

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета

Соколова Александра Ивановича

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

Предметом диссертационной работы С. Б. Королева является исследование многочастичных перепутанных состояний света, которые могут быть использованы для однонаправленных квантовых вычислений. Главным преимуществом исследуемой модели вычислений является то, что на ее основе можно реализовывать любые гамильтонианы квантовых преобразований только за счет измерения многочастичного физического состояния, называемого кластерным. Из всех возможных физических систем, используемых для генерации таких состояний, свет является наиболее перспективным с экспериментальной точки зрения. Дело в том, что любое световое кластерное состояние можно получить детерминированным образом с помощью смешения света в сжатом состоянии на линейных оптических схемах. Сам процесс вычислений на световых кластерных состояниях происходит благодаря измерению на гомодинных детекторах. Все это указывает на то, что тема диссертационного исследования является **актуальной**, а результаты работы могут оказаться полезными при создании реального прототипа квантового компьютера.

Не пересказывая содержания диссертации С. Б. Королева, перейду сразу к ее оценке. В работе получено несколько новых важных результатов. Первым из них следует отметить установление зависимости конфигураций кластерных состояний от степени минимального сжатия квантовых осцилляторов, используемых для их генерации. С помощью найденного соотношения можно оценить возможность генерации кластерного состояния той или иной конфигурации, т. е. получить информацию, необходимую для постановки конкретных экспериментов. Кроме того, это соотношение помогает установить, что для однонаправленных квантовых вычислений предпочтительным является использование кластерных состояний с меньшим числом связей, так как они менее требовательны к используемому физическому ресурсу.

Второй момент, который следует отметить, это предложенная С. Б. Королевым общая классификация кластерных состояний на основе числа входных мод и числа узлов в кластере. С помощью введения данной

классификации автору удалось получить уравнения, предсказывающие результаты любых однонаправленных вычислений, проводимых на физических системах в непрерывных переменных. Эти результаты позволили выбрать из большого разнообразия конфигураций пять таких, которые пригодны для выполнения универсальных гауссовых преобразований и которые содержат минимально возможное число узлов (четыре). Помимо этого, на основании полученных уравнений автор делает вывод о независимости результатов однонаправленных вычислений от способа получения кластерного состояния. На результат влияет лишь конфигурация кластерного состояния и базисы используемых измерительных приборов.

Третьим важным фрагментом работы является анализ ошибок однонаправленных вычислений, влияющих на их результаты. Автор наглядно показывает, что добавление физических систем с конечной степенью сжатия в процесс вычислений влечет за собой увеличение величины ошибок. Для минимизации этих ошибок С. Б. Королев предложил схему, в которой универсальные гауссовы преобразования получаются за счет однонаправленных квантовых вычислений на двухузловых кластерных состояниях, дополненных устройством линейной оптики.

Говоря о диссертации в целом, следует отметить, что она является комплексным исследованием однонаправленных квантовых вычислений, реализуемых на физических системах, описываемых непрерывными переменными. Автором выявлен и обоснован оптимальный способ выполнения универсальных вычислений с наименьшей ошибкой, а также предложен метод оценки параметров реальных квантовых систем, используемых при однонаправленных вычислениях. Материал диссертации надежно апробирован в виде семи публикаций в ведущих профильных журналах, а также путем обсуждения на многочисленных международных и национальных конференциях, семинарах и школах.

Я не нашел в диссертации серьезных недостатков. Среди дефектов малозначительных упомяну лишь тот странный факт, что в списке литературы фигурируют не оригинальные статьи автора, опубликованные на русском языке в российских журналах «Квантовая электроника» и «Оптика и спектроскопия», а их переводные (англоязычные) варианты. В плане содержания работы хотелось бы также выразить следующее пожелание. Автор анализирует ошибки однонаправленных вычислений на четырехмодовых кластерах и приходит к выводу, что для некоторых преобразований вероятности ошибок резко возрастают. Было бы вполне естественно указать, что это за преобразования и сохраняется ли квантовое превосходство вычислений при аномальном росте числа ошибок?

Подводя итог, можно сказать, что диссертация Сергея Борисовича Королева 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», а 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.

Председатель диссертационного совета  
доктор физ.-мат наук, профессор, профессор кафедры квантовой механики  
СПбГУ



Соколов Александр Иванович

06.08.2020