

ФИНТЕХ

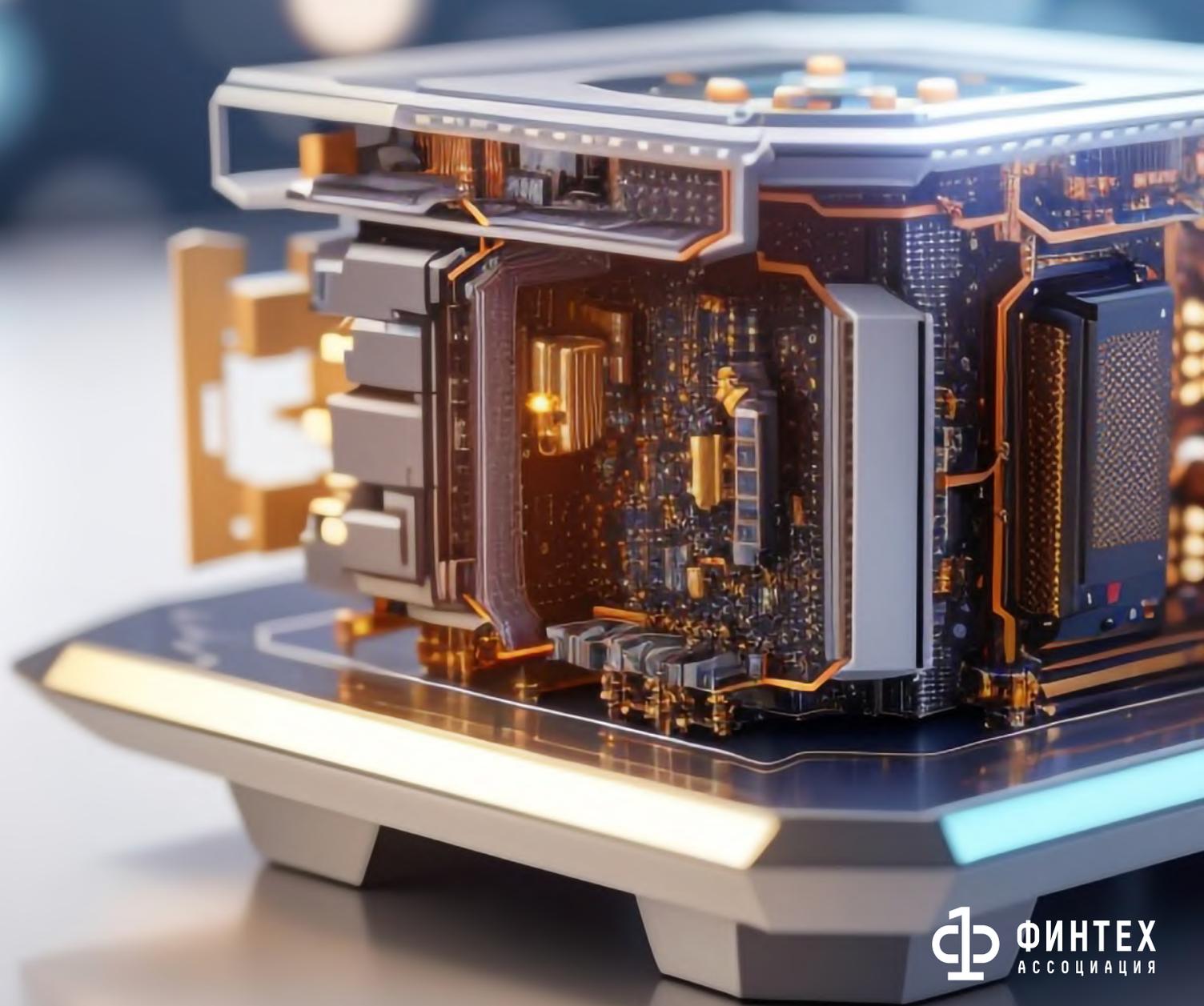
— РАДАР

07

№7 СЕНТЯБРЬ 2024

ТЕХНОЛОГИЯ МЕСЯЦА -

Квантовые вычисления



Квантовые вычисления — самое загадочное и динамично-развивающееся из всех направлений квантовых технологий.

Разбираемся вместе, как использовать квантовые алгоритмы для решения задач российской финансовой отрасли.

Материал подготовлен совместно с Российским квантовым центром (ООО «МЦКТ») и компанией «КуБорд» (ООО «ОКТ»)



Ассоциация ФинТех основана в конце 2016 г. по инициативе Банка России и ключевых участников отечественного финансового рынка. Это уникальная аналитическая площадка для конструктивного диалога регулятора с представителями бизнеса. Здесь формируется экспертная оценка инновационных технологий с учетом международного опыта, а также разрабатываются концепции финансовых технологий и подходы к их внедрению.

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ: ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО?



МАРИАННА ДАНИЛИНА

Руководитель управления стратегии, исследований и аналитики **Ассоциации ФинТех**

Каждый год появляются новые технологические тренды, но не все из них попадают на радары компаний и находят свое применение. Основная задача Финтех-Радара Ассоциации ФинТех состоит в том, чтобы отслеживать ключевые технологические тенденции, которые влияют на трансформацию компаний финансового рынка. Для каждого выпуска отбирается технологический тренд, который в течение последних нескольких месяцев на момент составления Радара был наиболее актуальным. Этот выпуск посвящен квантовым вычислениям. До сих пор квантовые технологии и вычисления вызывают одновременный интерес и любопытство. В этом выпуске Финтех-Радара мы попытаемся разобраться, что такое квантовые вычисления и какую роль они играют для финансового рынка.



АЛЕКСЕЙ ФЕДОРОВ

Руководитель научной группы «Квантовые информационные технологии» **Российского квантового центра**

Квантовые вычисления – это направление, способное очень значительно поменять мир, в котором мы живем. «Невозможные» задачи станут разрешимыми, что откроет для бизнеса принципиально новые горизонты. Для финансовой отрасли квантовые вычисления могут быть полезны в решении оптимизационных задач, а также при моделировании сложных финансовых процессов и в синергии с технологиями искусственного интеллекта. Не менее важно финтеху оставаться в контексте развития квантовых технологий и в связи с вопросами кибербезопасности, поскольку создание мощного квантового компьютера потребует перехода на новые криптографические решения. Предполагается, что уже в ближайшие годы мы увидим практические применения квантовых вычислений для решения прикладных задач, и можно ожидать, что финтех станет одним из пионеров.



АНТОН ГУГЛЯ

Руководитель по развитию бизнеса компании **Куборд**
ООО «Облачные квантовые технологии»

Многие международные финансовые институты уже включили технологии квантовых вычислений в свои стратегии цифровой трансформации. Финансовый сектор одним из первых начал пилотирование квантовых вычислений для решения задач финансовой и маркетинговой оптимизации, повышения эффективности моделей кредитного скоринга и языковых моделей, моделирования поведения финансовых рынков и многих других задач. Применение программных эмуляторов квантовых компьютеров и облачный доступ к ним позволяют финансовой отрасли уже сегодня апробировать новые вычислительные подходы.

По вопросам Финтех-Радара и с обратной связью, пожалуйста, обращайтесь к команде исследований и аналитики Ассоциации ФинТех

research.analytics@fintechru.org



РЕЗЮМЕ

01. Квантовые технологии представляют собой современные технологии, основанные на явлениях квантовой физики.

Одной из важнейших технологий, которая была вдохновлена квантовой механикой являются квантовые вычисления – возможность реализации новых классов вычислительных решений – квантовых компьютеров и их программных эмуляторов.

02. В основе квантовых вычислений лежат квантовые биты (кубиты), которые могут существовать в суперпозиции обоих состояний (0 и 1 одновременно).

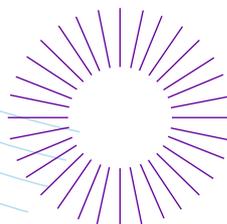
Это позволяет выполнять более сложные вычисления по сравнению с классическими компьютерами. Для квантовых компьютеров разрабатывают специальные квантовые алгоритмы, которые пишут на стандартных и специализированных языках программирования.

03. Компании различных отраслей: от финансового сектора до химической промышленности, активно тестируют алгоритмы квантовых вычислений в своей деятельности.

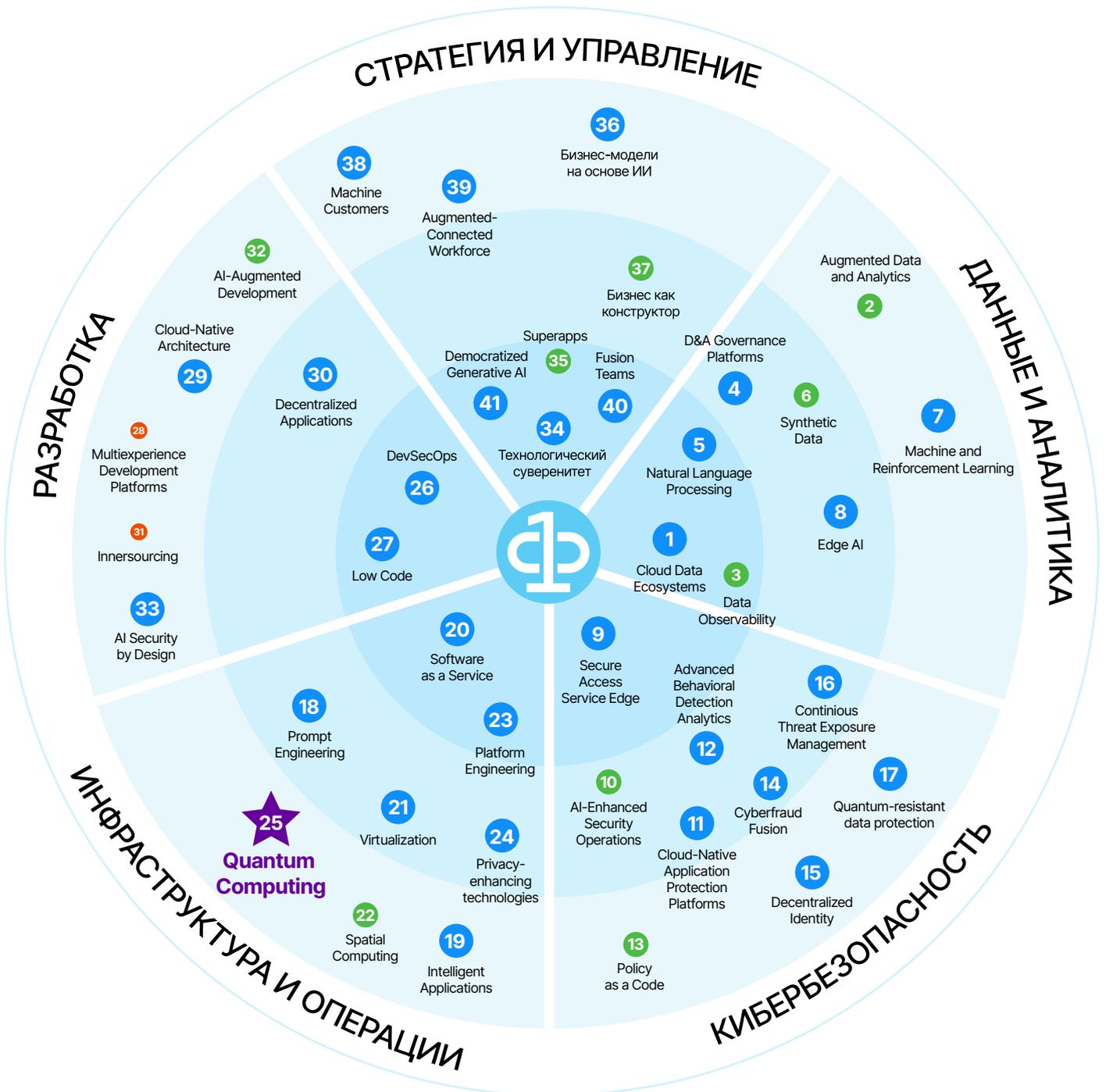
Преимущественно решаются оптимизационные задачи, задачи обработки больших данных и искусственного интеллекта, моделирования поведения сложных систем.

04. В России квантовые вычисления отнесены к ключевым технологическим направлениям, необходимость развития которых заложена в государственные программы.

В России уже созданы первые версии экспериментальных квантовых компьютеров, разработаны их «цифровые двойники» – программные эмуляторы квантовых компьютеров и реализованы облачные интерфейсы доступа к ним.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАДАР 2024 ГОДА



Квантовые вычисления – самое активно изучаемое направление из всех квантовых технологий. Новые материалы для автомобилей и самолетов, лекарства от ранее неизлечимых болезней, мгновенная оптимизация сотен различных параметров – всё это ожидают от квантового компьютера уже в ближайшее десятилетие.

Горизонт адаптации*:

- 3-6 лет
- 1-3 года
- Сейчас (до 1 года)

Степень влияния:

- Высокая
- Средняя
- Низкая

Технология выпуска:

- Quantum Computing

* Для российского рынка горизонт адаптации трендов может увеличиваться на 1-3 года

Что такое квантовые вычисления?

Квантовые компьютеры смогут выполнять множество вычислений параллельно

ОПИСАНИЕ

За счет использования новых алгоритмов и оборудования на основе квантовой физики, квантовые вычисления позволяют проводить более мощные вычисления, чем классические компьютеры.

Квантовые вычисления отнесены в России к сквозным технологиям в нацпроекте «**Экономика данных**», развиваются госкорпорацией в качестве координатора в рамках «**Дорожной карты**» **развития высокотехнологичной области «Квантовые вычисления**», а также индустриальными компаниями и стартапами*.

В России уже созданы первые версии экспериментальных квантовых компьютеров, разработаны их «цифровые двойники» – программные эмуляторы квантовых компьютеров и реализованы облачные интерфейсы доступа.

До сих пор квантовые технологии и вычисления вызывают неподдельный интерес у участников рынка. **В этом выпуске «Финтех-Радара» мы попытаемся разобраться, что такое квантовые вычисления и какую роль они играют для финансового рынка.**

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ?

Основой квантовых технологий является квантовая механика как раздел квантовой физики. Квантовая механика опирается на три основных принципа:

1. **Корпускулярно-волновой дуализм**, когда частицы проявляют себя **и как частицы, и как волны**.
2. **Суперпозиция**, когда квантовые системы (модели из нескольких квантовых состояний, описываемые уравнениями квантовой механики) могут существовать **в нескольких состояниях одновременно**, приобретая точное значение только во время «измерения».
3. **Квантовая запутанность**, когда частицы **связаны между собой**, влияя на состояние друг друга независимо от расстояния.



ЧТО ДАЮТ КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ?

Могут ускорить вычисления

Решают задачи:

- искусственного интеллекта;
- моделирования;
- оптимизации.

Смогут взломать традиционную криптографию

Информация, защищенная традиционной криптографией уже сейчас может быть взломана: злоумышленник сможет реализовать атаку «сохранение данных сейчас – взлом потом» («квантовая угроза»)

Большинство используемых сегодня алгоритмов шифрования – неустойчивы к квантовой угрозе. К 2026 году могут быть реализованы средства для осуществления эффективных квантовых атак.

Научная справка:

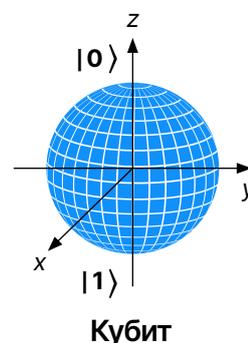
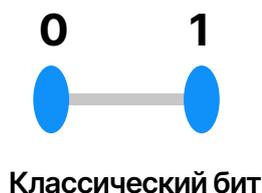
Основным уравнением квантовой механики является волновое уравнение Шредингера, которое по сути описывает эволюцию квантовой системы во времени при определенных начальных условиях и ограничениях на основе волновой функции. Волновая функция, входящая в уравнение Шредингера, дает распределение вероятности состояния квантовой системы в определенный момент времени.

Для моделирования состояния квантовой частицы с помощью волновой функции используют и другие инструменты, в частности, интегралы по траекториям, изобретенные Р. Фейнманом. Этот инструмент позволяет моделировать различные пути изменения состояния частицы между двумя точками.

Одной из важнейших технологий, которая была вдохновлена квантовой механикой, являются **квантовые вычисления**, с помощью которых реализуются квантовые алгоритмы, в т.ч. в области финансов.

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ?

В то время, как классические компьютеры используют классические биты (0 и 1), квантовые компьютеры используют квантовые биты (кубиты), которые могут существовать в суперпозиции обоих состояний и это позволяет выполнять более сложные вычисления.



Для квантовых компьютеров разрабатывают специальные квантовые алгоритмы, которые пишут на стандартных и специализированных языках программирования.

Существует два основных типа квантовых алгоритмов:

- 1. Квантовый отжиг** – модель нахождения глобального минимума заданной целевой функции с использованием квантовых флуктуаций.
- 2. Квантовые цепочки** – модель квантовых вычислений, в которых вычисление представляет собой последовательность инициализации кубитов, реализации квантовых вентилях и измерителей.

Формирование исходных данных и дальнейшая интерпретация результатов после измерения требует дополнительных процедур обработки данных.



В 2023 году в рамках дорожной карты развития высокотехнологичной области «Квантовые вычисления», реализацию которой ГК «Росатом» координирует по соглашению с Правительством России, были созданы 20-кубитный квантовый компьютер на основе ионов в ловушках и 25-кубитный квантовый компьютер на основе нейтральных атомов*.

Активно проводятся разработки в данной области в исследовательских институтах:

- Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского (ННГУ),
- Московский институт стали и сплавов (МИСиС),
- Московский физико-технический институт (МФТИ),
- Сколтех и другие.

Работа демонстрирует не только нашу способность показывать новые результаты на мировом уровне, но обещает и значительный прогресс в практическом применении квантовых технологий, так как мы всегда стремимся тестировать наши устройства на реальных задачах.

Заведующий лабораторией искусственных квантовых систем МФТИ
Олег Астафьев

ДОСТИЖЕНИЯ РОССИИ В ОБЛАСТИ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ – ОДНОЙ ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОГО СУВЕРЕНИТЕТА



РИА

Утверждена дорожная карта Росатома по квантовым вычислениям



Президиум правительственной комиссии по цифровому развитию утвердил дорожную карту развития квантовых вычислений, разработанную госкорпорацией «Росатом» в рамках федерального проекта «Цифровые технологии». Документ включает в себя бюджет и финансово-экономическое обоснование, а также фокусируется на решении исследовательских и инженерных задач в области квантовых вычислений и формировании экосистемы для развития этого направления. Целью карты является создание отечественного 100-кубитного квантового компьютера.

Дата: 5 августа 2020 г.



ТАСС

Создан первый 16-кубитный квантовый компьютер в России и облачный интерфейс к нему



Президиум правительственной комиссии по цифровому развитию утвердил дорожную карту развития квантовых вычислений, разработанную госкорпорацией «Росатом» в рамках федерального проекта «Цифровые технологии». Документ включает в себя бюджет и финансово-экономическое обоснование, а также фокусируется на решении исследовательских и инженерных задач в области квантовых вычислений и формировании экосистемы для развития этого направления. Целью карты является создание отечественного 100-кубитного квантового компьютера.

Дата: 13 июля 2023 г.



МИНЦИФРЫ РОССИИ

Квантовые вычисления вошли в концепцию нового нацпроекта «Экономика данных»



Президент России Владимир Путин объявил о разработке национального проекта «Экономика данных» до 2030 года, цель которого – перевести экономику, социальную сферу и органы власти на принципы управления данными. Проект будет фокусироваться на сборе, передаче, хранении, безопасности и обработке данных, а также на стандартах работы с ними. Использование квантовых и фотонных технологий будет играть важную роль в достижении этих целей. Проект будет способствовать росту экономики и развитию социальной сферы, а также улучшит качество жизни граждан.

Дата: 13 июля 2023 г.

Вычислительная сложность

В квантовом алгоритме возможно взять суперпозицию всех квантовых состояний описываемой системы и распараллелить решение задачи, используя эффекты квантовой физики. За счет суперпозиции достигается преимущество квантовых алгоритмов по времени решения задачи. Вычислительная сложность, пропорциональная количеству единиц вычислительных операций, снижается по сравнению с вычислениями на классическом компьютере. Таким образом, возникает понятие **квантового превосходства**.

Впервые квантовое превосходство над классическими компьютерами было продемонстрировано группой ученых из компании Google в ноябре 2019 года. Второй раз квантовое превосходство смогли достичь физики из Китая в декабре 2020 года, решив задачу, на которую у классического компьютера ушло бы несколько миллионов лет.



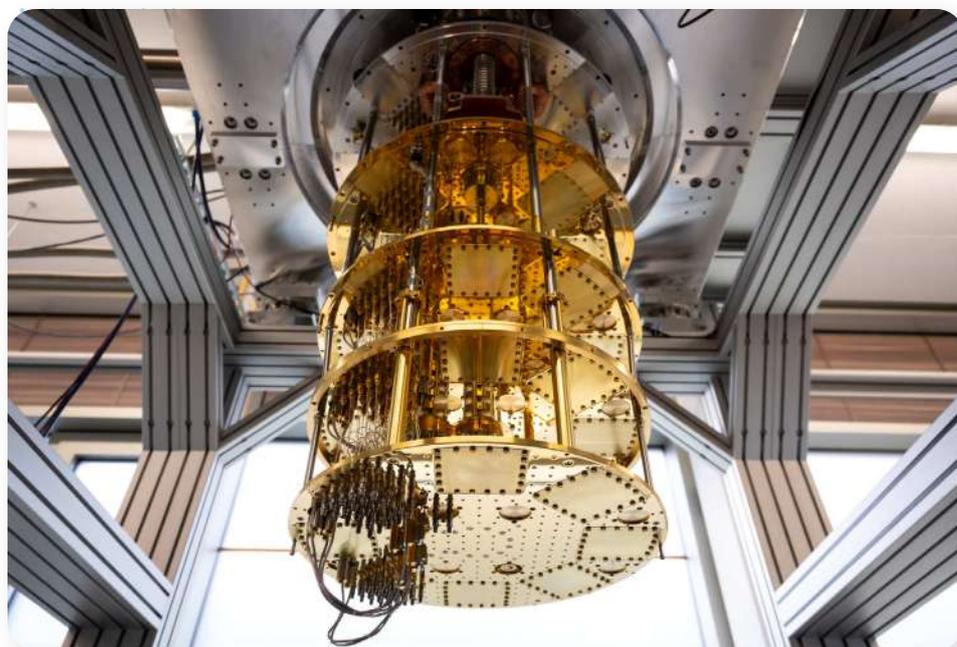
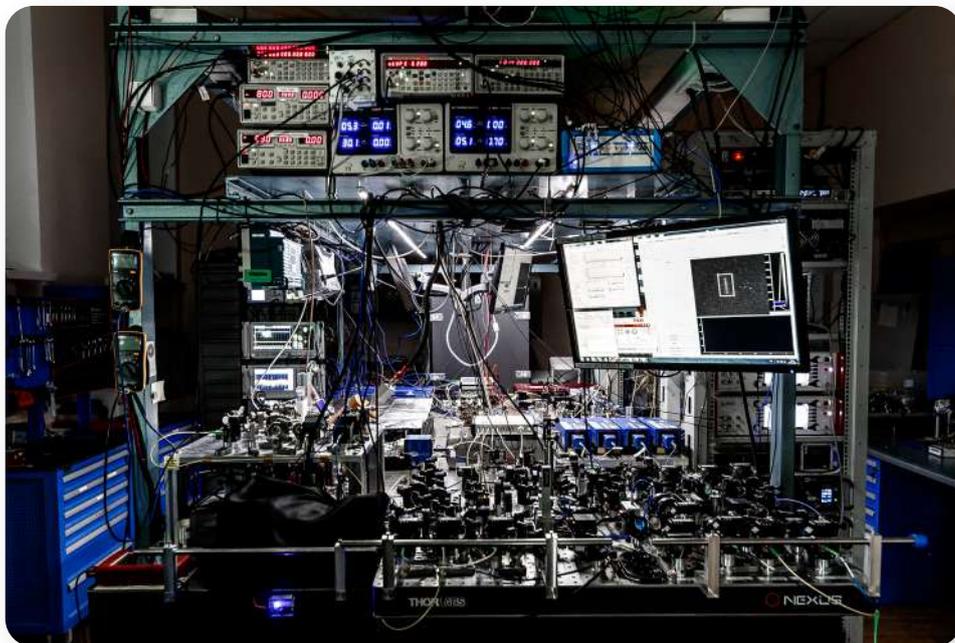
Sycamore – название квантового процессора Google, состоящего из 54 кубит. В 2019 году Sycamore выполнил за 200 секунд задание, на которое, согласно сведениям Nature, современному суперкомпьютеру нужно 10 тысяч лет.



Исследователи Китайского университета науки и технологий в Хэфэе сообщили, что их квантовый компьютер под названием **«Цзючжан» (Jiuzhang)** в 10 млрд раз быстрее, чем у Google. В основе устройства Sycamore, созданного Google, лежат чипы со сверхпроводниками, а в «Цзючжан» применены оптические схемы. Время вычисления результата для каждого эксперимента составило около 200 секунд.

Как выглядит квантовый компьютер?

Настоящий квантовый компьютер, созданный в России



Комплекс внутренних систем квантового компьютера



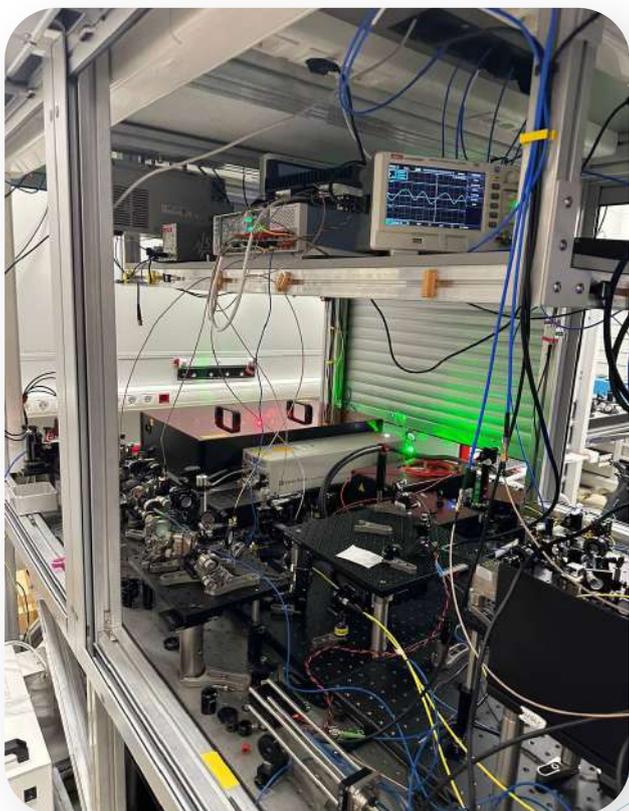
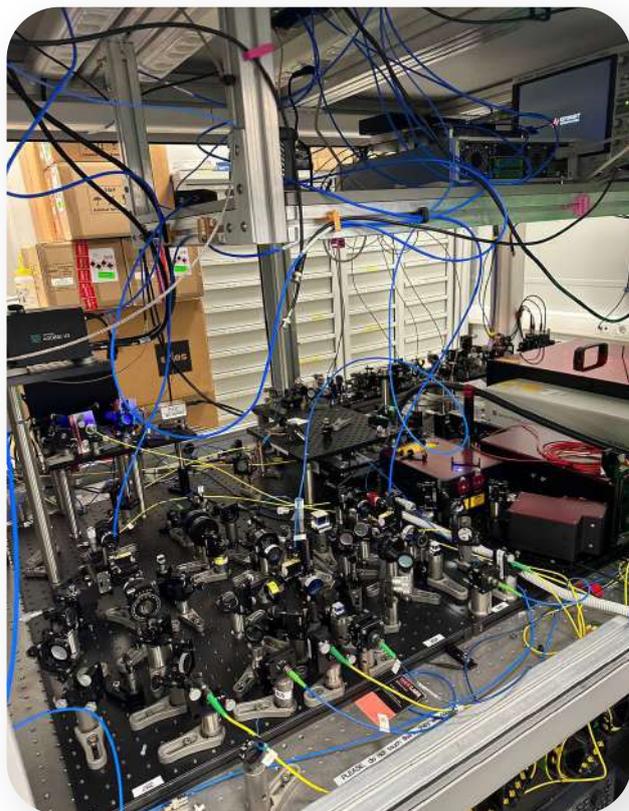
Наиболее высокий уровень готовности в России по разработке квантового компьютера на основе ионов в настоящее время демонстрирует коллектив **Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН)**. Уже созданы первые экспериментальные образцы квантовых компьютеров и облачные платформы доступа к ним*. Также, сооснователь Российского квантового центра, советник генерального директора госкорпорации «Росатом» Руслан Юнусов сообщил, что в рамках дорожной карты по квантовым вычислениям разработан 20-кубитный квантовый компьютер на ионной платформе**.



* По данным Физического института имени П.Н. Лебедева: lebedev.ru

** По данным РБК: rbc.ru

ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА



Технологии квантовых вычислений для решения задач финансовой отрасли

КАК КОМПАНИИ ИСПОЛЬЗУЮТ КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ?

Квантовые вычисления применяются в логистике, химии, физике, биологии, автомобильной, космической, авиационной отрасли, финансах, других областях.

Компании **апробируют и тестируют алгоритмы квантовых вычислений**, построенные на квантовых симуляторах или использующие непосредственно квантовые компьютеры в **бизнес-процессах обработки данных и принятия решений**.

ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ, В КОТОРЫХ РАБОТАЮТ КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ*

Отрасли экономики	Квантовые технологии			
	Квантовые вычисления	Квантовые коммуникации	Постквантовая криптография	Квантовые сенсоры
Фармацевтическая промышленность	✓			
Медицинская промышленность	✓		✓	✓
Авиа- и ракетостроение	✓	✓	✓	
Информационные технологии	✓	✓	✓	
Биохимия	✓		✓	
Автомобильная промышленность	✓	✓	✓	✓
Микроэлектроника	✓	✓	✓	✓
Энергетика	✓	✓		

Кейсы использования квантовых вычислений



Airbus применяет квантовые вычисления в решении дифференциальных уравнений для составления моделей цифровых двойников.



BASF прогнозирует химическую активность на основе моделирования квантовой химии.



Квантовый отжиг используется коллективами исследователей **Большого адронного коллайдера** для трэкинга частиц.



Компания **Volkswagen** решает задачу оптимизации использования автомобилей на транспортной сети.

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ ФИНАНСОВОЙ ОТРАСЛИ



Задачи искусственного интеллекта:

- Ускорение обучения языковых моделей
- Повышение точности моделей кредитного скоринга



Задачи моделирования:

- Поведение финансовых рынков
- Формирование признаков акций для дальнейшего использования в прогнозировании их стоимости
- Распределение вероятности цены опциона для оценки его стоимости на бирже



Задачи оптимизации:

- Маркетинговая оптимизация
- Логистическая оптимизация в обслуживании терминалов
- Формирование наиболее прибыльного инвестиционного портфеля по соотношению риск/доходность
- Оптимизация обменного курса



Квантовые и квантово-вдохновлённые вычисления активно пилотируются ведущими международными финансовыми организациями



J.P. Morgan использует технологию квантовых вычислений для прогнозирования стоимости финансовых активов.



Mastercard ведёт разработку квантово-гибридных приложений для оптимизации программы лояльности потребителей, оптимизации трансграничных расчетов и детектирования мошенничества.



Goldman Sachs с их помощью прогнозирует стоимость акций и осуществляет оптимальную балансировку инвестиционного портфеля.



Квантовые алгоритмы **Barclays** ускоряют взаиморасчеты на бирже между торговыми агентами.



Bank of Canada осуществляет моделирование поведения рынка в области принятия криптовалют в качестве платёжного средства.

В финансовую отрасль активно внедряются и другие квантовые и смежные технологии: квантовые коммуникации для распределения криптографических ключей, постквантовые алгоритмы защиты данных от атак настоящего и ближайшего будущего, технологии конфиденциальных вычислений.

Технологии, предназначенные для реализации квантовых вычислений, в ближайшем будущем станут ценными для организаций активами, а для злоумышленников – привлекательными целями, особенно в финансовом секторе. Важно понимать, каким киберугрозам компаниям придется противостоять и как специалисты в области ИБ смогут защищать системы квантовых вычислений.

10 самых крупных глобальных компаний из индустрии квантовых вычислений в мире в 2024 году

Компании					
Акции	NYSE: IBM	NASDAQ: AMZN	NASDAQ: MSFT	NASDAQ: INTC	NYSE: QBTS
Компании					
Акции	NASDAQ: RGTI	XETR: AXI	NYSE: IONQ	NASDAQ: GOOG	NASDAQ: BIDU

Глобальный рынок квантовых вычислений показывает стабильный рост с прогнозом роста от 1,3 млрд долларов в 2024 году до 5,3 млрд долларов, в 2029 показывая значительный совокупный среднегодовой темп роста (CAGR) – 32,7%.

Наиболее устойчивый рост показывает компания **Alphabet** – дочерняя компания Google:



График изменения стоимости акций компании Alphabet

В то же время, стоимость акций компании D-Wave показывает падение в 10 раз в 2023 году по сравнению с начальной стоимостью на IPO, что, вероятно, означает большой ажиотаж после выхода на рынок и дальнейшее разочарование инвесторов. Но за последние 3 года общая выручка компании ежегодно растет на порядка 20%. Остается распознать, когда будет значительный рост, будет ли он «квантовым» и как увеличение мощностей квантовых компьютеров компании будет влиять на ее стоимость.



График изменения стоимости акций компании D-Wave

ЧТО ПОЧИТАТЬ ПО ТЕМЕ?

DOI.ORG

Andreas Bayerstadler et al, Industry quantum computing applications, Quantum Technology and Application Consortium – QUTAC et al. EPJ Quantum Technology (2021) 8:25

Промышленное применение квантовых вычислений



POSITIVE TECHNOLOGIES

Компания Positive Technologies провела исследование безопасности квантовых технологий в сфере ИТ



РОСКОНГРЕСС

Квантовые технологии для государства и бизнеса: настоящее и будущее России



РОСКОНГРЕСС

Квантовые технологии для медицины. Новые подходы в вычислениях, защите данных и сенсорике



Компания Positive Technologies провела исследование безопасности квантовых технологий в сфере ИТ



Сферы применения квантовых вычислений в финансах:

- Оценка рисков,
- Расчет оптимальных инвестиций и кредитного скоринга,
- Оптимизация торговли и работы финансовых сервисов.

Среди ключевых выводов исследования:

~40% крупных компаний будут поддерживать инициативы и проводить пилотные проекты, связанные с квантовыми вычислениями к 2025 году*.

Финансовая отрасль технологична и одна из первых адаптирует прорывные технологии в свою деятельность для максимизации прибыли, снижения затрат и повышения эффективности.

~\$700 млрд может составить полезный эффект от внедрения квантовых вычислений для индустрии финансовых услуг к 2035 году**.

КЕЙС: ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В РОССИИ



Компания «КуБорд» разрабатывает квантовые алгоритмы для больших лингвистических моделей российских банков



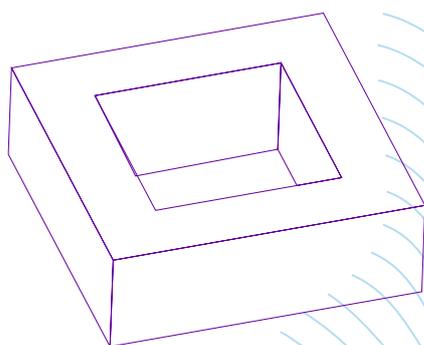
Решение задач по ускорению обучения с помощью квантовых алгоритмов больших языковых моделей является актуальной, востребованной и пока нерешенной задачей в мире. Действительно, дообучение моделей под нужды заказчика требует существенных ресурсов, а количество весовых параметров, которые требуется изменять, достигает миллиардов, что в настоящее время является сложной задачей для реализации с помощью квантовых вычислений из-за недоступности необходимого количества кубит. Предполагается, что использование квантовых алгоритмов повысит возможности российских банков, а решением первой исследовательской задачи – саммаризации текста на основе квантового отжига – станет первым шагом на пути полноценного использования квантовых вычислений в области обработки естественного языка для финансовых учреждений, например, оптимизации запросов к документам, классификации текстов.



Российский квантовый центр принял участие в разработке алгоритма оптимизации инвестиционного портфеля финансового учреждения

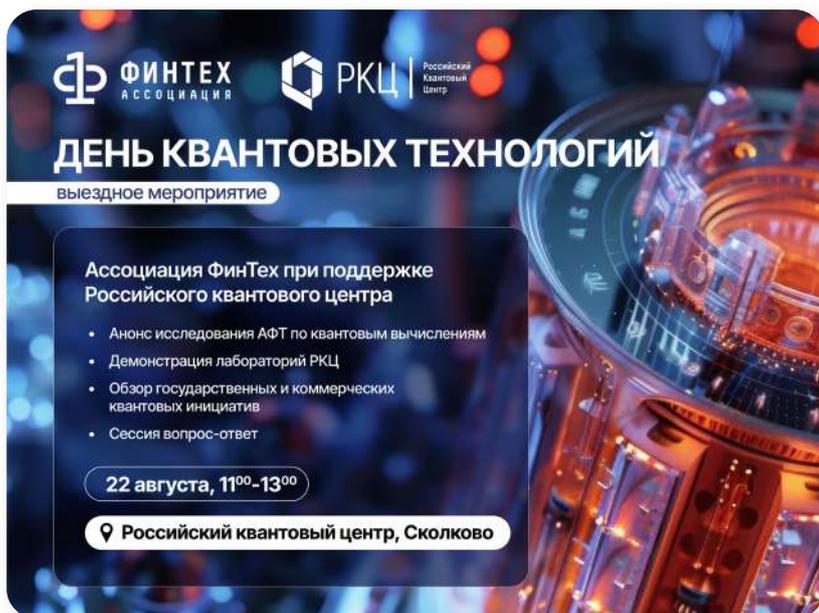


Портфельная теория Марковица подразумевает оптимизацию портфеля по показателям корреляционной матрицы, показателям доходности и риска. Реализация данного алгоритма с помощью квантового отжига позволила оценить коэффициент Шарпа, найти оптимальное решение по распределению активов в портфеле на основе бинарных переменных квантового отжига. Дальнейшие исследования лежат в области нового представления переменных, кластеризации акций, использования оконных функций.



Направления сотрудничества АФТ по квантовым и смежным технологиям

● Проведение совместных тематических мероприятий



● Технологическая песочница АФТ для пилотирования квантовых вычислений и квантово-устойчивой кибербезопасности



● Совместные аналитические исследования





ФИНТЕХ
— РАДАР
07

Исследования ПО КВАНТОВЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ

для финансовой отрасли



JONAS LANG, SEBASTIAN ZIELINSKI
AND SEBASTIAN FELD



**Стратегическая оптимизация инвестиционного портфеля
с помощью модельного, цифрового и квантового отжига**

Резюме:

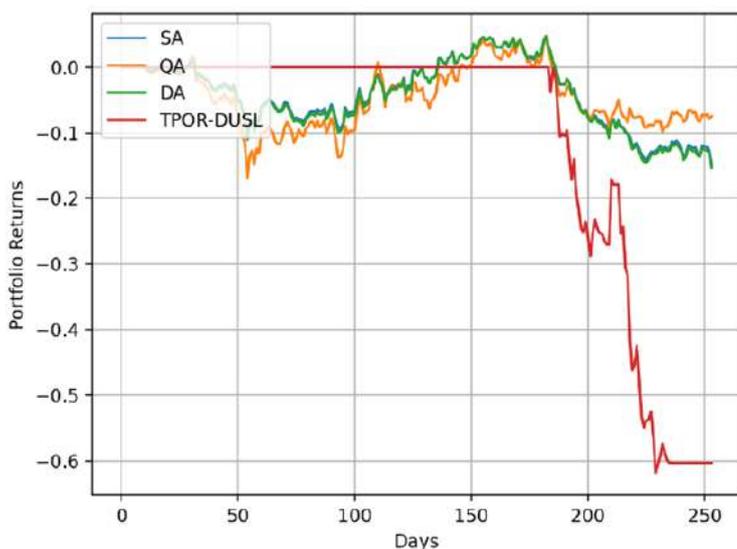
В работе представлен новый подход к решению задачи портфельной оптимизации на основе задачи имитации отжига. При этом использованы как классические, так и квантовые алгоритмы с использованием квантового компьютера компании D-Wave, а также цифровые модули имитации отжига (Fujitsu's Digital Annealing Unit).

В работе модель Марковица была модифицирована посредством предварительного поиска активов для инвестирования, в частности, использованы **оценки диверсификации портфеля**. Также была модифицирована процедура формулирования задачи квадратичной неограниченной бинарной оптимизации так, что инвестор может выбирать без ограничений количество активов для инвестирования и размещать произвольное количество средств в каждый актив. Алгоритм был протестирован на данных Нью-Йоркской биржи. На основе сравнения решений были максимизированы прибыль, минимизирован риск при определенном бюджете.

Для всех экспериментов были созданы 1000 рандомных портфелей и 10000 реализаций для каждой стратегии отжига, квантового отжига и цифрового отжига. Для всех графиков были оценены значения веса доходности θ_1 и риска θ_2 .

Предварительная обработка данных включала тестирование на всех торгуемых парах и стратегиях тренда были применены для диапазона 2015-2019 гг.

Ниже приведен график доходности различной реализации портфельной оптимизации.



Эффективность портфеля с весами доходности $\theta_1 = 1000$ и риска $\theta_2 = 1$ в 2020 году

Использование квантовых вычислений для оценки диверсификации инвестиционного портфеля показали свою эффективность и могут быть рассмотрены в качестве основы для портфельной оптимизации в российских финансовых учреждениях.



YONGCHENG DING ET AL

Прогнозирование финансового банкротства с помощью квантового отжига на D-Wave



Резюме:

Прогнозирование финансового кризиса в комплексной финансовой сети известна как NP-трудная задача. Это означает, что никакой известный алгоритм не может эффективно найти оптимальное решение. В публикации исследовался новый подход на основе квантового отжига с использованием квантового компьютера D-Wave для получения состояния финансового равновесия сети организаций.

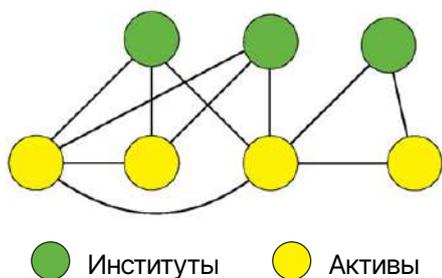
Задачи, к которым сводимы все задачи из класса NP. При этом не требуется, чтобы сама задача принадлежала классу NP, она может быть более сложной. NP - класс задач, решаемых за полиномиальное время на недетерминированной машине Тьюринга.

Проведено две симуляции:

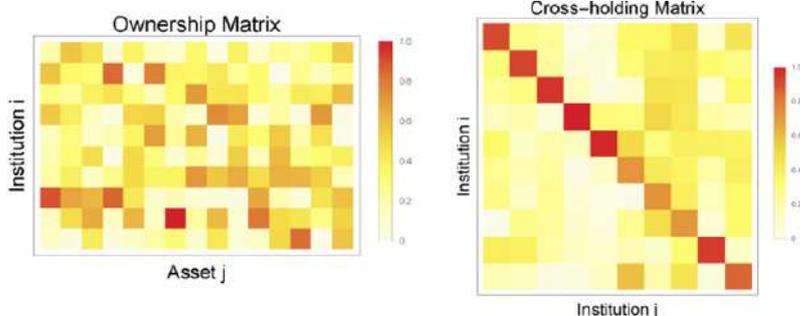
1. Финансовая сеть без сбоев в работе для решения на классическом компьютере для оценки работоспособности квантового аналога.
2. Финансовая сеть с изначально нелинейным риском сбоя. Вектор цен на активы в этой сети был изменен, чтобы вычислить новую равновесную конфигурацию, используя алгоритм квантового отжига.

Изначально была сгенерирована финансовая сеть из **10 организаций** и **15 активов**.

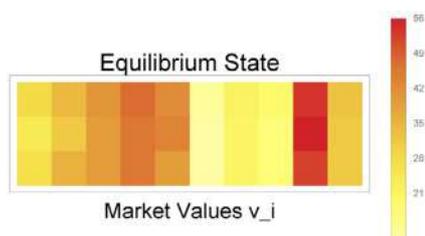
В результате потребовалось **70 логических кубитов** и **872 690 вспомогательных кубитов**, что приводит к матрице QUBO, состоящей из $872\,760 \times 872\,760$ элементов, хотя лишь малая часть из них, 4 446 575, отлична от нуля. Для хранения этой разреженной матрицы требуется около 6 ТБ оперативной памяти, поскольку каждый элемент имеет точность двойного значения с плавающей точкой.



Пример финансовой сети. Связи обозначают владение и кросс-холдинг



Матрица владения D. Элемент $D_{ik} \geq 0$ соответствует проценту активов k , которыми владеет компания i



Результаты моделирования. В первой строке показаны результаты при точном решении матричного уравнения, во второй строке – при использовании имитации отжига с помощью классического решателя tabu и в третьей строке – при использовании имитации квантового отжига с помощью решателя D-Wave 2000Q. Сравнивая индивидуальные равновесные значения, можно видеть, что квантовый отжиг обеспечивает соответствие точного решения.

Продемонстрирована сходимость результата по финансовому равновесию сетевой компании. В условиях высокой стохастичности современного рынка модель может быть использована для анализа устойчивости российских сетевых компаний при сохранении выигрыша вычислений во времени.



TOM EWEN

Ценообразование на европейские опционы колл с помощью квантового преобразования Фурье

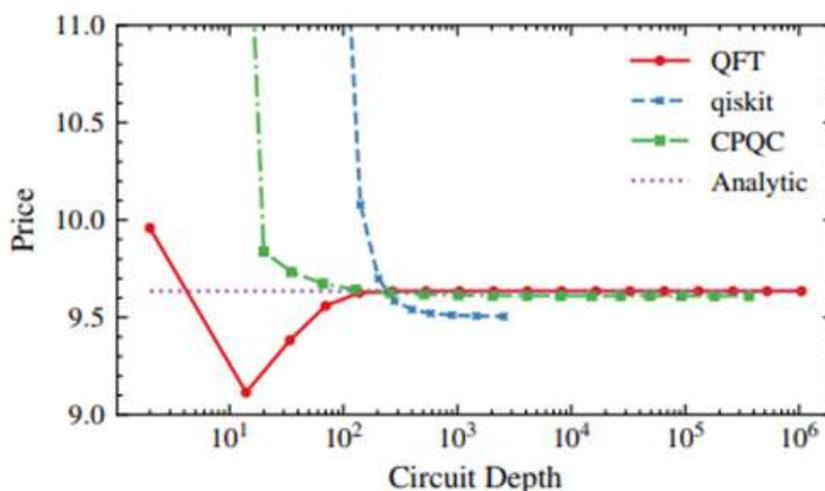


Резюме:

В исследовании представлен и проанализирован квантовый алгоритм для определения цены европейских опционов на покупку в широком спектре моделей активов. Этот метод преобразует классический подход, в котором используется **быстрое преобразование Фурье (БПФ)**, в квантовый.

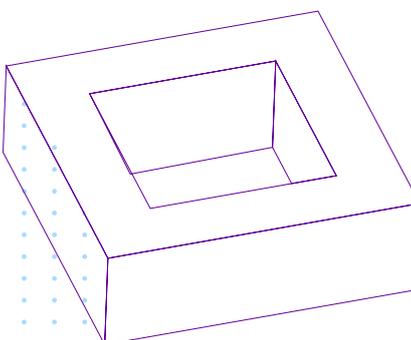
Целью работы является **вычисление справедливой цены Европейского опциона колл**. Справедливая цена определяется как ожидаемая выплата со скидкой в соответствии с критерием безрисковости по модели ценообразования опционов Блэка – Шоулза. Представлен новый подход к использованию квантовых компьютеров для определения цены опционов, который использует квантовое преобразование Фурье.

Для подготовки квантовых цепочек использовалось до 18 кубит. Квантовое преобразование Фурье позволяет ускорить вычисления по сравнению с классическим БПФ, которое частично компенсируется дорогостоящей подготовкой начального состояния. Дальнейшие исследования позволят выяснить, существует ли необходимая для этого нового подхода процедура, которая позволит более эффективно готовить начальное состояние кубитов.



Цена опциона в зависимости от глубины квантовой цепочки
(зависит от количества квантовых элементарных операций на цепочках)

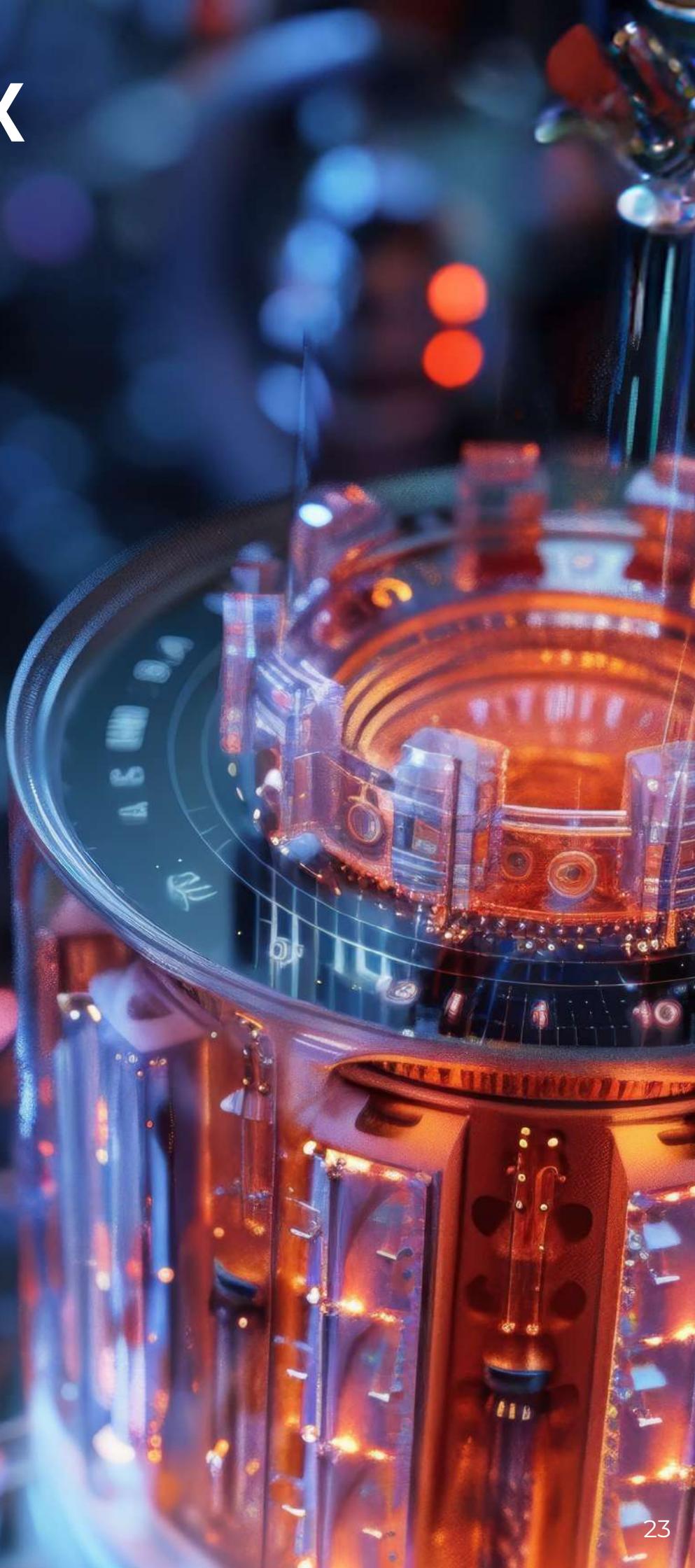
Квантовые вычисления могут быть использованы при ценообразовании для ценных бумаг, в частности при расчете цены опционов. Инструмент может быть использован для работы на Московской бирже и биржах дружественных стран в случае их допуска на торги (Индонезия, Бразилия).



ФИНТЕХ

— РАДАР

07



Новости по теме КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ



HIGHTECH

В Китае создали самый мощный ионный квантовый компьютер



Ученые из **Университета Цинхуа** в Китае создали самую мощную в мире систему квантовых вычислений на основе ионов. Исследователи используют системы с захваченными ионами – одномерный ионный кристалл, который связывает ионы в решетчатую структуру. Результаты исследования показывают возможность масштабирования ионных квантовых компьютеров в будущем.

Китайские ученые установили рекорд, добившись стабильного захвата и охлаждения двумерного кристалла с **512 ионами** и впервые выполнили измерения квантовых состояний с однокубитным разрешением для 300 ионов.



NATURE

Создан революционный чип для мощных квантовых компьютеров



Ученые Университета Мельбурна и Манчестера создали революционную технологию производства высокоочищенного кремния, которая приближает появление мощных квантовых компьютеров. Технология использует кубиты атомов фосфора, имплантированные в кристаллы чистого стабильного кремния, что делает возможным преодолеть критический барьер для квантовых вычислений за счет увеличения продолжительности квантовой когерентности.



NAUKA.TASS

В России создан квантовый чип, «который можно перепрограммировать на ходу»



Ученые Центра квантовых технологий физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (ЦКТ) изготовили один из самых больших в мире программируемых многоплечевых интерферометров (чипов) для квантовых вычислений по технологии фемтосекундной лазерной печати. Этот чип может быть программируемым, что делает его более гибким в сравнении с непрограммируемыми аналогами. Чип уже преодолел тестовые испытания в ЦКТ.





SBERBANK; NAUKA.TASS

Сбербанк займется исследованиями в области квантовых технологий



В Сбере достаточно потенциальных задач для собственной программы квантовых исследований, прежде всего, в финансах, рисках, обучении моделей ИИ. Аналитические данные свидетельствуют, что именно финансовая отрасль получит максимальный эффект от применения квантовых вычислений.

Сбер также объявил о запуске новой магистерской программы «Индустриальные квантовые технологии», разработанной совместно специалистами СберОбразования и НИТУ МИСИС и нацеленной на подготовку специалистов по квантовой инженерии и программированию.



GAZPROMBANK

Российский квантовый центр и Газпромбанк договорились о совместной работе по внедрению квантовых технологий



В рамках Петербургского международного экономического форума Газпромбанк, Газпром и Российский квантовый центр (РКЦ) заключили соглашение о сотрудничестве. Стороны договорились о взаимодействии в области решения задач технологического развития, пилотирования решений на базе квантовых технологий, а также совместной научно-исследовательской деятельности. В числе приоритетных направлений – решение логистических задач, диагностика объектов топливо-энергетического комплекса, а также защита ИТ-инфраструктуры.

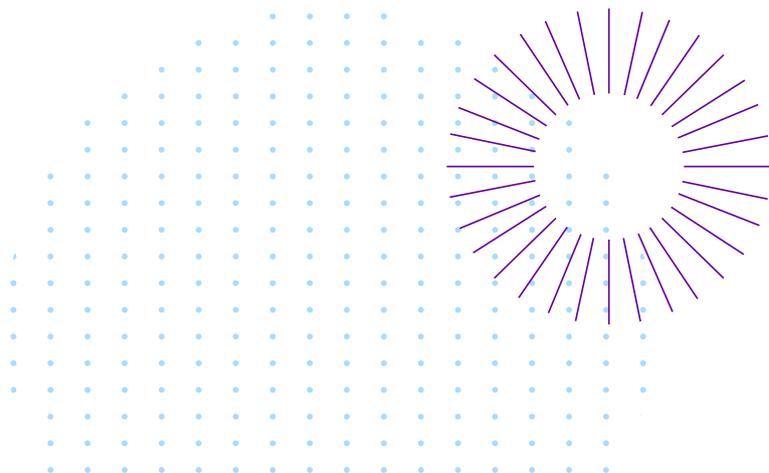


NAUKA.TASS

МГТУ им. Н.Э. Баумана запустит первое в России серийное производство сверхпроводниковых квантовых процессоров



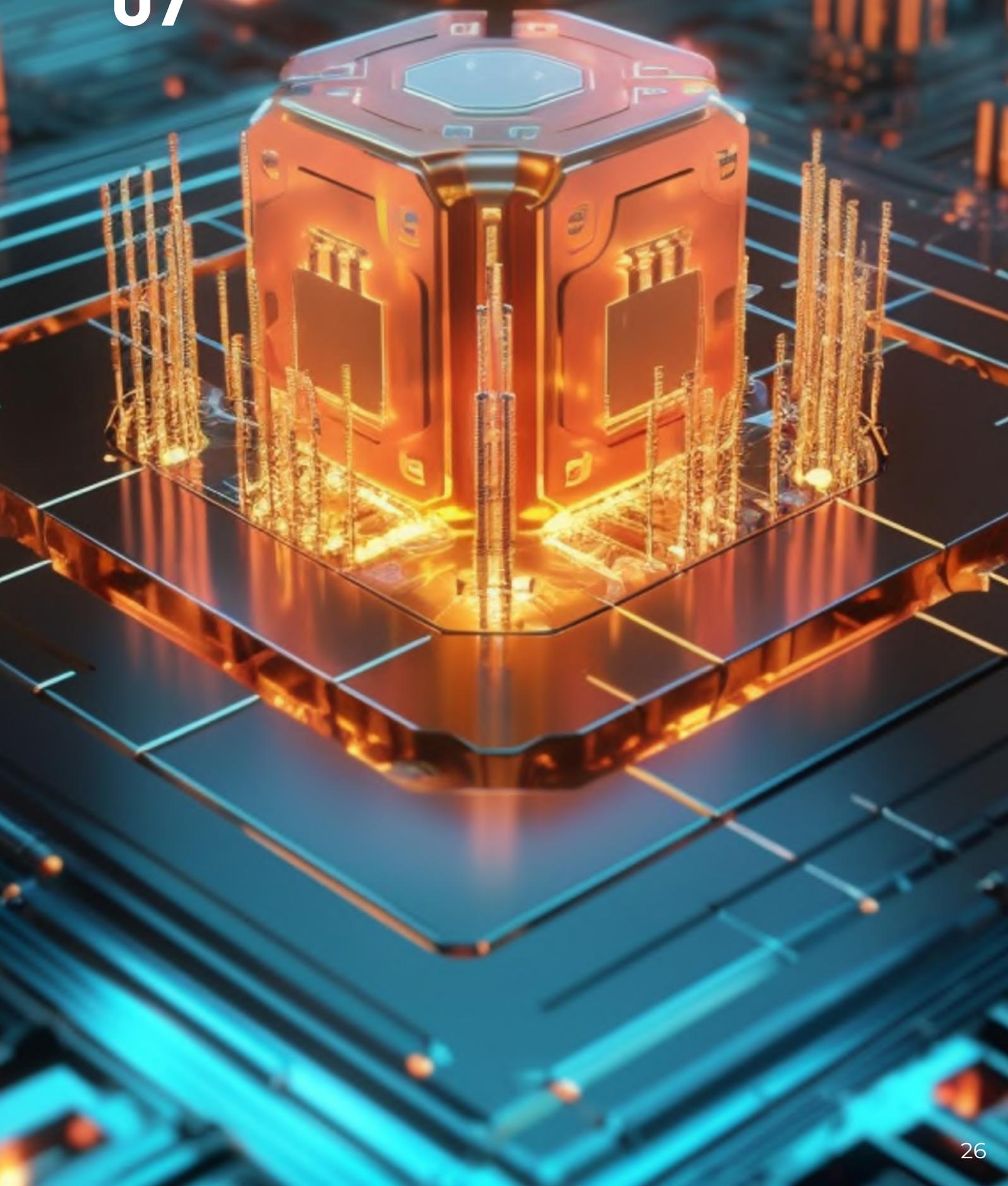
МГТУ им. Н.Э. Баумана и ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова» заявили о запуске первого в России контрактного производства сверхпроводниковых квантовых процессоров на 100-мм пластинах. Производство разместится в новом кампусе МГТУ и должно удовлетворить спрос со стороны основных заказчиков, в числе которых технологические компании и научные лаборатории. Одна из важнейших задач при постановке серийного техпроцесса заключалась в создании наноразмерных элементов сверхпроводниковых устройств — джозефсоновских переходов.



ФИНТЕХ

— РАДАР

07



НАД ИССЛЕДОВАНИЕМ РАБОТАЛИ

Исследования & аналитика АФТ



МАРИАННА ДАНИЛИНА

Руководитель Управления стратегии, исследований и аналитики АФТ

E: m.danilina@fintechru.org



АННА ЗАБАВИНА

Бизнес-аналитик АФТ

E: research.analytics@fintechru.org



МАРИЯ ЧЕРНЫШЕВА

Младший бизнес-аналитик АФТ

E: research.analytics@fintechru.org

При поддержке экспертов



АЛЕКСЕЙ ФЕДОРОВ

Руководитель научной группы
«Квантовые информационные технологии»
Российский квантовый центр



АНТОН ГУГЛЯ

Руководитель по развитию бизнеса Куборд
ООО «Облачные квантовые технологии»



АЛЕКСАНДР ТОВСТОЛИП

Руководитель управления информационной безопасности АФТ

Ассоциация ФинТех основана в конце 2016 г. по инициативе Банка России и ключевых участников отечественного финансового рынка. Это уникальная площадка для конструктивного диалога регулятора с представителями бизнеса.

Здесь формируется экспертная оценка инновационных технологий с учетом международного опыта, а также разрабатываются концепции финансовых технологий и подходы к их внедрению.

 **ФИНТЕХ**
АССОЦИАЦИЯ

TELEGRAM КАНАЛ



WWW.FINTECHRU.ORG

