

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Шабаяева В.М. на диссертацию Зинатуллина Эдуарда Рустемовича на тему: «Негауссова статистика полей в задачах квантовой оптики», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.6. Оптика

Предметом диссертационной работы Э.Р. Зинатуллина является исследование перспектив применения квантовых состояний с негауссовой статистикой в схемах квантовой связи (телепортация) и в модели однонаправленных квантовых вычислений. Главным преимуществом исследуемой модели вычислений является то, что с ее помощью можно реализовывать любые гамильтонианы квантовых преобразований только за счет проведения локальных измерений над запутанной многочастичной системой, называемой кластерным состоянием. Основной сложностью, связанной с реализацией такой модели вычислений, оказывается то, что требование на сжатие осцилляторов, используемых как ресурс при генерации кластерных состояний, оказывается невыполнимо с текущими экспериментальными возможностями. Автор показал, что один из возможных путей ослабления требований на сжатие – это внедрение в кластер негауссовых состояний, что и является основным направлением данной диссертационной работы. Таким образом, можно утверждать, что тема диссертационного исследования является актуальной, а результаты работы могут помочь при создании реального прототипа квантового компьютера.

Не пересказывая содержания диссертации Э.Р. Зинатуллина, перейду сразу к ее оценке. В работе получено несколько важных результатов. Во-первых, были проанализированы две стратегии уменьшения ошибок в протоколе квантовой телепортации. Первая стратегия заключается в замене традиционного линейного преобразования в протоколе – вместо светоделителя используется преобразование CZ. Это позволяет добиться улучшения качества телепортации, оставаясь в рамках гауссовых преобразований. Вторая стратегия, заключается во внедрении негауссовых операций в схему. Такая модификация еще более снижает требования на сжатие исходных ресурсных осцилляторов. Автором была предложена схема, позволяющая уменьшить ошибку телепортации за счет использования кубического фазового затвора. Поскольку протокол телепортации лежит в основе модели однонаправленных квантовых вычислений, такой анализ позволил автору увидеть возможные пути уменьшения ошибки вычислений.

Во-вторых, в рамках анализа вычислительных возможностей, были предложены методы уменьшения ошибок гауссовых операций. Отмечу, что именно гауссовы преобразования являются большим и физически важным классом операций, необходимых для анализа различных квантовых систем и построения многих актуальных алгоритмов. Первый подход, представленный в работе, состоит в модификации квантового состояния, используемого как ресурс для операций. Предлагается процедура построения взвешенного кластерного состояния, оптимизированного относительно весовых коэффициентов. Важную роль при этом играет правильный подбор фаз локальных осцилляторов гомодинных детекторов для каждого конкретного преобразования. Это позволит уменьшить ошибки, не выходя за пределы гауссовых преобразований. Второй метод заключается в замене узлов, которые вносят наибольший вклад в ошибку, на негауссовы узлы, полученные с помощью кубического фазового затвора. Внедрение таких узлов существенно уменьшает уровень ошибки для любых гауссовых преобразований. Таким

образом, комбинация этих двух подходов способна значительно уменьшить ошибки гауссовых операций, что, в свою очередь, снижает требование на сжатие ресурсных состояний при реализации квантовых вычислений.

Несмотря на несомненные достоинства работы, по тексту диссертации можно сделать следующие замечания:

- 1) Хотя работа посвящена анализу и минимизации ошибок преобразований квантовых состояний, в ней отсутствует анализ влияния ошибок измерения на результат. Более того, кажется, что используемый диссертантом аппарат описания не позволяет провести такой анализ.
- 2) В работе приведена одна конкретная реализация операции CZ с весовым коэффициентом для фотонных мод. Из текста диссертации не ясно, является ли представленная схема уникальной, есть ли другие способы реализации CZ с весовым коэффициентом в оптическом диапазоне, а также реализуема ли эта операция на других физических системах.

Указанные замечания не снижают общей ценности работы.

Таким образом, диссертационная работа Э.Р. Зинатуллина «Негауссова статистика полей в задачах квантовой оптики», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является завершенной научно-квалификационной работой. Материал диссертации надежно апробирован в виде пяти публикаций в ведущих профильных журналах, а также на многочисленных международных и национальных конференциях и научных школах.

С учетом всего вышесказанного полагаю:

Содержание диссертации Зинатуллина Эдуарда Рустемовича на тему: «Негауссова статистика полей в задачах квантовой оптики» соответствует специальности 1.3.6. Оптика;

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний.

Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Член диссертационного совета,

д. ф.-м. н., профессор, профессор СПбГУ

05.03.2024



Шабаяев Владимир Моисеевич

05.03.2024