате теоретически продемонстрирована возможность использования тепловых полей в резонаторе для перепутывания двух кубитов. Этот результат представляет большой интерес, поскольку в большинстве как теоретических, так и прикладных задач тепловое поле воспринимается как лишний шум, который вносит неизбежные искажения в ожидаемый результат математической модели или эксперимента. Последние главы диссертационной работы посвящены углублению теоретической модели взаимодействия двух кубитов с квантованным полем для нескольких частных случаев. В дальнейшем результаты могут быть с успехом применены при практической реализации квантового вычислительного устройства.

В автореферате отмечено, что теоретические результаты, для которых существуют опытные данные, находятся с ними в хорошем качественном согласии. Этот факт говорит о правильном подходе к построению математической модели и высокой достоверности



расчётов, полученных для всех рассмотренных в диссертации частных случаев перепутывания кубитов.

За последние два года мы неоднократно встречались с М.С.Мастюгиным на конференциях различного уровня, вели активные дискуссии на тему его диссертационного исследования. Во всех случаях Михаил показал глубокое понимание процессов квантового перепутывания в разных схемах реализации двухкубитных систем, свободно владел математическим аппаратом квантового описания поля, такими тонкими понятиями, как Белловские состояния атомов. Во время докладов Михаил проявил себя как грамотный специалист и увлечённый человек.

Подводя итог, на основании автореферата можно сделать вывод о том, что диссертационная работа является важной, современной и интересной. Причем, как для практического применения при создании квантового протокола информации, так и для развития общей теории взаимодействия между несколькими двухуровневыми системами с квантованной модой поля. Дальнейшее развитие модели Тависа-Каммингса в работе позволяет глубже исследовать не только вопросы перепутывания между квантовыми кубитами, но и описывать источники неклассических полей, такие как набирающие сегодня популярность двухатомные лазеры. Считаю, что диссертация М.С.Мастюгина соответствует требованиям п. 9-11 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК (утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842) к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Мастюгин Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

к.ф.-м.н.,

научный сотрудник института физики нанотехнологий и телекоммуникаций  
Санкт-Петербургского Политехнического Университета Петра Великого

Попов Е.Н.

11.12.15



Подпись

УДОСТОВЕРЯЮЩЕЕ

Ведущий специалист

по кадрам *В.В. Степанов*

«11» декабря 2015 г.