



# МОНИТОРИНГ

ЦНТИБ ОАО «РЖД»

КВАНТОВЫЕ СЕТИ

№7/ИЮЛЬ 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Новый квантовый компьютер побил предыдущий рекорд производительности .....	3
Сингапур вкладывает в квантовые технологии и ИИ для развития финансовой отрасли .....	4
Новый метод генерации квантовой запутанности прошел проверку неравенством Белла.....	5
Создан самый чистый в мире кремний — это прямой путь к масштабируемым квантовым компьютерам.....	7
Новый 56-кубитный квантовый компьютер H2-1 от Quantinuum в 100 раз превзошёл Google Sycamore .....	8
В США предложили создать квантовый интернет в трубах с вакуумом и с фокусирующими линзами .....	10
В рамках бельгийской исследовательской сети установлены первые QKD-соединения .....	11
Магия квантовых точек: новый метод шифрования не оставит хакерам шанса .....	12
Несколько европейских стран ввели загадочные ограничения на экспорт квантовых компьютеров .....	13
Квантовые компьютеры: печатные схемы на основе темпоральных кристаллов могут положить конец ошибкам в расчетах .....	15
Квантовые технологии в кармане: создан эмулятор 30-кубитовой системы .....	17
Китайский квантовый компьютер на сверхпроводниках третьего поколения «Бэньюань Укун» зафиксировал более 10 млн посещений со всего мира.....	18
Новый способ борьбы с ошибками квантовых компьютеров с помощью темпоральных кристаллов.....	18
Россия и Узбекистан решили сотрудничать в разработке квантовых технологий.....	19
Российский квантовый центр планирует к 2030 году создать компьютер с мощностью свыше ста кубитов.....	20
Нижегородские физики смоделировали прототип сверхпроводниковой нейросети .....	21
Прорыв в квантовых вычислениях: созданы уникальные микросхемы .....	22
Квантовые технологии – экзотика для бизнеса. Ученые уверены, что это только пока.....	23
В России запущен в работу квантовый процессор с самой высокой точностью среди отечественных устройств .....	27
Квантовая томография выходит на новый уровень благодаря российским физикам.....	30
Физики МГУ создали антенны на основе квантовых сверхпроводящих решёток.....	31
В России запущен в работу высокоточный квантовый процессор .....	32

## **Новый квантовый компьютер побил предыдущий рекорд производительности**

Новый квантовый компьютер, получивший название H2-1, недавно побил мировой рекорд квантового превосходства, превзойдя знаменитую машину Sycamore компании Google в сто раз. Разработанный компанией Quantinuum, этот компьютер представляет собой значительное достижение в области квантовых вычислений и открывает захватывающие перспективы для будущего этой технологии.

Квантовые компьютеры принципиально отличаются от классических. В то время как последние обрабатывают информацию последовательно, используя биты (0 и 1), квантовые компьютеры используют принципы квантовой механики. В них используются кубиты, которые могут существовать одновременно в нескольких состояниях благодаря двум фундаментальным принципам квантовой механики: суперпозиции, которая означает, что кубиты могут быть одновременно и 0, и 1, и запутанности, которая позволяет кубитам оставаться связанными таким образом, что изменение состояния одного из них мгновенно влияет на состояние другого, независимо от того, насколько далеко они находятся друг от друга. Эта способность позволяет квантовым компьютерам решать сложные задачи гораздо быстрее, чем традиционным, и за считанные секунды выполнять вычисления, на которые у традиционного суперкомпьютера ушли бы тысячи лет.

Понятие «квантовое превосходство» относится к моменту, когда квантовому компьютеру удастся выполнить определенную задачу быстрее, чем классическому суперкомпьютеру, который является одним из самых мощных компьютеров на сегодняшний день. Чтобы достичь такого превосходства, необходимо использовать большое количество кубитов. Несмотря на свою мощь, кубиты, естественно, подвержены ошибкам из-за сложных принципов квантовой механики, которые ими управляют.

Это требование обусловлено сложностью вычислений, которые должны выполнять квантовые компьютеры. Чем больше кубитов у квантового компьютера, тем больше информации он может обрабатывать одновременно. Однако каждый дополнительный кубит также увеличивает риск ошибок. Поэтому для того, чтобы эти машины могли полностью раскрыть свой потенциал, необходимо разработать более надежные кубиты, способные исправлять любые возникающие ошибки.

Другими словами, для того чтобы квантовые вычисления стали практической реальностью в нашей повседневной жизни, необходимо создавать системы, которые не только содержат много кубитов, но и являются надежными и способными работать безотказно.

Недавно исследователи Quantinuum использовали компьютер H2-1, состоящий из 56 кубитов, для проведения экспериментов по оценке производительности. Они измерили качество результатов, выдаваемых компьютером по известному алгоритму, и получили линейный показатель перекрестной энтропии (ХЕВ), равный примерно 0,35. Это означает, что 35% результатов были безошибочными, что является впечатляющим показателем по сравнению с показателем 0,002, зафиксированным машиной Sycamore компании Google в 2019 году.

Этот прорыв показывает, что компьютер H2-1 может выполнять вычисления с гораздо более высокой степенью точности, потребляя при этом в 30 тыс. раз меньше энергии, чем его предшественники. Это важный шаг на пути к универсальным отказоустойчивым квантовым компьютерам. Ильяс Хан, директор по продукции Quantinuum, отмечает, что этот прорыв – результат многолетних исследований и инвестиций.

Эти результаты не только являются победой Quantinuum, но и открывают путь к практическому применению квантовых вычислений, начиная от моделирования материалов и заканчивая продвинутой криптографией. По мере развития технологии перспективы квантовых компьютеров становятся все более осязаемыми, предвещая новую эру технологических инноваций.

*Источник: atomic-energy.ru, 15.07.2024*

### **Сингапур вкладывает в квантовые технологии и ИИ для развития финансовой отрасли**

Денежно-кредитное управление Сингапура (MAS) выделило 100 миллионов сингапурских долларов на развитие квантовых технологий и искусственного интеллекта (ИИ) в финансовом секторе. Эти инвестиции, часть Программы грантов на технологии и инновации в финансовом секторе (FSTI 3.0), направлены на поощрение инноваций и расширение технологических возможностей.

Квантовые технологии обладают потенциалом революционизировать финансовую индустрию. В сотрудничестве с Национальным квантовым офисом MAS создал квантовый трек в рамках FSTI 3.0. Этот трек предлагает гранты на развитие технологических центров, поддерживая создание квантовых вычислений и инновационных функций безопасности в Сингапуре. Грант на технологические инновации предоставляет софинансирование проектов, использующих квантовые решения для решения бизнес-задач и общепромышленных проблем. Грант на безопасность сосредоточен на повышении

готовности к кибербезопасности, поддерживая разработку пилотных проектов по постквантовой криптографии и квантовому распределению ключей. Внедрение ИИ в финансовых учреждениях набирает обороты. В рамках FSTI 3.0 MAS улучшает схему предоставления ИИ и данных для поддержки разработки и развертывания ИИ. Это поможет финансовым учреждениям в создании инновационных центров ИИ, ориентированных на развитие, обучение, развертывание и управление моделями ИИ. MAS также будет содействовать сотрудничеству по общеотраслевым вопросам, таким как обнаружение мошенничества, путем создания безопасных платформ обмена данными. Эти инициативы MAS укрепляют позицию Сингапура как центра финансовых технологий и инноваций, продвигая развитие квантовых технологий и ИИ в финансовом секторе.

*Источник: actualnews.org, 20.07.2024*

### **Новый метод генерации квантовой запутанности прошел проверку неравенством Белла**

Феномен квантовой запутанности необходим для создания эффективных квантовых вычислительных машин. Ученые из Дании продемонстрировали новый, оригинальный метод создания квантовой запутанности при помощи квантовых точек. Его преимущество – в использовании сверхнизких уровней энергопотребления и возможности применения в масштабируемых квантовых технологиях.

Наличие парадоксального состояния квантовой запутанности, при котором измерение свойств одного квантового бита информации влияет на другой, связанный с ним, проверяется неравенством Белла. Теорема, предложенная Джоном Беллом в 1964 году, позволяет выразить математически разницу между классическим и квантовым поведением. В квантовом мире частицы могут проявлять более сильные корреляции, чем возможно в классическом мире. Неравенство Белла устанавливает пороговое значение, за пределом которого природа корреляции считается квантовой, что указывает на присутствие феномена квантовой запутанности.

Физики из Института Нильса Бора применили неравенство Белла к результатам своего эксперимента, основанного на квантовых точках и волноводах, сообщает Phys.org. Квантовые точки – наноразмерные структуры, разработанные для улавливания нейтральных квазичастиц экситонов. Пойманные экситоны проявляют квантированные энергетические

состояния, то есть ведут себя как искусственные атомы, но интегрированные в чип. Кроме того, их энергетический уровень можно настроить.

Системы квантовых точек могут служить генераторами излучения, то есть испускать отдельные фотоны. В определенных условиях эти фотоны могут становиться запутанными. Для повышения эффективности, когерентности и стабильности фотонов, исходящих от квантовых точек, исследователи соединили их с фотонно-кристаллическим волноводом. Волноводы позволяют контролировать и управлять направлением и длиной волны света, повышая взаимодействие света и вещества. Однако сопряжение между волноводом и квантовыми точками вызывает определенные трудности.

«Для улучшения взаимодействия света и вещества мы изготовили фотонно-кристаллический волновод, который обеспечивает сильное удержание квантовой точки, – объяснил Шикай Лю. – Это привело к высокому коэффициенту передачи оптической мощности света в волноводе (более 90%), а эффект Парселла достиг 16 благодаря замедлению света в наноструктуре и повышению времени его взаимодействия с квантовой точкой».

Проще говоря, эмиссия света из квантовых генераторов излучения повысилась за счет того, что они были помещены в благоприятную среду.

При помощи интерферометров ученые провели тест на неравенство Белла и получили значение, превышающее пороговое. Результат подтвердил наличие запутанного состояния, возникшего в результате разработанного датскими физиками метода.

Одним из преимуществ этого метода является энергетическая эффективность. На создание состояния запутанности ученые израсходовали в тысячу раз меньше электроэнергии, чем традиционные однофотонные источники.

Феномен квантовой запутанности позволяет двум фотонам общаться быстрее скорости света, вне зависимости от разделяющего их расстояния. Ученые из Академии наук Китая продемонстрировали, что однажды это явление можно будет использовать для создания квантовых моторов и батарей, которые пригодятся для питания квантовых компьютеров следующего поколения.

*Источник: hightech.plus, 11.07.2024*

## **Создан самый чистый в мире кремний — это прямой путь к масштабируемым квантовым компьютерам**

Новая разработка – сверхчистый кремний – позволяет создавать высокопроизводительные кубитные устройства – основополагающий компонент, необходимый для создания масштабируемых квантовых компьютеров.

Более 100 лет назад ученые открыли ядро в атомах, что ознаменовало собой рождение ядерной физики. В наши дни история повторяется, на сей раз – в области квантовых вычислений. Результаты исследования, опубликованные в журнале *Communications Materials*, могут определить будущее квантовых вычислений.

Фактически физики смогли разработать критически важный «кирпичик», необходимый для создания квантового компьютера на основе кремния. Это важный шаг к тому, чтобы сделать эту технологию осуществимой. Она может дать человечеству возможность обрабатывать данные в таких масштабах, что мы сможем находить решения сложных проблем, таких как устранение последствий изменения климата.

Одной из самых больших проблем в разработке квантовых компьютеров является то, что кубиты – строительные блоки квантовых вычислений – очень чувствительны и требуют стабильной среды для сохранения содержащейся в них информации. Даже незначительные изменения в их среде, включая колебания температуры, могут вызвать ошибки компьютера.

Другой проблемой является их масштаб – речь идет и про физический размер, и про вычислительную мощность. Десять кубитов имеют ту же вычислительную мощность, что и 1024 бита в обычном компьютере, и потенциально могут занимать гораздо меньший объем. Ученые полагают, что для полностью работоспособного квантового компьютера требуется около миллиона кубитов, что обеспечивает возможности, недостижимые для любого классического компьютера.

В результате нового исследования физики получили самый чистый в мире кремний, а он открывает путь к созданию миллиона кубитов, которые можно изготовить размером с булавочную головку.

Кремний является базовым материалом в классических вычислениях благодаря своим полупроводниковым свойствам, и исследователи полагают, что он может стать ответом на масштабируемые квантовые компьютеры. Ученые потратили последние 60 лет на изучение того, как проектировать кремний, чтобы заставить его работать наилучшим образом, но в квантовых вычислениях в этом отношении есть свои проблемы.

Природный кремний состоит из трех атомов разной массы (называемых изотопами) – кремния 28, 29 и 30. Однако Si-29, составляющий около 5% кремния, вызывает эффект «ядерного переворота», в результате чего кубит теряет информацию.

В ходе нового исследования был разработан способ переработки кремния с удалением атомов кремния 29 и 30, что делает его идеальным материалом для создания квантовых компьютеров в больших масштабах и с высокой точностью.

Большое преимущество кремниевых квантовых вычислений заключается в том, что те же самые методы, которые используются для производства электронных чипов – в настоящее время в обычных компьютерах, состоящих из миллиардов транзисторов – могут быть использованы для создания кубитов для кремниевых квантовых устройств. Возможность создания высококачественных кремниевых кубитов до сих пор частично ограничивалась чистотой исходного кремниевого материала. Чистота, которую ученые продемонстрировали в ходе эксперимента, решает эту проблему.

Новая возможность открывает путь к созданию масштабируемых квантовых устройств с непревзойденной производительностью и возможностями и обещает преобразовать технологии, в том числе в области искусственного интеллекта, безопасности данных и коммуникаций, разработки вакцин и лекарств, а также использования энергии, логистики и производства.

Теперь, когда стало возможным производить чистый кремний-28, следующим шагом исследователей станет демонстрация того, что возможно поддерживать квантовую когерентность для многих кубитов одновременно. Надежный квантовый компьютер всего с 30 кубитами превзойдет мощность современных суперкомпьютеров для некоторых сфер.

*Источник: zoom.cnews.ru, 23.07.2024*

### **Новый 56-кубитный квантовый компьютер H2-1 от Quantinuum в 100 раз превзошёл Google Sycamore**

В 2019 году квантовый компьютер Sycamore от Google, состоящий из 54 кубитов, достиг значительной вехи в квантовых вычислениях, известной как «квантовое превосходство». Sycamore выполнил за 200 секунд задачу, на выполнение которой классическому суперкомпьютеру Summit потребовалось бы около 10 тыс лет. Хотя это достижение вызвало некоторые споры, заявление Google в целом выдержало испытание временем.

Однако в прошлом месяце компания Quantinuum заявила, что ее новый 56-кубитный компьютер H2-1 превзошел Sycamore в 100 раз в квантовом превосходстве.

Quantinuum провела серию экспериментов на своём квантовом компьютере в период с января по июнь 2024 года и утверждает, что достигла порога производительности исправления ошибок, который, по мнению многих экспертов, был достижим лишь через несколько лет. Компания опубликовала свои результаты в исследовании, загруженном на сервер препринтов arXiv. Исследование ещё не прошло рецензирование.

Quantinuum использовала алгоритм Random Circuit Sampling и достигла результата линейного кросс-энтропийного теста (ХЕВ)  $\sim 0,35$ , что более чем в 100 раз лучше предыдущих демонстраций. H2-1, сконфигурированный с 32 физическими кубитами, поддерживал создание четырёх логических кубитов. Логические кубиты более надёжны, чем физические кубиты, из которых они состоят, что является критическим порогом для практической коррекции квантовых ошибок.

Частота ошибок в логических схемах H2-1 до 800 раз ниже, чем частота ошибок в соответствующих физических схемах. Quantinuum утверждает, что ни одна другая компания, занимающаяся квантовыми вычислениями, не смогла даже близко приблизиться к этому показателю.

Исправление ошибок позволяет квантовым компьютерам выполнять более длинные и сложные вычисления, защищая квантовую информацию от шума и декогеренции. Современные квантовые компьютеры демонстрируют частоту ошибок от 1% до 0,1%, что намного выше, чем в классических вычислениях.

Квантовый компьютер Sycamore от Google имеет 53 кубита и достиг квантового превосходства, выполнив задачу за 200 секунд с результатом ХЕВ приблизительно 0,002. Хотя IBM утверждала, что эта задача займёт всего 2,5 дня на классической системе вроде Summit, Ильяс Хан, основатель и руководитель продуктов Quantinuum, признаёт важность достижения Sycamore.

Похоже, что работа Quantinuum поднимает планку квантового превосходства до уровня, на котором классические суперкомпьютеры не могут конкурировать, и где вычислительная задача измерима и актуальна.

*Источник: ixbt.com, 14.07.2024*

## В США предложили создать квантовый интернет в трубах с вакуумом и с фокусирующими линзами

Учёные из Школы молекулярной инженерии им. Прицкера Чикагского университета (PME) предложили опутать США сетью особых каналов связи, ориентированных на передачу квантовых состояний кубитов. Это позволит создать квантовый интернет и реализовать распределённые квантовые вычисления, что умножит мощь и без того перспективных квантовых вычислителей. В этом поможет опыт гравитационно-волновых обсерваторий, ведь кубиты придётся передавать в вакууме (рис. 1).

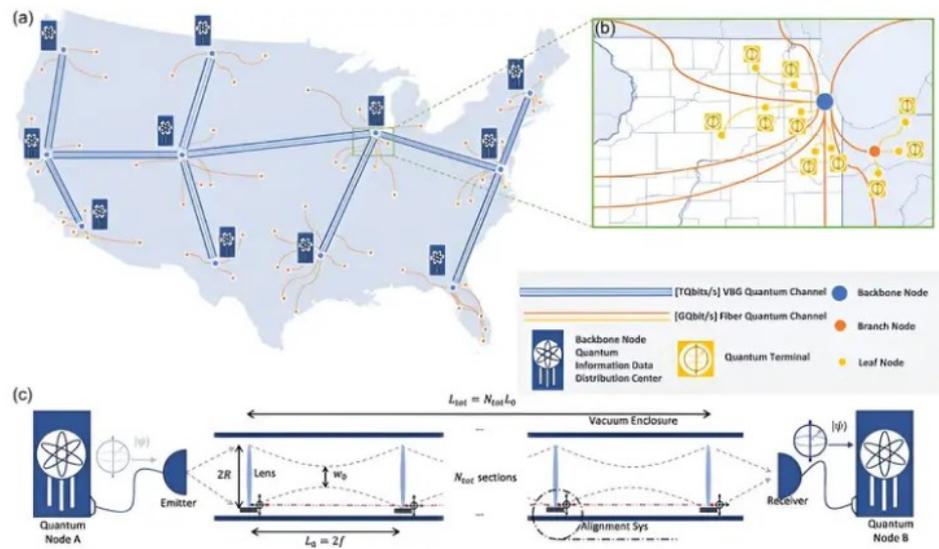


Рис. 1. Проект американских ученых

Исследование финансируется военными и властями США. Квантовый интернет – это не только абсолютно безопасная связь, которая не поддаётся незаметному взлому, но также экспоненциальный рост вычислений. Распределённые квантовые вычисления могут на какое-то время решить проблему с масштабированием квантовых платформ. Пока в составе каждого вычислителя физически большие кубиты и их мало, перераспределение вычислительной нагрузки поможет наращивать производительность относительно простым способом.

Учёные уже умеют и даже внедряют в практику обмен квантовыми состояниями на больших расстояниях с помощью кодирования фотонов. Благодаря этому квантовые состояния можно передавать по обычному оптоволокну и с помощью лазера по воздуху и в вакууме, например, через спутники. Однако скорость передачи при этом очень маленькая, как и велики затухания в оптоволокне.

Учёные из Чикагского университета опирались на опыт многолетней работы гравитационно-волновых обсерваторий, датчики которых – это трёхкилометровые тоннели с высоким вакуумом (10-11 атмосфер). Благодаря зеркалам фотоны в тоннелях пролетают колоссальные расстояния, отзываясь на гравитационные волны. Таким же образом можно передавать на сотни и тысячи километров квантовую информацию, закодированную в состояниях фотонов. А чтобы снизить вероятность их рассеивания, необходимо предусмотреть систему фокусирования на всём протяжении маршрута.

В результате работы исследователи теоретически обосновали возможность охватить США сетью квантового интернета из вакуумных труб диаметром 20 см с фокусирующими линзами через каждые несколько километров. Расчёты показывают, что всё будет работать при среднем уровне вакуума (10-4 атмосфер). На следующем этапе учёные проведут экономическое обоснование проекта. Но даже сейчас они подчёркивают, что ради скоростной квантовой сети не жалко будет никаких денег.

*Источник: 3dnews.ru, 10.07.2024*

### **В рамках бельгийской исследовательской сети установлены первые QKD-соединения**

В IMEC, Университете Гента и Belnet – бельгийская национальная исследовательская сеть – создали первые соединения с квантовым распределением ключей (QKD) в сети Belnet.

Эти три организации входят в консорциум под названием BeQCI, финансируемый Европейским союзом и Бельгийским управлением научной политики, задачей которого является создание в Бельгии средств для безопасной передачи данных, которые не поддаются расшифровке и на 100 процентов защищены.

QKD основывается на идее о том, что квантово-механические состояния невозможно скопировать, и обеспечивает новый уровень безопасности в цифровой коммуникации.

ЕС запустил EuroQCI для развития европейской сети квантовой связи, бельгийский филиал которой представляет BeQCI. Проект, запущенный в январе 2023 года, направлен на создание испытательного стенда для квантово-безопасной связи в Бельгии.

Первая линия QKD, соединяющая два кампуса Гентского университета, будет использоваться в основном в исследовательских целях. Вторая линия связи соединит Redu и Transinne и будет использоваться Европейским

космическим агентством совместно с Центром передовых информационных и коммуникационных технологий (СЕТИС) для обеспечения безопасной передачи данных Интернета вещей. Наконец, третье звено, соединяющее два центра обработки данных Belnet, будет использоваться для внутренней защищенной передачи данных.

«Созданная инфраструктура дает возможность на ранних этапах получить практический опыт использования QKD links для сверхбезопасной передачи данных, например, между правительственными учреждениями, банками или больницами», – сказал Карел Дюмон, исследователь IMEC и руководитель проекта BeQCI. – Теперь наша инфраструктура открыта для новых конечных пользователей, которые хотят оценить практичность различных систем и протоколов QKD».

*Источник: cta.ru, 08.07.2024*

### **Магия квантовых точек: новый метод шифрования не оставит хакерам шанса**

Группа исследователей из Германии разработала инновационный метод защиты информации, который может изменить будущее кибербезопасности. Ученые из Ганноверского университета имени Лейбница, Физико-технического федерального ведомства в Брауншвейге и Штутгартского университета представили технологию, использующую полупроводниковые квантовые точки и квантовое распределение ключей (КРК).

Открытие приобретает особую значимость на фоне растущих опасений о том, что квантовые компьютеры могут поставить под угрозу современные методы шифрования. Традиционные алгоритмы, долгое время считавшиеся надежными, рискуют оказаться бессильными перед вычислительной мощностью машин будущего.

КРК представляет собой метод безопасного обмена ключами шифрования между двумя сторонами. Этот подход использует принципы квантовой механики для генерации случайных ключей, которые невозможно взломать. В системе КРК отдельные фотоны выступают в роли носителей квантовых ключей. Любая попытка перехвата сообщения вносит ошибки в сигнал, что приводит к немедленному обнаружению вмешательства.

Исследовательская группа, возглавляемая профессорами Фей Дином, Штефаном Кюком и Петером Михлером, обратилась к полупроводниковым квантовым точкам в качестве источников одиночных фотонов. Этот подход

позволил им достичь высоких скоростей передачи защищенных ключей на расстоянии 79 километров между Ганновером и Брауншвейгом.

Профессор Фей Дин пояснил суть исследования: «Мы работаем с квантовыми точками, которые представляют собой крошечные структуры, похожие на атомы, но адаптированные под наши нужды. Впервые мы использовали «искусственные атомы» в эксперименте по квантовой связи между двумя разными городами. Эта установка, известная как «Niedersachsen Quantum Link», соединяет Ганновер и Брауншвейг через оптоволоконную линию».

Простыми словами, принцип квантовой коммуникации основан на уникальных свойствах света, обеспечивающих защиту сообщений от перехвата. Устройства с квантовыми точками генерируют одиночные фотоны. Ученые контролируют их поляризацию и отправляют в Брауншвейг для измерения.

Помимо обеспечения защищенной связи, технология может найти применение в создании квантовых повторителей и распределенных квантовых датчиков. Точки способны хранить квантовую информацию и излучать фотонные кластерные состояния, что делает их идеальными кандидатами для интеграции в масштабные сети квантовой связи с высокой пропускной способностью.

Профессор Дин с воодушевлением отметил: «Еще недавно использование квантовых точек в реальных системах квантовой связи казалось нам мечтой. Сегодня мы не только воплотили эту мечту в жизнь, но и открыли путь к новым захватывающим экспериментам и применениям, приближающим нас к созданию квантового интернета».

*Источник: securitylab.ru, 09.07.2024*

## **Несколько европейских стран ввели загадочные ограничения на экспорт квантовых компьютеров**

Несколько европейских стран, ввели одинаковые правила, накладывающие ограничения на экспорт квантовых компьютеров. Речь идет о компьютерах с 34 кубитами и более, которые могут представлять угрозу национальной безопасности. Однако это коллективное решение, похоже, проистекает скорее из тайных международных переговоров, чем из логичного и прозрачного научного обоснования. Впервые предложенные в 1980-х годах для моделирования сложных уравнений квантовой механики, квантовые компьютеры могут выполнять сложные алгоритмы гораздо быстрее, чем обычные процессоры. В отличие от обычных компьютеров, которые вычисляют

и обрабатывают информацию с помощью двоичного кода, кубиты могут представлять любую комбинацию из двух основных состояний (0 и 1 одновременно, 0, 1 и т. д.), что обеспечивает очень высокую вычислительную мощность при относительно небольшом количестве кубитов. Учитывая их возможности (особенно в будущем), существует большое количество областей, в которых квантовые компьютеры могут быть более эффективными, чем обычные компьютеры. Самый известный пример применения – алгоритм Шора, который призван решить проблему факторизации, используемую в большинстве наших систем компьютерной безопасности.

В конечном итоге квантовые компьютеры могут проникнуть в любую зашифрованную систему, что может представлять угрозу для киберпространства правительств. Собственно, эта угроза, вероятно, и привела к волне решений, ограничивающих экспорт технологии в нескольких странах Европейского союза (Франции, Испании и Нидерландах), а также в Великобритании и Канаде.

#### *Правила для компьютеров с 34 кубитами и более*

Для трех стран ЕС новые правила касаются квантовых компьютеров с 34 кубитами и более, чей коэффициент ошибок ниже определенного порога (который не был указан). Следует отметить, что даже самые совершенные квантовые компьютеры все еще подвержены ошибкам при вычислениях. В настоящее время ведутся активные исследования, направленные на преодоление этого ограничения. Хотя ни одно из правительств не заявило об этом прямо, похоже, что их намерение состоит в том, чтобы намеренно ограничить развитие этих компьютеров. Хотя Европейская комиссия заявляет, что члены ЕС могут свободно принимать конкретные меры (по квантовым компьютерам) на национальном уровне, условия ограничения идентичны, что говорит скорее о коллективном решении. Однако никакой информации о возможности коллективного обсуждения не появилось, что говорит о тайном международном обсуждении. С другой стороны, эти ограничения установлены на уровне, который может представлять риск для кибербезопасности, по словам представителя французского посольства в Лондоне. «Выбранные пределы основаны на научном анализе производительности квантовых компьютеров», – сказал он. Представитель не уточнил, будут ли эти анализы обнародованы и каким органом они были проведены. Идентичные условия ограничения были приняты во Франции, Великобритании, Нидерландах и Испании в результате «многосторонних переговоров, проводившихся в течение нескольких лет в рамках Вассенаарских договоренностей», сказал он. Вассенаарские соглашения – это соглашение, в котором участвуют 42 государства (члены ЕС, Великобритания, США, Канада, Россия, Австралия, Швейцария и др.) и

которое устанавливает правила экспорта товаров или технологий, которые могут иметь военное применение. Квантовые компьютеры попадают в эту категорию, поскольку в долгосрочной перспективе они могут помешать правительственным системам шифрования. В чужих руках эта технология может, например, расшифровать коды безопасности ядерных ракет.

Кроме того, Канада, являясь членом Вассенаарских договоренностей, применила ограничение в 34 кубита и к квантовым компьютерам. В отличие от этого, Соединенные Штаты не упомянули о подобном решении, что ставит под сомнение их позицию и участие в глобальной кибербезопасности. Со своей стороны, Бельгия и Германия, подписавшие Соглашение, похоже, рассматривают этот вопрос. Однако и в этом случае не было раскрыто никакой дополнительной информации о причинах или возможности принятия постановления. Тормоз для инноваций? Однако современные квантовые компьютеры еще недостаточно мощны для практического применения, не говоря уже о том, чтобы представлять угрозу для кибербезопасности государств. В связи с этим возникает вопрос о логике, лежащей в основе ограничений, налагаемых новым регламентом, не говоря уже об отсутствии прозрачности этого решения. Тем не менее, эти правила выглядят как превентивная мера, направленная на снижение будущих рисков. С другой стороны, эта мера предосторожности может иметь существенные недостатки. Ограничение международной торговли может затормозить инновации и отпугнуть инвесторов. «Жестко ограничивая прогресс исследований в этой серой зоне, мы, несомненно, задушим инновации», – заключает Кристофер Монро, соучредитель компании IonQ, специализирующейся на квантовых вычислениях.

*Источник: New-Science.ru, 04.07.2024*

### **Квантовые компьютеры: печатные схемы на основе темпоральных кристаллов могут положить конец ошибкам в расчетах**

Трио физиков предлагает использовать печатные схемы на основе темпоральных кристаллов для решения проблемы постоянных ошибок в квантовых компьютерах. В частности, это позволит стабилизировать квантовые биты (кубиты) в достаточной степени, чтобы уменьшить деградацию их квантовых состояний и, как следствие, информации, которую они содержат. Несмотря на то, что квантовые компьютеры обещают произвести революцию в обработке информации, их внедрение сталкивается с серьезными трудностями. Хотя большинство из них считаются преодолимыми, одна,

в частности, – уязвимость к ошибкам – заставляет исследователей задуматься. Кубиты чрезвычайно хрупки и трудно стабилизируемы. Их квантовые состояния могут быть изменены малейшим «шумом», когда они взаимодействуют друг с другом во время выполнения вычислений. Это приводит к процессу декогеренции, который делает результаты нечитаемыми и приводит к потере сохраненной информации до окончания выполнения задач. Такая декогеренция приводит к ошибкам в квантовых вычислительных системах. По оценкам, лучшие квантовые компьютеры производят в среднем одну ошибку на тысячу операций, что не так уж и мало по сравнению с классическими компьютерами.

#### *Взаимодействие кубитов без изменения квантовых состояний*

Темпоральные кристаллы – это периодические структуры во времени и пространстве. В отличие от своих чисто пространственных аналогов, эти структуры спонтанно образуют повторяющиеся паттерны как в пространстве, так и во времени. В то время как кристаллы имеют сложные, повторяющиеся массивы атомов, темпоральные кристаллы содержат паттерны периодического движения. Другими словами, сети, повторяющиеся во времени. Такие кристаллы можно создать с помощью периодических систем привода. С момента их открытия изучались вопросы о том, как можно использовать темпоральные кристаллические структуры и насколько их потенциал применения выше, чем у обычных кристаллов. Например, исследования показали, что их можно использовать для наблюдения различных экзотических форм поведения материи, таких как локализация Андерсона (отсутствие рассеяния волн в неупорядоченной среде). Совсем недавно было высказано предположение, что их особая конфигурация делает их идеальными кандидатами на стабилизацию кубитов. Предыдущее исследование показало, что темпоральный кристалл можно использовать в качестве регулятора для поддержания кубитов в состоянии контролируемых временных флуктуаций. В свою очередь, исследователи в новом исследовании предполагают, что кристаллическая структура может служить в качестве печатной схемы, внутри которой кубиты могут циркулировать без потери информации. Временная печатная схема будет создана из ультрахолодных атомов, движущихся по повторяющимся схемам с помощью резонансного привода. Резонанс – это явление, при котором определенные физические системы (электрические, механические и т. д.) могут испытывать особое влияние определенных частот. Туннели из атомов между различными местами соединения позволят кубитам взаимодействовать друг с другом без изменения их квантовых состояний. Это означает, что кубиты будут рассредоточены и всегда будут находиться в движении.

С другой стороны, схема позволит удаленным кубитам взаимодействовать друг с другом таким образом, который невозможен в современных квантовых компьютерах, что позволит выполнять более сложные вычисления. Кроме того, «поскольку все соединения между участками можно контролировать, можно создавать широкий спектр квантовых устройств, от одно-, двух-, трех- или многомерных структур до более экзотических объектов, которые могут быть соединены произвольным образом», – объясняют они. Однако создание квантового компьютера с такой временной печатной схемой все еще требует нескольких лет исследований и экспериментов, говорят исследователи. Тем не менее, доступность некоторых типов темпоральных кристаллов для экспериментальных целей может ускорить это развитие. Эксперты также предполагают, что ультрахолодные кристаллы на основе калия могут стать отличным вариантом для начала экспериментов.

*Источник: new-science.ru, 01.07.2024*

### **Квантовые технологии в кармане: создан эмулятор 30-кубитовой системы**

Исследователи из Технологического университета Сиднея создали компактные персональные эмуляторы 30-кубитовых отказоустойчивых квантовых компьютеров под названием Quokka («Квокка»), которые теперь доступны для покупки через компанию Eigensystems.

Корпус эмулятора украшен изображением квокки, известного сумчатого животного из Австралии, а первые две буквы его названия символизируют кубиты. Разработкой платформы занимались сотрудники Центра квантового программного обеспечения и информации (QSI) Технологического университета Сиднея. Quokka создали как всестороннюю образовательную экосистему с уроками, проектами и сообществом.

Quokka представляет собой доступный и удобный эмулятор квантового компьютера. Он может запускать языки программирования, написанные для квантовых вычислений. Eigensystems уже принимает заказы на устройство, поставки которого начнутся в июле. Этот эмулятор позволяет пользователям изучать квантовые вычисления на практике, несмотря на то, что отказоустойчивые квантовые компьютеры на 30 кубит пока еще не созданы.

Платформа Quokka включает три программных интерфейса на базовом уровне, а на продвинутом уровне предлагает обширную библиотеку материалов с доступом к урокам, руководствам, кураторским проектам сообщества, а также возможностью делиться проектами и работать над ними совместно.

*Источник: hightech.fm, 27.06.2024*

## **Китайский квантовый компьютер на сверхпроводниках третьего поколения «Бэньюань Укун» зафиксировал более 10 млн посещений со всего мира**

Разработанный в Китае квантовый компьютер на сверхпроводниках третьего поколения «Бэньюань Укун» /Origin Wukong/ зарегистрировал свыше 10 млн посещений со всего мира, что стало важной вехой в развитии квантовых вычислений в стране. Об этом во вторник сообщила газета «Кэцзи жибао».

По данным Аньхойского инженерного исследовательского центра квантовых вычислений, по состоянию на 09:00 понедельника пользователи из 124 стран и регионов получили удаленный доступ к компьютеру, который выполнил около 236 тыс. задач в области квантовых вычислений по всему миру.

Квантовый компьютер, работающий на базе 72-кубитной сверхпроводниковой квантовой микросхемы китайского производства «Укун», был введен в эксплуатацию 6 января в городе Хэфэй/провинция Аньхой, Восточный Китай/. Это один из самых передовых в стране программирующихся и доступных к использованию квантовых компьютеров на сверхпроводниках.

Название «Укун» вдохновлено Сунь Укуном – китайским мифическим персонажем, способным принимать 72 различных облика. Данное название символизирует мощные и многогранные возможности компьютера.

*Источник: russian.news.cn, 19.06.2024*

## **Новый способ борьбы с ошибками квантовых компьютеров с помощью темпоральных кристаллов**

Группа физиков из Ягеллонского университета в Польше и Технологического университета Суинберна в Австралии предложила использовать временные печатные платы, созданные с использованием темпоральных кристаллов, для решения проблемы ошибок в квантовых компьютерах. Кржиштоф Гержгель, Кржиштоф Саша и Питер Ханнафорд опубликовали статью с описанием своих идей на сервере препринтов arXiv.

Квантовые компьютеры обещают революцию в вычислительной технике, однако они все еще находятся на ранней стадии развития. На сегодняшний день никому не удалось создать квантовый компьютер, который можно было бы использовать действительно эффективно. Разработка таких компьютеров сталкивается с различными препятствиями, большинство из которых, по

мнению ученых, можно преодолеть. Однако одной из главных проблем является огромное количество ошибок, возникающих в процессе работы таких компьютеров.

Ошибки в квантовых компьютерах происходят, когда кубиты взаимодействуют во время выполнения расчетов, что приводит к деградации их квантовых состояний и содержащейся в них информации. Новая идея исследовательской группы позволяет кубитам работать таким образом, чтобы их взаимодействие не приводило к деградации.

Темпоральные кристаллы – это особый тип структуры вещества, в которой атомы организованы не только в пространстве, но и во времени. Эти кристаллы повторяют свои структуры через определенные временные интервалы, что делает их идеальными для применения в квантовых вычислениях, где важны как пространственные, так и временные взаимодействия.

Команда предложила создать временную печатную плату, используя ультрахолодные атомы, которые движутся в повторяющихся паттернах, аналогичных обычным кристаллам, формируя так называемые темпоральные кристаллы. Подобный подход позволит кубитам оставаться распределенными в квантовом компьютере и постоянно находиться в движении, что позволит им пересекаться и взаимодействовать без ухудшения состояния.

Такой дизайн также позволит взаимодействовать далеким друг от друга кубитам, что недостижимо с текущими конструкциями, и откроет возможности для более сложных вычислений. Пока исследовательская группа не построила такой компьютер, но утверждает, что работает над его созданием с использованием ультрахолодного калия для создания временных кристаллов.

*Источник: securitylab.ru, 23.06.2024*

## **Россия и Узбекистан решили сотрудничать в разработке квантовых технологий**

Россия и Узбекистан наладят сотрудничество в сфере разработки квантовых технологий. Об этом сообщили в Telegram-канале торгового представительства РФ в республике.

Торгпред РФ в Узбекистане Константин Злыгостев обсудил перспективы взаимодействия вузов и научных организаций стран в этой области с прибывшей в республику делегацией Российского квантового центра.

В рамках встречи стороны также обсудили формат работы в республике и наиболее наукоемкие отрасли, которые могут быть заинтересованы

в применении квантовых технологий. Отмечается, что вузы и организации России готовы делиться опытом с коллегами из Узбекистана.

Российский квантовый центр занимает лидирующие позиции в области научных исследований. Он занимается разработкой высокотехнологичных коммерческих продуктов на основе квантовых технологий.

*Источник: aif.ru, 24.06.2024*

### **Российский квантовый центр планирует к 2030 году создать компьютер с мощностью свыше ста кубитов**

Квантовый компьютер мощностью свыше 100 кубитов планируют создать в России к 2030 году, сообщил в интервью РИА Новости сооснователь Российского квантового центра (РКЦ), советник генерального директора госкорпорации «Росатом» Руслан Юнусов.

«Но мы сейчас готовим карту до 2030-го года, и там будут планы по квантовому компьютеру больше, чем 100 кубитов», – сказал Юнусов.

«Мы показали 20-25 кубитов на разных платформах в конце прошлого года. В этом году мы должны показать 50. Мы понимаем, как к этому идти. Мы ждем, что у нас во второй половине года, осенью, это должно получиться», – отметил он.

В классических вычислительных устройствах вся информация раскладывается на биты – 0 или 1, тогда как в квантовых наименьшей единицей информации является квантовый бит (кубит), способный одновременно находиться в обоих состояниях сразу – и 0, и 1. Количество состояний, в которых находится квантовый процессор, быстро растет с увеличением числа кубитов за счет возможности связывать их между собой. Эта особенность позволяет квантовым устройствам решать различные вычислительные задачи, недоступные самым мощным «классическим» суперкомпьютерам. В частности, это моделирование поведения сложных молекул для разработки новых лекарств и материалов, сложные логистические задачи, работа с большими данными и многие другие. Развитие квантовых вычислений считается одной из основ технологической независимости России в горизонте до 2030 года. «Росатом» отвечает за создание в России квантового компьютера, выполняет российскую дорожную карту по квантовым вычислениям.

«Росатом» уже вошел в число мировых лидеров по ряду направлений квантовых вычислений, заявил генеральный директор госкорпорации Алексей Лихачев в 2023 году.

*Источник: ria.ru, 24.06.2024*

## **Нижегородские физики смоделировали прототип сверхпроводниковой нейросети**

Физики Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского (ННГУ) смоделировали дизайн нейроморфного процессора на сверхпроводниках, сообщили в пресс-службе правительства Нижегородской области. Работа велась при поддержке национального проекта «Наука и университеты».

По энергоэффективности и быстродействию разработанная нейросеть в десятки раз превосходит полупроводниковые аналоги. Схема может применяться для высокоскоростной обработки больших массивов данных, в том числе широкополосных космических сигналов.

«Преимущество нашей модели в том, что подобная нейросеть может работать и в классическом, и в квантовом режиме. Например, использоваться как сопроцессор для обработки квантовой информации. Разработка гибридных квантово-классических нейросетей – одно из востребованных направлений квантового машинного обучения», – рассказала автор исследования, руководитель лаборатории теории наноструктур Научно-исследовательского физико-технического института ННГУ Марина Бастракова.

Топология и дизайн нейросети, предложенные учеными, позволяют уменьшить паразитные эффекты потери сигналов благодаря меньшему числу задействованных трансформаторов. Также авторы описали взаимодействие нейронов и рассчитали оптимальные параметры компонентной базы элементов для дальнейших исследований.

«Прототип сверхпроводникового нейрона – базового элемента данной нейросети – мы подробно исследовали в 2022 году. Недавно он был изготовлен в Институте физики твердого тела РАН, получены его первые экспериментальные характеристики. Наше новое исследование нацелено на масштабирование разработки. Предлагаемая система может быть изготовлена „в железе“ в ближайшее время», – добавила Марина Бастракова.

Главная цель нацпроекта «Наука и университеты» – вывести Россию в пятерку мировых лидеров по разработкам в приоритетных областях. Создаются условия, чтобы ученым было комфортно жить и работать в нашей стране, большое внимание также уделяется популяризации науки, чтобы привлечь в эту сферу молодежь. Запущена программа по созданию сети современных кампусов. Исследователей обеспечивают передовым оборудованием и инфраструктурой, в том числе уникальными установками класса «мегасайенс» и новыми научными судами. Вузы, НИИ и бизнес приглашают участвовать в совместных проектах, что позволяет быстрее и эффективнее использовать передовые открытия на благо развития страны.

Нацпроекты реализуются по решению Президента РФ Владимира Путина с 2019 года.

*Источник: национальныепроекты.рф, 22.06.2024*

### **Прорыв в квантовых вычислениях: созданы уникальные микросхемы**

Ученые из ведущих российских научно-технических центров – МГТУ им. Баумана, ВНИИА и МИСиС – разработали инновационную микросхему, которая позволяет намного точнее считывать состояния кубитов в сверхпроводниковых квантовых компьютерах. Многолетний совместный проект, реализованный при поддержке ФПИ, вывел Россию на передовые позиции в этой критически важной для развития квантовых технологий области.

Ключевые характеристики новой микросхемы, такие как коэффициент усиления более 15 дБ в полосе частот свыше 500 МГц, мощность насыщения – 100 дБм и рекордно низкая шумовая температура системы около 350 мК, обеспечивают беспрецедентную точность и чувствительность считывания состояний кубитов. Использование оригинальной архитектуры на основе массива сверхпроводниковых элементов SNAIL на джозефсоновских переходах и микрополосковых резонаторах в сочетании с кремниевой подложкой позволило достичь усиления мощности сигнала более чем в 20 раз при «сжатии» шумов до теоретического предела.

Достигнутые характеристики соответствуют лучшим мировым образцам и открывают возможность создания в России высокоточных систем считывания кубитов и производительных сверхпроводниковых квантовых процессоров нового поколения. Важно отметить, что разработанная технология производства микросхем не требует уникального оборудования и может быть развернута для серийного выпуска, что ускорит внедрение инновационных решений.

Этот прорыв российских ученых закладывает фундамент для практической реализации сложных квантовых алгоритмов и приближает эру квантовых вычислений, способных революционизировать целые отрасли – от моделирования новых материалов и лекарств до решения оптимизационных задач и машинного обучения. Россия демонстрирует технологический суверенитет в одном из ключевых направлений развития цифровой экономики будущего.

*Источник: acomsupply.com, 23.06.2024*

## **Квантовые технологии – экзотика для бизнеса. Ученые уверены, что это только пока**

За создание квантового компьютера в России отвечает «Росатом». Такой компьютер мощностью свыше 100 кубитов в РФ хотят создать в России к 2030 году, сообщил 21 июня сооснователь Российского квантового центра, советник гендиректора «Росатома» Руслан Юнусов.

Считается, что широкое практическое использование квантовых вычислений может начаться с появлением 1000-кубитных систем.

В Японии 127-кубитный компьютер, разработанный Токийским университетом и IBM, заработал в прошлом году. Первый в Европе квантовый компьютер на 100 кубитов собираются создать в 2026 году. Его разрабатывает Исследовательский институт квантовых технологий QuTech в Нидерландах.

«В России в конце 2023 года показали компьютеры на 20-25 кубитов, – говорит Юнусов. – В этом году должны показать на 50 кубитов».

Кубит – наименьшая единица информации в квантовом компьютере.

Квантовые технологии опираются на принципы квантовой физики, которая была создана в начале XX века, когда ученые поняли, что некоторые физические явления не могут быть объяснены классической физикой.

Квантовый компьютер (в отличие от обычного) оперирует не битами (способными принимать значение либо 0, либо 1), а кубитами, имеющими значения одновременно и 0, и 1. Чем больше кубитов, тем больше одновременных вычислений можно проводить. Для работы квантового компьютера кубиты должны быть взаимосвязаны между собой и работать как одна система. Это позволяет одновременно анализировать миллионы различных вариантов и комбинаций.

Кубиты бывают разные, есть квантовые платформы на атомах, ионах, сверхпроводниках, фотонах. В каждой из платформ введение в суперпозицию (чтобы кубит одновременно был нулем и единицей) – отдельная задача, достичь этого позволяют разные физические принципы.

### *Вторая квантовая революция*

«Первая квантовая революция» в начале XX века привела к появлению лазеров, ядерного оружия, а позже – мобильной связи и интернета. Светодиодные лампы, МРТ-сканнеры, цифровые камеры – все они основаны на управлении квантовыми явлениями.

В конце XX века ученые научились управлять сложными квантовыми системами на уровне отдельных частиц. Эксперты считают, что это открыло эпоху «второй квантовой революции», в которой мы сегодня и живем. Ее последствия позволят кардинально изменить способы передачи и обработки

больших массивов информации: например, решать вопросы такой сложности, на которые обычным компьютерам понадобилось бы полстолетия.

Чисто технически такие скорости дадут стимул для развития новых индустрий, основанных на обработке больших данных. Кроме того, это и повышение производительности и эффективности алгоритмов искусственного интеллекта, новый уровень расчетов в финансах и логистике, неуязвимый для взлома квантовый интернет и т.д.

По данным агентства McKinsey, в 2022 году совокупные мировые стартап инвестиции в квантовые технологии составили 2,35 млрд долл. В IDC прогнозируют, что до 2027 года средний рост мировых инвестиций на рынке квантовых вычислений составит 11,5%, и через три года в отрасль будет проинвестировано 16,4 млрд долл.

Всего в мире насчитывается около 350 квантовых стартапов.

В России в конце 2023 года была утверждена концепция дорожной карты «Квантовые вычисления». В работе по ее реализации участвует более ста организаций, в том числе 15 ведущих российских вузов и исследовательских институтов. В 2023 году протяженность квантовых сетей связи в стране составила 3295 км.

Тестированием квантовых технологий в РФ на сегодняшний день занимаются прежде всего структуры банковского сектора, телеком-компаний, предприятия ОПК, а также компании, отвечающие за выполнение дорожной карты по развитию квантовых технологий («Росатом» и РЖД).

#### *Российские достижения*

К направлениям развития квантовых технологий относятся, не только квантовые компьютеры. Среди перспективных проектов – квантовая и постквантовая криптография (инфраструктурные решения, обеспечивающие абсолютную защиту информации). Перспективно развитие квантовых сенсоров (измерительные приборы, использующие сверхчувствительные квантовые эффекты).

Пока у руля развития квантовых технологий в России больше стоят ученые. Так, в марте 2023 года ученые МФТИ первыми в России экспериментально реализовали работающий алгоритм квантового обучения в цепочке сверхпроводящих кубитов. Квантовая нейросеть из нескольких кубитов решила задачи многоклассовой классификации и распознавания рукописных изображений с точностью более 90%.

Два месяца спустя предложенная учеными того же вуза модель квантового канала связи позволила предсказывать скорость распределения ключа, что поможет при создании отечественного спутника в будущем.

Летом 2023 года на магистральной волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) «Ростелекома» была протестирована технология квантового распределения ключей. Речь идет об инфраструктуре «Новой ТрансЕврАзийской линии связи» (TEA NEXT), на которой был проведен сеанс передачи данных между узлами проведения испытаний. Зафиксированные скорости оказались лучше типовых значений показателей работы для ВОЛС соответствующей длины (85 км) с использованием оптических волокон предыдущего стандарта почти в два раза.

В июне этого года стало известно, что телекоммуникационная компания «Раском» стала первым заказчиком на аренду квантовых волокон, предоставляемых на TEA NEXT. «Раском» получит в аренду темные волокна на высоко востребованном участке сети Москва – Петербург.

«Это поможет расширить пропускную способность сети «Раском», обеспечит максимально удобное обслуживание и оперативную организацию каналов связи для наших клиентов», – пояснил свою заинтересованность генеральный директор «Раском» Денис Ганза.

Инженеры холдинга «Швабе» разработали микроструктурированное оптоволокно с несколькими сердцевинами из кварцевого стекла. Такая конструкция позволяет снизить затраты энергии при передаче данных и повысить защищенность коммуникаций. Новый тип оптического волокна для сенсорных устройств используют в системах квантовых коммуникаций.

«Оптические волокна сегодня незаменимы в телеметрии, телемеханике, коммуникациях на транспорте и в авиакосмической отрасли», – перечисляет исполнительный директор «Ростеха» (куда входит «Швабе») Олег Евтушенко.

### *Квантовая гонка*

«Многие компании в химической промышленности, банковском деле и автомобилестроении уже начали инвестировать в развитие квантовых систем в надежде, что их практическое использование начнется в ближайшее время», – говорит руководитель блока «Технологии» Сбербанка Андрей Белевцев.

Некоторые российские нефтяные компании запустили исследовательские программы по квантовым вычислениям. Они должны помочь в обработке и интерпретации сейсморазведочных работ, моделировании геологии и гидродинамики, логистике доставки продукции и т.д.

Сам Сбербанк также экспериментирует с квантовыми вычислениями и ищет для них практические бизнес-задачи. Так, в 2023 году дочка банка Cloud.ru создала специализированную лабораторию, которая ищет решения для бизнеса с использованием квантовых вычислений.

Собственно, финтех, – одна из индустрий, которая может существенно видоизмениться под влиянием квантовых вычислений. Например, квантовые

алгоритмы – популярное направление экспериментов банков. Их тестируют в целях минимизации финансовых рисков двух видов портфелей – ипотечных кредитов и казначейских векселей. Выяснилось, что квантовый алгоритм позволяет прийти к тем же выводам, что и традиционный, но при этом требуется лишь несколько десятков симуляций вместо тысяч и миллионов, проводимых в случае классических вычислений.

Кроме того, в России уже создана система видеоконференцсвязи (ВКС) DION с постквантовым шифрованием. Она способна на программном уровне противостоять кибератакам с применением квантовых компьютеров. Разработчики, Холдинг Т1, утверждают, что это первое отечественное решение в своем роде. Коммерческую версию продукта ждут не ранее 2024-2025 гг.

В круг потенциальных пользователей ВКС DION, по мнению руководителей компании, входят «представители крупного бизнеса, вне зависимости от отраслевой принадлежности, госорганы и госучреждения, любые субъекты критической информационной инфраструктуры». Именно они в первую очередь становятся объектами кибератак злоумышленников.

В мае этого года стало известно о том, что госкорпорация «Росатом» направила в Минцифры предложения, касающиеся использования квантовых технологий для трансформации госорганов. Предполагается, что квантовые технологии будут использоваться для решения сложных задач, связанных с планированием, прогнозированием, разработкой новых материалов и усилением возможностей искусственного интеллекта.

Рынок квантовых вычислений на данный момент представляет собой модель B2B2B – бизнес квантовых вычислений работает чаще всего для исследовательской части бизнеса, который поставляет свои результаты конечному индустриальному или промышленному потребителю, говорят эксперты «Российского квантового центра».

«Это связано с сохраняющейся экзотичностью квантовых вычислений для индустрии, слабой распространенностью необходимых компетенций, а также с высоким порогом вхождения новых игроков в рынок», – объясняют в «Российском квантовом центре».

Снижение этого порога требует популяризации квантовых методов решения задач, а также создания специальных инструментов и площадок доступа к квантовым вычислителям. С их помощью потенциальные потребители могли бы при поддержке экспертов ознакомиться с возможностями квантовых вычислений и попробовать решить свои задачи на тестовых примерах, говорят эксперты.

## **В России запущен в работу квантовый процессор с самой высокой точностью среди отечественных устройств**

Характеристики сверхпроводникового квантового процессора сопоставимы с достижениями ведущих мировых разработчиков квантовой техники. Полученные параметры позволили специалистам решить с его помощью ряд сложных уравнений. Это закладывает основу для дальнейших практических применений квантовых компьютеров в России.

Российские ученые запустили в работу первый отечественный высокоточный сверхпроводниковый квантовый процессор. Точность выполнения на новом устройстве простых однокубитных алгоритмов составила 99,76%, а более сложных двухкубитных операций – 99,11%. Об этом в конце июня 2024 г. пишет издание «Известия».

Работу по запуску проводили ученые из научно-образовательного центра «Функциональные микро/наносистемы», который создан на базе Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана и Всероссийского научно-исследовательского института автоматизации (ВНИИА) им. Н. Л. Духова. Достигнутые параметры являются рекордными для российской науки и сопоставимы с лучшими мировыми достижениями. К примеру, в самом современном квантовом процессоре IBM Torino 133 с архитектурой Heron R1 средняя точность двухкубитных операций равна 99,14%, что лишь немного превышает российский результат.

Как рассказали разработчики, процессор получил название Snowdrop 4Q. Это система, в которую входит сам чип на основе четырех кубитов, модули считывания их сигналов с параметрическими криоусилителями и блоки управляющей электроники. Полученные характеристики устройства позволили впервые в России реализовать серию сложных алгоритмов, состоящих из более, чем 100 квантовых логических операций. В частности, была смоделирована намагниченность материала (модель Изинга была введена для понимания природы ферромагнетизма и повлияла на изучение фазовых переходов и критических явлений.), решено уравнение теплопроводности и реализован квантовый алгоритм для решения систем уравнений.

«Лучшее испытание для процессора – это запустить на нем сложный алгоритм с использованием всех имеющихся кубитов, что мы и сделали. Непосредственно калибровка и полная характеристика квантовой системы – сложный процесс, и над ним мы работали последние три месяца. Точности логических операций, которых достиг наш чип, позволили провести целую серию операций, направленных на решение практических задач научно-образовательного центра», – сказал ведущий разработчик квантовых процессоров ВНИИА Никита Смирнов.

В рамках экспериментов ученые опробовали собственный метод смягчения ошибок, основанный на нейросетевом обучении. Для оценки результатов, полученных на процессоре Snowdrop 4Q, ученые запустили те же алгоритмы на 127-кубитном чипе IBM Eagle в облачном доступе. Точности российского процессора подтвердились на более мощном американском аналоге.

Со слов руководителя сектора квантовых вычислений Центра квантовых технологий МГУ Станислава Страупе, одна из проблем квантовых процессоров в том, что кубиты – это не изолированная система, потому что они взаимодействуют с окружением, которое является источником шумов. Эти шумы приводят к тому, что квантовое состояние системы разрушается и переходит в случайное. Полностью побороть это явление невозможно, но можно использовать коррекцию ошибок, чтобы из большого числа кубитов собирать один логический.

### *Квантовый сопроцессор*

Как действует квантовый процессор, понимают не все, зато опасность его как универсальной отмычки для общепринятых ныне алгоритмов шифрования данных осознает, кажется, каждый. В задачах, которые требуют параллельных вычислений. За счет того, что квантовый компьютер находится в суперпозиции большого количества состояний, используя определенный алгоритм, специалисты могут обрабатывать сразу много потоков. И вот эта многовариантность, многофакторность – это те задачи, которые хороши для квантового компьютера. А вот, например, последовательные задачи гораздо лучше будут решаться классическими системами. И здесь квантовый компьютер лучше рассматривать как сопроцессор. Сейчас делают чипы для искусственного интеллекта (ИИ), способные решать задачи ИИ лучше, чем предыдущие платформы. И в этом смысле квантовый компьютер можно рассматривать как следующую надстройку, которая позволит решить еще один класс задач. Единственная разница между этими всеми шагами, что внутри квантового компьютера совершенно по-другому логика устроена благодаря свойствам квантового мира. Но с точки зрения потребителя, ему будет казаться: ну, вот еще какой-то класс задач начали решать. Ведь рассчитать поведение даже не очень большого количества частиц классический компьютер не может. А квантовый – он сам по себе имеет похожую структуру, и поэтому, ему лучше проводить такие расчеты.

Как пишут «Известия», команда ВНИИА разрабатывает и реализует ряд практически значимых квантовых алгоритмов, позволяющих ускорить решение важных задач физического моделирования. Ученые достигли знакового результата, к которому шли почти три года – от разработки

эффективного квантового алгоритма до его запуска на квантовом «железе». В итоге они убедились в том, что подход работает и, более того, прокладывает путь к созданию практически полезного вычислителя. В ближайших планах, это дальнейшее улучшение уже серийных технологий изготовления квантовых устройств и увеличение количества кубитов с повышением точности квантовых операций. Представленная разработка выступает в роли сопроцессора для классического компьютера. С его помощью специалисты смогут решить наиболее трудные для традиционной микроэлектроники подзадачи.

Чипы изготовлены по воспроизводимой технологии, потому что это позволяет, с одной стороны, развивать мощности уже созданного вычислительного комплекса, а с другой стороны, серийно изготавливать новые квантовые компьютеры, которые ориентированы на конкретные технические проекты.

Результаты, полученные российскими учеными, означают, что в России создан независимый, работоспособный, пусть и небольшой, квантовый компьютер. Это дает возможность отечественным науке и промышленности решать задачи, используя квантовые вычисления, на собственной технологической базе, что позволяет прогрессировать вне зависимости от международной обстановки.

#### *Технологии квантовых вычислений на сверхпроводниковой платформе*

Лидеры в области квантовых вычислений по странам: США, Канада, Япония, Китай, Великобритания, Финляндия. Компания IBM, стартапы Rigetti Computing, финский IQM, китайский Origin Quantum уже продали несколько своих квантовых компьютеров международным заказчикам.

При этом уже показано большое количество алгоритмов, включая алгоритмы коррекции и смягчения ошибок. В компаниях IBM и Amazon реализуют партнерства с финансовыми гигантами, лидерами в автомобильной, авиационной, нефтехимической отраслях, биотехе. Цель – совместный поиск алгоритмов для использования квантовых процессоров в практической плоскости.

Сверхпроводниковые процессоры IBM легли в основу крупнейшей в мире квантовой облачной платформы – в 2023 г. количество пользователей IBM Quantum превысило 450 тыс. пользователей. Сверхпроводниковое «облако» есть у Amazon, Alibaba, Токийского университета. Важно помнить, что, когда появятся практические результаты применения квантовых компьютеров, инвестировать будет уже поздно: эти продукты выйдут на рынок и займут свои ниши. Важно и то, что сверхпроводниковые устройства имеют широкие перспективы развития и практических применений. Имеется в виду не только собственно квантовые сопроцессоры, но и вычислители на одноквантовой

логике, квантовые сенсоры, параметрические усилители с квантовым уровнем собственных шумов для применений в астрофизике.

*Источник: cnews.ru, 25.06.2024*

## **Квантовая томография выходит на новый уровень благодаря российским физикам**

Учёные из Университета МИСИС и Российского квантового центра разработали усовершенствованный метод анализа данных для квантовой томографии. Этот подход позволяет получать более точную информацию о квантовых состояниях по сравнению с традиционными методами, обеспечивая при этом высокую скорость вычислений.

С увеличением мощности квантовых процессоров становится всё более актуальной проблема оценки их качества работы.

Для этого применяется метод, схожий с медицинской томографией – квантовая томография. Она позволяет измерить состояния в различных «срезах» и восстановить полную информацию о системе. Этот подход широко используется в квантовой физике. Однако при работе с большими системами результаты могут быть громоздкими, что снижает эффективность метода.

Кроме того, необходимо учитывать количество измерений, на основе которых делается вывод о качестве работы устройства.

В квантовой томографии есть доверительные интервалы, т.е. диапазоны значений, с достаточно высокой вероятностью содержащие истинное среднее значение некоторой наблюдаемой для восстанавливаемого квантового состояния. Проблема в том, что существующие способы получения таких интервалов, являются либо слишком затратными с точки зрения требуемых вычислительных ресурсов, как например, методы Монте-Карло, либо дают строгие, но слишком пессимистические оценки, как например, метод доверительных политопов, – отметил к.ф.-м.н. Евгений Киктенко, ведущий эксперт научного проекта лаборатории квантовых информационных технологий НИТУ МИСИС.

Исследователи из НИТУ МИСИС и Российского квантового центра разработали инновационный метод анализа данных, полученных с помощью квантовой томографии. Этот метод позволяет не только точно определить текущее состояние квантовой системы, но и оценить разницу между фактическим и желаемым состояниями. Это делает его полезным инструментом

для практического применения в работе с различными типами квантовых систем.

Мы показали, что ограниченного набора данных квантовой томографии и простого численного метода на основе линейной инверсии достаточно, чтобы оценить, насколько реально приготавливаемое состояние отличается от целевого. Так можно оценивать не только квантовые состояния, но и качество работы квантовых вентилях – элементарных логических преобразователей квантового компьютера. Метод проверен на разных протоколах квантовой томографии и показал стабильную работу и точные результаты. Доверительные интервалы были очень близки к идеальным, как для томографии квантовых состояний, так и для томографии квантовых процессов при различных значениях уровня значимости, – сказал Алексей Федоров, директор Института физики и квантовой инженерии НИТУ МИСИС, руководитель научной группы «Квантовые информационные технологии» РКЦ.

Подробные результаты описаны в научном журнале *Physical Review A* (Q1). В дальнейшем исследователи планируют применить новый метод для характеристики квантовых процессоров, разрабатываемых в рамках Дорожной карты по квантовым вычислениям. Ожидается, что он позволит получить более точную информацию о шумах, присутствующих в различных архитектурах квантовых процессоров.

Исследование выполнено в рамках стратегического проекта НИТУ МИСИС «Квантовый интернет» по программе Минобрнауки России «Приоритет-2030» (проект К1-2022-027) и при поддержке грантов Российского научного фонда (№ 19-71-10091).

*Источник: innovanews.ru, 28.06.2024*

### **Физики МГУ создали антенны на основе квантовых сверхпроводящих решёток**

Учеными кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ были разработаны антенны на основе квантовых сверхпроводящих решёток. Применение таких антенн в новейших приемных системах позволяет реализовывать режим прямой оцифровки широкополосных высокочастотных сигналов с последующей обработкой различных видов информационного контента с помощью цифровой фильтрации.

Результаты исследования, поддержанного грантом РНФ № 19–72–10016 опубликованы в журнале *Q2 Physica C: Superconductivity and its Applications*.

Современные сверхпроводниковые аналого-цифровые преобразователи (АЦП) имеют характеристики, позволяющие использовать широкополосные системы приема с прямой оцифровкой сигнала и последующим цифровым выделением поддиапазонов. Для полноценного внедрения таких широкополосных систем необходимо спроектировать и построить входной антенный тракт, не ухудшающий интегральные характеристики всего устройства. Именно такая задача по применению сверхпроводящих антенн активного типа решалась учеными МГУ.

«Наиболее сложными вопросами в процессе построения устройств на основе сверхпроводящих антенн активного типа являются вопросы их конструкционной реализации на основе теоретических расчетов. Созданные сотрудниками нашей кафедры антенны построены на базе сверхпроводящих квантовых решеток, в которых в качестве базовых элементов применяются би-сквиды\* и дифференциальные квантовые ячейки, которые были разработаны нами на предыдущих этапах работ», – рассказал доцент кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ Николай Колотинский.

В процессе исследований были получены экспериментальные данные по оценке чувствительности сверхпроводящих антенн активного типа, изучено влияние нагрузки, т. е. подключённых устройств, на характеристики антенн, а также рассчитаны шумовые характеристики. В частности, результаты интересны тем, что атмосферный и другие шумы, а также собственный шум, создаваемый антенной, не оказывают существенного влияния на возможность приема сигнала.

Полученные результаты позволяют сформулировать принципы построения сверхпроводниковых телекоммуникационных систем, обеспечивающих решение вопросов качественной и надежной связи с удаленными регионами (в том числе Арктики и Антарктики), а также с объектами в космическом пространстве.

\*Би-сквид – устройство, позволяющее получить высокую линейность преобразования приложенного магнитного сигнала в выходное напряжение.

*Источник: наука-техника.рф, 07.07.2024*

### **В России запущен в работу высокоточный квантовый процессор**

Российские ученые запустили в работу первый отечественный высокоточный сверхпроводниковый квантовый процессор. Точность

выполнения на новом устройстве простых однокубитных алгоритмов составила 99,76%, а более сложных двухкубитных операций – 99,11%.

Работу по запуску проводили ученые из научно-образовательного центра «Функциональные микро/наносистемы», который создан на базе Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана и Всероссийского научно-исследовательского института автоматики (ВНИИА) им. Н.Л. Духова. Достигнутые параметры являются рекордными для российской науки и сопоставимы с лучшими мировыми достижениями. К примеру, в самом современном квантовом процессоре IBM Torino 133 с архитектурой Heron R1 средняя точность двухкубитных операций составляет 99,14%.

Процессор получил название Snowdrop 4Q. Это система, в которую входит сам чип на основе четырех кубитов, модули считывания их сигналов с параметрическими криоусилителями и блоки управляющей электроники. Полученные характеристики устройства позволили впервые в России реализовать серию сложных алгоритмов, состоящих из более чем 100 квантовых логических операций. В частности, была смоделирована намагниченность материала, решено уравнение теплопроводности и реализован квантовый алгоритм для решения систем уравнений.

В рамках экспериментов ученые опробовали собственный метод смягчения ошибок, основанный на нейросетевом обучении. Для оценки результатов, полученных на процессоре Snowdrop 4Q, ученые запустили те же алгоритмы на 127-кубитном чипе IBM Eagle в облачном доступе. Точности российского процессора подтвердились на более мощном американском аналоге.

Команда ВНИИА разрабатывает и реализует ряд практически значимых квантовых алгоритмов, позволяющих ускорить решение важных задач физического моделирования. В ближайших планах дальнейшее улучшение уже серийных технологий изготовления квантовых устройств и увеличение количества кубитов с повышением точности квантовых операций. Представленная разработка выступает в роли сопроцессора для классического компьютера. С его помощью специалисты смогут решить наиболее трудные для традиционной микроэлектроники подзадачи.

Результаты, полученные российскими учеными, означают, что у нас создан независимый, работоспособный, пусть и небольшой, квантовый компьютер. Это дает возможность отечественным науке и промышленности решать задачи, используя квантовые вычисления, на собственной технологической базе, что позволяет прогрессировать вне зависимости от международной обстановки.

Лидеры в области квантовых вычислений: США, Канада, Япония, Китай, Великобритания, Финляндия. Компания IBM, стартапы Rigetti Computing, финский IQM, китайский Origin Quantum уже продали несколько своих квантовых компьютеров международным заказчикам.

*Источник: adpass.ru, 09.07.2024*