



КВАНТОВЫЙ ДАЙДЖЕСТ



РОСАТОМ



Январь 2025 г.

02 | КВАНТОВЫЕ ИТОГИ 2024 ГОДА



НАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ ПРОГРАММЫ

- 03 В Китае представлен 504-кубитный квантовый компьютер Tianyan-504
Ю. Корея ведет активные разработки квантовых компьютеров на различных платформах
20-кубитный квантовый компьютер на сверхпроводниках заработал в Израиле



КВАНТОВАЯ ИНДУСТРИЯ

- 04 Определены предпочтения пользователей квантовых компьютеров
Airbus с партнёрами разрабатывают квантовые инструменты для аэродинамических расчётов
Холдинг WISeKey готовит к запуску космический спутник с постквантовой защитой
Компактные оптические часы на тории-229 показали точность 5×10^{-17}
[Обзор] Применение квантовых сенсоров для биомедицинских приложений



ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

- 05 В новом чипе от Google продемонстрирована устойчивая коррекция ошибок
IBM объединил два квантовых процессора в единый модуль
- 06 Самое большое в мире полностью запутанное состояние с 50 кубитами
Масштабируемая архитектура квантового процессора предложена в Италии
Alice&Bob представил дорожную карту разработки процессора с «кошачьими» кубитами
- 07 Quantinuum применил процессор H1 для моделирования платиновых катализаторов
Миниатюрные лазеры для квантовых сенсоров и кубитов



БЛИЖАЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- 08 Quantum.Tech Qatar
SPIE Quantum West
Форум Квант-25
Форум будущих технологий



Квантовые компьютеры созданы в 18 странах

- В 2024 г. первые компьютеры на сверхпроводниках заработали в Германии (10 кубит), Израиле (20 кубит), в Индии (6 кубит), на Тайване (5 кубит) и в Турции (5 кубит); 6-кубитный фотонный квантовый чип представлен в Ю. Корее. Общее число стран, обладающих квантовыми компьютерами, достигло 18.

Восстановление венчурного рынка, рост капитализации и новые «единороги»

- За три месяца с октября по декабрь стоимость торгуемых на бирже квантовых компаний (IonQ, Rigetti, D-Wave и др.) увеличилась в 5–15 раз. К «единорогу» IonQ с капитализацией 9,6 млрд долл. добавились Rigetti (3,7 млрд долл.), D-Wave (2,4 млрд долл.) и Quantum Computing Inc. (2,4 млрд долл.). Объем венчурного рынка за год вырос на 66%, достигнув 2,5 млрд долл.

Продажи квантовых компьютеров растут

- На конец декабря 2024 г. в мире было реализовано 64 квантовых компьютера со средней ценой в 12,5 млн долл., причем 48 из них — в последние 2 года. Лидером по выручке является компания IBM (31,7%), за которой следуют D-Wave (14,7%) и IonQ (12,6%).

«Три девятки» точности вычислительных операций

- Точность двухкубитных операций не менее 99,9% уже продемонстрирована в сверхпроводниковых процессорах IBM и IQM, а также ионных IonQ и Quantinuum. Атомные процессоры QuEra и Atom Computing дают точность 99,6%. Продemonстрированы логические кубиты с точностью операций существенно лучше, чем у составляющих их физических кубитов.

Год дорожных карт

- О своих целях на ближайшие 5 лет рассказали 8 квантовых компаний, а еще 5 обновили свои дорожные карты. Если планы оправдаются, то уже в 2028–2029 гг. мы увидим 100–200-кубитные логические компьютеры, способные выполнять миллионы операций с минимальными ошибками.

Квантовые компьютеры становятся всё более практичными

- Квантовые и гибридные подходы оказались полезными при разработке лекарств (Microsoft, Pasqal), обработке естественного языка (Quantinuum), моделировании плазмы (MIT) и даже для выбора подходящих органов для трансплантации (Terra Quantum).

Проложен путь к квантовому интернету

- Впервые достигнута телепортация логических кубитов и многокубитных гейтов, а с использованием обычных городских оптических сетей удалось запутать квантовые узлы, расположенные на расстоянии до 35 км друг от друга.

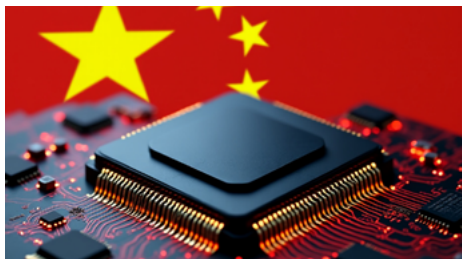
Завершена стандартизация постквантовых алгоритмов

- Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) после восьми лет исследований окончательно утвердил спецификации первых трех алгоритмов постквантовой криптографии.

Россия в «квантовом мире»: прогресс несмотря на санкции

- В 2024 г. продемонстрированы самые мощные в стране 50-кубитные квантовые компьютеры на ионах и атомах, разработанные в рамках дорожной карты развития высокотехнологичной области «Квантовые вычисления», координируемой ГК «Росатом». Также созданы прототипы квантовых процессоров на сверхпроводниках и на фотонах. Открыт доступ к отечественной облачной платформе и библиотеке квантовых алгоритмов.
- Созданная в рамках дорожной карты развития квантовых коммуникаций квантовая сеть соединяет Санкт-Петербург, Москву, Нижний Новгород, Казань, Воронеж, Ростов-на-Дону, Волгоград. В скором времени к ним присоединятся Сочи, Самара, Саратов, Челябинск и Екатеринбург.
- Продукты на основе постквантового шифрования прошли апробацию в крупнейших банках страны, в Национальной системе платёжных карт и на Московской бирже.

В Китае представлен 504-кубитный квантовый компьютер Tianyan-504

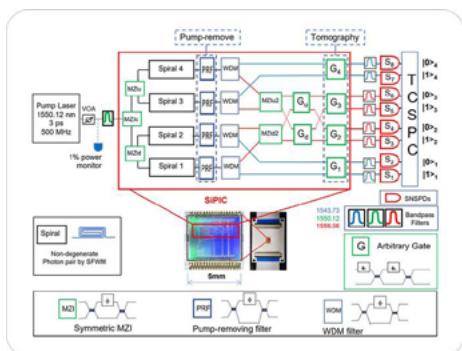


Компьютер создан на основе сверхпроводникового чипа Xiaohong, представленного весной 2024 г. Академией наук КНР. В создании квантового компьютера также принимали участие компании QuantumCTek и Quantum Group (подразделение China Telecom).

Доступ к Tianyan-504 будет организован через квантовую облачную платформу Tianyan компании China Telecom. За год существования платформы к ней уже было осуществлено 12 млн подключений пользователями из 50 стран.

Источник: [Академия наук КНР](#)

Ю. Корея ведет активные разработки квантовых компьютеров на различных платформах



Определены предпочтения пользователей квантовых компьютеров



Unitary Fund опубликовал результаты очередного ежегодного исследования Quantum Open Source Survey:

- Большинство пользователей квантовых компьютеров — это молодые исследователи. Две трети из них моложе 34 лет, и только 12% — старше 45 лет;
- Самыми перспективными направлениями деятельности пользователи считают разработку квантовых алгоритмов (56%), коррекцию ошибок (52%), создание приложений (46%), разработку оборудования (37%);
- Наиболее используемый облачный сервис, по-прежнему, IBM Quantum (70%). Также популярны AWS Braket (19%) и Xanadu (17%). Популярность сервиса Quantinuum за год упала с 18% до 6%;
- Популярные квантовые программные платформы: IBM Qiskit (74%), Xanadu PennyLane (47%) и Google Cirq (24%);
- Основными сложностями при выборе платформы для пользователей являются: плохая документация (51%), высокая цена (48%), несовместимость с текущим стеком (35%).

Источник: [Unitary](#)

Airbus с партнёрами разрабатывают квантовые инструменты для аэродинамических расчётов



Новый консорциум организован при поддержке программы SparQ Национального центра квантовых вычислений Великобритании (NQCC). Кроме Airbus в него вошли британский разработчик ионных квантовых компьютеров Oxford Ionics и финская компания — создатель вычислительной платформы для физики Quanscient. Партнёры планируют разработать квантово-классическую платформу для проектирования аэродинамических профилей и аэродинамики воздушных судов. В будущем это поможет оптимизировать такие характеристики самолета, как его подъемная сила, аэродинамическое сопротивление, уровень шума, грузоподъемность и топливная экономичность.

Источник: [Oxford Ionics](#)

Холдинг WISeKey готовит к запуску космический спутник с постквантовой защитой

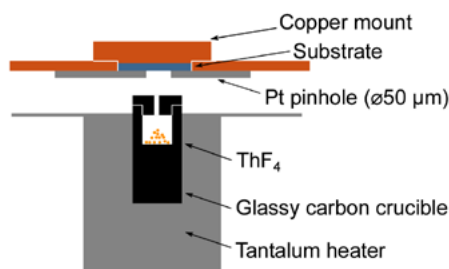


Международный холдинг WISeKey со штаб-квартирой в Швейцарии объявил, что его дочерняя компания WISeSat.Space запустит в январе 2025 года первый спутник нового поколения, оснащённый чипом SEALSQ для постквантового шифрования данных, передаваемых на приёмное устройство на поверхности Земли.

Группировка спутников WISeSat будет обеспечивать функционирование устройств интернета вещей, включая БПЛА, а также работу экосистемы блокчейна и децентрализованных сервисов.

Источник: [Quantum Zeitgeist](#)

Компактные оптические часы на тории-229 показали точность 5×10^{-17}



Сверхточные оптические эталоны времени пока ещё имеют большие размеры, дороги и сложны в эксплуатации. Американские учёные доказали возможность создания компактных оптических атомных часов на основе радиоактивного изотопа торий-229.

С помощью напыления была создана пленка фторида тория толщиной 30 нм и диаметром 50 мкм. Возбуждение переходов в ядре осуществлялось излучением ультрафиолетового лазера, а точность часов составила 5×10^{-17} — это на 3–4 порядка лучше точности миниатюрных атомных часов. Количество изотопа, необходимое для создания пленки, минимально, поэтому его радиоактивность не представляет опасности.

Источник: [Nature](#)

[Обзор] Применение квантовых сенсоров для биомедицинских приложений

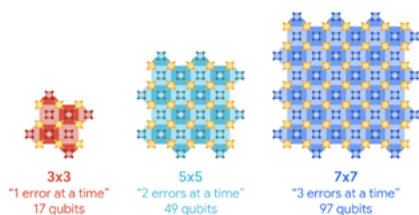


В обзоре, подготовленном участниками американского индустриального консорциума QED-C, рассмотрены перспективы использования в биомедицине квантовых сенсоров, среди которых магнитометры с оптической накачкой, сенсоры на основе оптических гребенок и на основе примесей в алмазе. Среди наиболее важных направлений выделены субклеточная визуализация, визуализация процессов в мозге, скрининг при беременности, визуализация оксигенации тканей, диагностика системных заболеваний, использование запутанных фотонов для диагностики заболеваний и анализа микробиома.

Источник: [QED-C](#)

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

В новом чипе от Google продемонстрирована устойчивая коррекция ошибок

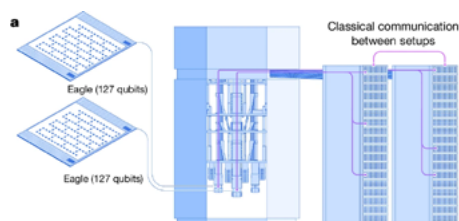


Для достижения устойчивой коррекции ошибок необходимо, чтобы наращивание числа физических кубитов в одном логическом кубите стабильно уменьшало вероятность возникновения ошибок. В ходе опытов с новым 105-кубитным квантовым процессором Willow специалистам Google впервые удалось продемонстрировать достижение этого порога на практике. Каждое расширение размера логического кубита до 17, 49 и 97 физических кубитов приводило к снижению частоты появления логических ошибок в 2,14 раза, а также к существенному увеличению времени жизни кубита.

Традиционно на новом процессоре было продемонстрировано «квантовое превосходство» на задаче генерации случайных квантовых цепочек. Willow за пять минут решил задачу, на которую суперкомпьютеру Frontier понадобилось бы время, превышающее время жизни Вселенной.

Источник: [Nature](#)

IBM объединил два квантовых процессора в единый модуль

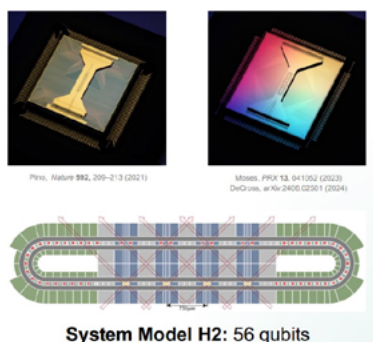


Большинство современных квантовых процессоров представляют собой планарные массивы кубитов, в которых между собой связаны только ближайшие соседи. Модульный подход поэтому имеет решающее значение для их дальнейшего масштабирования. Система, разработанная в IBM, включает в себя встроенное устройство подавления ошибок, а также динамическую схему, объединяющую между собой до 142 кубитов, распределенных по двум 127-кубитным процессорам Eagle. При этом оба модуля соединяются обычной классической связью, которая позволяет выполнять логические операции на одном модуле в зависимости от результатов выполнения операций на другом.

В 2025 году, согласно своей дорожной карте, IBM планирует реализовать уже квантовый интерконнект, позволяющий запутывать кубиты, расположенные на различных модулях.

Источник: [Nature](#)

Самое большое в мире полностью запутанное состояние с 50 кубитами

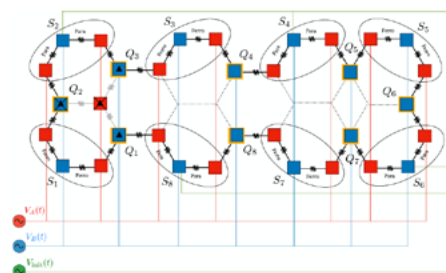


Новый рекорд американского стартапа Quantinuum более чем в два раза превышает достижение Atom Computing и Microsoft, продемонстрированное месяцем ранее. Точность состояния с 50 полностью запутанными кубитами (GHZ-состояние) в ионном процессоре H2-1 превысило 98%.

Также на прошедшей в декабре конференции Q2B Quantinuum рассказал о создании ПО для простой интеграции методов коррекции ошибок и поделился планами по дальнейшему масштабированию своей квантовой ионной архитектуры.

Источник: [Quantinuum](#)

Масштабируемая архитектура квантового процессора предложена в Италии

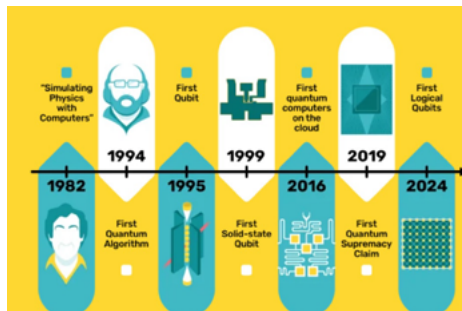


С ростом числа кубитов увеличивается и число управляющих линий, количество которых в больших процессорах может достигать миллиона. Помимо технической сложности, это приводит и к росту взаимных перекрестных помех и, как результат, к снижению точности вычислений.

Итальянской компанией Planckian (спинофф Университета Пизы) разработана концептуальная архитектура «конвейерная лента», в которой кубиты объединяются в кластеры с общими управляющими линиями. Это существенно упрощает конструкцию процессора и позволяет производить за один цикл сложные многокубитные операции. Подобная конвейерная архитектура может быть реализована также на атомной и спиновой платформах.

Источник: [Arxiv](#)

Alice&Bob представил дорожную карту разработки процессора с «кошачьими» кубитами

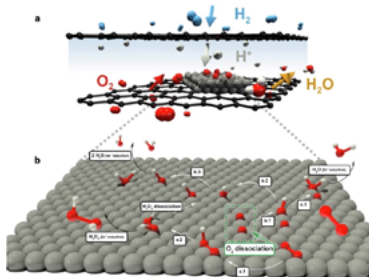


Французский стартап разрабатывает фотонные «кошачьи» кубиты, устойчивые к ошибке переворота бита. Ошибка фазы при этом корректируется простыми одномерными LDPC кодами.

В 2024 компания продемонстрировала первый такой кубит и готовится показать логический кубит с ошибкой 10^{-2} , собранный из 16 физических кубитов. В дальнейших планах Alice & Bob создание логических гейтов, а затем и 4- и 5-кубитных логических процессоров с ошибками менее 10^{-3} и 10^{-4} , соответственно. А к 2030 году целью компании является выпуск 100-кубитного логического процессора с ошибкой менее 10^{-6} на основе 2000 «кошачьих» кубитов.

Источник: [Alice & Bob](#)

Quantinuum применил процессор H1 для моделирования платиновых катализаторов

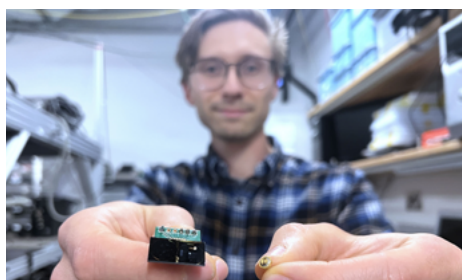


Водородные топливные элементы являются экологически чистым источником тока для электротранспорта. Одним из факторов, ограничивающих их производительность, является низкая эффективность реакции разложения кислорода на платиновом катализаторе. При этом сложность этой реакции, а также наличие сильно коррелированных состояний делают невозможным ее моделирование на классическом компьютере.

Исследователи из Quantinuum впервые смогли описать эту реакцию с помощью гибридного метода с использованием вариационного алгоритма VQE и 32-кубитного ионного процессора H1, продемонстрировав таким образом потенциал квантовых вычислений для понимания сложного процесса катализа.

Источник: [Nature](#)

Миниатюрные лазеры для квантовых сенсоров и кубитов



Компактный перестраиваемый лазер, созданный в Калифорнийском университете в Санта-Барбаре, состоит из лазерного диода Фабри-Перо и дополнительного высокодобротного резонатора на основе нитрида кремния. Система легко интегрируется на чипе и обеспечивает высокие характеристики точности и стабильности, сравнимые с характеристиками дорогих настольных лазеров. Длина волны лазера составляет 780 нм, что позволяет использовать его в компактных квантовых сенсорах и метрологических приборах на основе атомов рубидия: атомных часах, гравиметрах и магнетометрах с оптической накачкой. Однако принцип, заложенный в систему, позволяет изготавливать прецизионные лазеры и на других длинах волн.

Источник: [Scientific Reports](#)

Quantum.Tech Qatar



Ежегодная международная научно-практическая конференция по всем направлениям квантовых технологий с участием ведущих мировых учёных и представителей бизнеса.

Даты: **13–15 января**

Страна: **Катар (Доха)**

Формат: **очный**

Web: <https://www.alphaevents.com/events-quantumtechqatar>

SPIE Quantum West



Квантовая конференция в рамках крупнейшего мирового форума SPI Photonics West. Помимо традиционных областей (квантовые вычисления, коммуникации и сенсоры) впервые включает новое направление — квантовая биология.

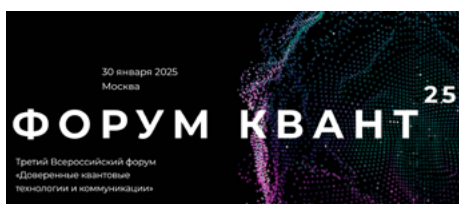
Даты: **25–30 января**

Страна: **США (Сан Франциско)**

Формат: **очный**

Web: <https://spie.org/conferences-and-exhibitions/photonics-west/program/conferences/quantum-west>

Форум Квант-25



Целью третьего Всероссийского форума «Доверенные квантовые технологии и коммуникации» является создание полноценного диалога между всеми участниками формирующегося рынка квантовых технологий в России. В программе форума — презентация результатов выполнения дорожных карт развития высокотехнологичных областей квантовые вычисления и квантовые коммуникации, обсуждение отраслевых приложений квантовых технологий и вопросов подготовки кадров.

Даты: **30 января**

Страна: **Россия (Москва)**

Формат: **очный**

Web: <https://vipforum.ru/kvant2025>

Форум будущих технологий



Форум будущих технологий — дискуссионная площадка, посвященная развитию в России наукоемких технологий, на которой ведущие эксперты, ученые, представители бизнеса и органов государственной власти говорят про передовые научные разработки и продуктивные решения на их основе. Оператором Форума является Фонд Росконгресс, а соорганизаторами — крупнейшие российские корпорации.

Темой Форума в 2025 г. стали новые материалы и химия.

Даты: **20–21 февраля**

Страна: **Россия (Москва)**

Формат: **очный**

Web: <https://future-forum.tech/>