

ОТЗЫВ

Члена диссертационного совета Соколова Игоря Михайловича на диссертацию **Королева Сергея Борисовича** на тему **«Многочастичные перепутанные состояния света для однонаправленных квантовых вычислений»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 — Оптика

Проблема поиска и реализации квантовых вычислительных алгоритмов, способных решать задачи экспоненциальной сложности, для которых применение классических вычислительных процедур является неэффективным, составляет одну из основных задач современной квантовой информатики. Среди наиболее перспективных в настоящее время рассматривается алгоритм однонаправленных квантовых вычислений, основанный на использовании многочастичных перепутанных состояний. По этой причине диссертация Королева Сергея Борисовича посвященная исследованию применения кластерных состояний света как основного физического ресурса, используемого для реализации вычислений в рамках данного метода, а также изучению самой процедуры проведения вычислений является, несомненно, **актуальной**.

Наиболее интересными и значимыми новыми результатами, полученными в работе, являются следующие:

1. Сформулирован и обоснован критерий, определяющий минимальную степень квадратурного сжатия квантовых состояний, необходимую для формирования кластерного состояния с заданной конфигурацией. Определены также ограничения на структуру кластера, в частности, на максимальное число перепутанных узлов, которые имеют место при заданных фиксированных параметрах сжатия используемых состояний.
2. Предложена классификация кластерных состояний, основанная на анализе числа входных мод и числа узлов кластера, а также их функции в процессе вычислений. Данная классификация позволила указать конкретные конфигурации, пригодные для выполнения универсальных гауссовых операций.
3. При анализе ошибок вычислений проведено сравнение двух возможных реализаций универсальных гауссовых операций: традиционной модели однонаправленных вычислений и гибридной схемы, включающей вычисления на кластерах, дополненные элементами линейной оптики. Показано, что второй подход позволяет снизить ошибку вычислений.

Результаты, полученные в диссертации, **надежно обоснованы**, их **достоверность** обусловлена корректным применением адекватных методов современной теоретической и математической физики. Полученные результаты детально проанализированы. Там, где это возможно, проведено сопоставление предельных случаев с известными результатами других авторов. Результаты работы неоднократно апробированы на представительных международных конференциях.

Научная и практическая ценность работы состоит в том, что в диссертации предлагаются новые теоретические подходы к проблеме однонаправленных квантовых вычислений с использованием физических системах, описываемых непрерывными переменными, проведен анализ возможности генерации кластеров различных конфигураций. Следует особо отметить, что разработанные теоретические подходы могут быть применены не только для кластерных состояний электромагнитного поля. Они применимы также для широкого круга систем, описываемых непрерывными переменными, таких, как коллективный спин ансамбля атомов; оптомеханические системы и ряда других. Важное практическое значение имеют выполненные автором оценки влияния неидеальности реальных физических систем на процесс вычислений. Полученные в диссертации результаты смогут найти свое применение для практической реализации квантового компьютера.

По работе имеется ряд **замечаний**:

1. Условия на сжатие, необходимые для реализации заданного кластерного состояния получены только для случая независимых и одинаково сжатых исходных квантовых осцилляторов, из которых строится данный кластер. Но в реальных экспериментальных ситуациях это условие может не выполняться. Хотелось бы понимать, хотя бы на уровне оценок, как влияет различие в свойствах осцилляторов на этот критерий.
2. Как отмечено в первой главе диссертации, универсальность однонаправленных вычислений предполагает умение реализовывать три типа операций: произвольные одномодовые гауссовы операции, двухмодовую гауссову операцию взаимодействия (например, операцию CZ) и одну нелинейную операцию. Но при обсуждении в диссертации универсальности анализируемых схем автор ограничился анализом возможностей выполнять только гауссовы операции и ничего не говорит о нелинейных операциях.

3. Во второй главе диссертации показано, что невзвешенное кластерное состояние менее требовательно к конечной степени сжатия используемых квантовых осцилляторов, которая является основной причиной ошибок при квантовых вычислениях. При этом в заключении отмечается, что вопрос о влиянии весовых коэффициентов кластерных состояний остается открытым. Возникает естественный вопрос, каковы основания полагать, что использование слабее перепутанных состояний в кластере может оказаться целесообразным.

Сделанные замечания не являются принципиальными с точки зрения основных результатов, полученных автором, и не влияют на положительное впечатление от работы, которая представляет собой завершённое теоретическое исследование, выполнено на высоком научном уровне и содержит ряд новых и практически значимых результатов, достоверность которых не вызывает сомнений. Содержание диссертации подробно изложено в семи статьях. Основные результаты диссертации неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях и семинарах.

Диссертация Королева Сергея Борисовича на тему: «Многочастичные перепутанные состояния света для однонаправленных квантовых вычислений» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 №6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Королев Сергей Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 — Оптика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
Профессор Высшей инженерно-физической
школы СПбПУ,

д. ф.-м. н., профессор

15.08.2020



Соколов Игорь Михайлович