ФИЛОСОФИЯ КВАНТА

НАТАЛЬЯ ЮГРИНОВА

Мир находится накануне нового «исчисления». Квантовые компьютеры позволят вычислительным устройствам делать свое дело на порядки быстрее — и, соответственно, так же быстро изменять облик реальности.

Сразу две крупные научные лаборатории пообещали представить общественности первые мощные квантовые компьютеры до конца 2017 года. Одна из них принадлежит Google, вторую возглавляет профессор Гарварда, российско-американский физик Михаил Лукин. Этим летом он подтвердил, что машина, построенная его командой, успешно прошла первые испытания. Значит ли это, что квантовое будущее наступило? Пока еще нет. Однако момент, когда технологии квантовых вычислений изменят мир и откроют новые перспективы бизнесу, становится все ближе.

Строго говоря, первый «прототип» квантовой техники уже существует. Квантовый компьютер (D-Wave 2000Q), построенный канадской компанией D-Wave, выглядит как нечто среднее между загадочными монолитами из «Космической одиссеи 2001 года» Стэнли Кубрика и бытовым холодильником. Это черный шкаф трехметровой высоты, внутри которого и вправду не жарко. Бóльшую часть устройства занимает система охлаждения на жидком гелии: она поддерживает в машине температуру, близкую к абсолютному нулю (-273° С), — в 180 раз ниже, чем в открытом космосе. Такой режим необходим, чтобы в «мозге» компьютера — небольшом чипе размером с ноготь, выполненном из цветного металла под названием ниобий, — в условиях вакуума возникали сверхпроводниковые свойства. Чип компьютера, который правильнее именовать «квантовым процессорным устройством», вмещает 2 048 кубитов (квантовых битов — элементов хранения информации в квантовых компьютерах). Это в 73 раза больше, чем мощность первого процессора компании D-Wave на 28 кубитов, представленного в 2007 году. Новейшая модель D-Wave 2000Q поступила в продажу в начале 2017-го и уже обрела первого владельца. Устройство за $15 млн купила компания Temporal Defense Systems, занятая в области кибербезопасности. Вскоре D-Wave обещает открыть доступ по подписке к мощностям компьютера тем клиентам, для кого цена машины слишком кусается.

МИР ПОСЛЕ МУРА

Канадский стартап D-Wave — один из пионеров на совершенно новом рынке квантовых вычислительных устройств. По оценкам Homeland Security Research Corporation, к 2024 году его объем может составить $10,7 млрд (правда, по сравнению с рынком полупроводников, который к тому времени вырастет до $600 млрд, это мизер). Разработки обычно ведутся в сильнейших университетах мира, а спонсируют их… практически все: правительства, военные, корпорации вроде Hewlett-Packard, Microsoft, IBM и Google. Область квантовых вычислений пока еще окутана туманом, так что исследователи довольно осторожно высказываются насчет ее будущего. «Во многих случаях мы не можем доподлинно сказать, окажутся ли квантовые алгоритмы быстрее традиционных», — считает специалист по компьютерным наукам Скотт Аронсон из Массачусетского технологического института. А ректор Университета Иннополис Александр Тормасов писал в своей колонке для «Известий»: «Вливание средств на текущем этапе развития квантовых компьютеров — почти чистая филантропия».

По объему финансирования НИОКР в области квантовых технологий лидируют США, Китай, Великобритания и Япония. Еврокомиссия в прошлом году заявила, что вложит в эту отрасль в ближайшее время больше миллиарда евро. Небольшая квантовая программа есть и у нас. По крайней мере, работает Российский квантовый центр, а в рамках Национальной технологической инициативы к 2035 году в стране, согласно планам Агентства стратегических инициатив, будет создана «инфраструктура



квантовых коммуникаций для обеспечения абсолютно безопасной связи». Зачем участие в квантовой гонке правительствам и военным, в принципе, ясно. Но почему ИТ-гиганты направляют миллиарды в развитие квантовых вычислительных устройств?

Все просто: они боятся зайти в тупик, используя традиционные средства и технологии. Последние полвека компьютерная индустрия развивалась в соответствии с законом Мура: каждые два года количество транзисторов на кристаллах интегральной схемы удваивается, наращивая производительность компьютеров. Микроэлементы становятся все крошечнее, а их производство — все ювелирнее. Однако в последние годы удвоение замедлилось, при том что добиться его становится все сложнее. И эта гонка подходит к своему логическому концу. Ведь невозможно сделать транзисторы размером меньше атома.

Значит, резерв производительности надо искать не в простом наращивании количества транзисторов, а в чем-то другом. Такую альтернативу и предлагают квантовые вычислительные устройства.

ПЕРЕКВАНТОВАТЬСЯ

Время массового производства и использования квантовых компьютеров еще не пришло. Стартап D-Wave с его громким маркетингом — скорее первая рыба в этом «голубом океане» возможностей. И сразу — особь редкая, как акула-альбинос: бизнес D-Wave ведет во всех смыслах необычный, а ее рыночные перспективы до сих пор остаются под вопросом. Основатель компании Джорди Роуз загорелся идеей квантовых вычислений в 1998 году, когда писал докторскую диссертацию. В Университете Британской Колумбии он познакомился с русским физиком Александром Загоскиным. Ученых объединили две страсти — квантовая физика и боевые единоборства. Роуз был чемпионом мира по рестлингу и джиу-джитсу, Загоскин имел коричневый пояс по карате. Третий сооснователь, венчурист Хейг Феррис, преподавал в том же университете курс по инвестициям; он занялся превращением идей неординарного дуэта в бизнес. Сегодня среди инвесторов D-Wave значатся президент Amazon Джефф Безос, Goldman Sachs Group и венчурное подразделение ЦРУ Q-Tel. А в число ее клиентов входят американская оборонная компания Lockheed Martin и NASA.

Погодите-ка, скажет внимательный читатель. Если D-Wave уже успешно продает мощные квантовые компьютеры, над какими тогда «первыми» машинами работают ученые? Здесь требуется пара оговорок. Во-первых, до недавнего времени канадскую компанию не воспринимали всерьез в научной среде — и даже не считали ее компьютеры «по-настоящему квантовыми», то есть использующими явления квантового мира. Споры разрешились в 2015 году, когда Google провела тесты на машине и убедилась, что та использует алгоритмы «квантового отжига» (так называют один из методов для решения сложных задач). Оказалось, что квантовый D-Wave 2X (предшественник 2000Q) может решить поставленную задачу в сто миллионов раз быстрее обычного компьютера. Вот только решал он одну-единственную узкоспециализированную задачу — по оптимизации поиска. А сравнивали его результаты с вычислениями обычного компьютера, который использовал не самый простой из возможных алгоритмов с той же целью. Получив задачу с другими параметрами, традиционный компьютер без труда победил квантовый.

У D-Wave 2000Q назначение тоже очень специфическое. Как и 2X, по своему типу это так называемый адиабатический компьютер (использующий один из подходов к построению квантовых вычислений), который так же работает на принципах квантового отжига. На нем нельзя запускать уже специально придуманные под квантовые компьютеры математические алгоритмы — такие, например, как алгоритм Гровера для решения задачи перебора и алгоритм Шора, позволяющий раскладывать число на простые множители (эти алгоритмы позволяют снижать количество ошибок в работе компьютера и повышать точность

БИТ В КУБЕ

В традиционных компьютерах информация закодирована в битах, которые могут находиться только в одном из двух состояний — «включен» или «выключен»; если записывать на языке математики — 1 или 0. Поскольку микропроцессоры состоят из материалов вроде меди и кремния, они подчиняются законам физики. В квантовых компьютерах информация «хранится» в фотонах или электронах, которые могут существовать в двух состояниях одновременно — и 1, и 0. Это свойство называется «суперпозицией» и является главным преимуществом кубита перед битом. Если добавить один бит к памяти традиционного компьютера, это удвоит количество чисел, которые тот может обработать. Если же добавить один кубит к памяти квантового компьютера, его вычислительная мощность вырастет экспоненциально. В теории квантовые компьютеры смогут решать с высокой производительностью и невероятной скоростью те задачи, которые не под силу не только обычным устройствам, но также самым мощным в мире суперкомпьютерам. Например, моделирование работы серотониновой молекулы можно поручить 424-кубитовому компьютеру. Традиционный же не в силах решить подобную задачу — хотя бы потому, что необходимого количества кремния не найдется во всей Вселенной.

его ответов). Адиабатический компьютер не умеет справляться с такими алгоритмами, зато решает некоторые задачи квантовой нормализации. Они возникают в области машинного обучения, информационной безопасности, финансового моделирования, здравоохранения, медицины и связаны в основном с поиском статистических аномалий в массивах данных и нахождением путей оптимизации моделей. Особо скептичные ученые утверждают, что покупатели — крупные корпорации — инвестируют в машины D-Wave «на всякий случай», толком не понимая, действительно ли те помогут производить необходимые вычисления.

Именно поэтому ученые продолжают говорить о квантовых компьютерах в будущем времени. «Делать заявления о том, что квантовый компьютер создан, можно будет только тогда, когда он станет приносить пользу, — считает Джон Мартинис, профессор Калифорнийского университета в Санта-Барбаре и руководитель лаборатории квантовых вычислений Google. — Для этого ему предстоит не только обогнать традиционные вычислительные системы на полупроводниках и доказать свое «квантовое превосходство» над ними. Самое главное — начать решать с помощью квантовых компьютеров практические, прикладные задачи». На своей лекции в Москве на Международной конференции по квантовым технологиям ICQT-2017 Мартинис рассказал, что его лаборатория строит вычислительное устройство на сверхпроводниках мощностью в 49 кубитов. Решающий эксперимент запланирован на конец 2017 года.

На той же конференции было сделано другое громкое заявление — из уст Михаила Лукина, профессора Гарварда и сооснователя Российского квантового центра. Он сообщил, что группа российских и американских ученых из Гарварда и Массачусетского технологического института под его началом уже обогнала лабораторию Google. Ей удалось создать и проверить первый «полноценный» (а не адиабатический, как D-Wave) квантовый 51-кубитный компьютер. Это огромный скачок вперед по сравнению с предыдущим «самым мощным» — 17-кубитным — вычислительным устройством, которое представила в минувшем мае компания IBM. Как утверждает Лукин, исследователи использовали кубиты на основе холодных атомов, а не сверхпроводников, как это делает команда Джона Мартиниса. Атомы в устройстве удерживаются оптическими «пинцетами», в роли которых выступают специально организованные лазерные лучи. Квантовый вычислитель Лукина и его коллег уже справился с одной из практически не решаемых классическими компьютерами задач — моделированием поведения квантовых систем из множества частиц. По словам ученого, эксперименты с системой продолжатся в ближайшее время.

> Квантовые компьютеры способны на многое. И самый футуристический сценарий связан с созданием искусственного разума. Качественный скачок в математическом моделировании приблизит их к воссозданию мышления, сознания и самосознания

КВАНТ НА ВСЕ РУКИ

Какие индустрии первыми выиграют от перехода на квантовые вычисления? В своей недавней статье для авторитетного научного журнала Nature Джон Мартинис вместе с соавторами постарался ответить на этот вопрос. У квантовых компьютеров — если говорить о полноценных, а не адиабатических системах — есть три ключевые сферы применения. Первая — разнообразные квантовые симуляции: моделирование химических реакций и разнообразных материалов. Представьте химическую и фармацевтическую промышленность, где больше не придется вкладывать сотни миллионов долларов и тратить годы на научные разработки. Компьютер сможет быстро и дешево просчитать, как ведут себя молекулы разных веществ в определенных условиях и как они взаимодействуют. Определяя последовательность аминокислот в белках, например, или анализируя цепочки ДНК пациента, врачи будут создавать новые лекарства против неизлечимых сегодня болезней. В авиакосмической индустрии начнется производство новых прочных полимерных материалов для самолетов; в автомобильной — более эффективных нейтрализаторов выхлопных газов; в энергетике — более производительных фотоэлементов для солнечных панелей.

Следующий блок задач, которые будут решать квантовые компьютеры, связан с оптимизацией информации и работой с «большими данными». Обычный компьютер с трудом «продирается» через массивы данных: ему приходится обрабатывать каждую запись по очереди, на что уходит много времени. Квантовый за счет параллельных вычислений сможет не только ускорить этот процесс, но и заметить в выборке те решения, которые пропустил или счел несущественными его предшественник. Оптимизировать можно множество процессов: от рекомендаций товаров для посетителей интернет-магазинов до создания сложных автопилотов. Использование квантовых алгоритмов сделает поисковые системы более точными, а маркетинговые кампании в интернете — более прибыльными. Квантовые компьютеры помогут раньше диагностировать заболевания, просчитать самые сложные маршруты для логистических компаний, избавить города от пробок, повысить точность метеорологических прогнозов. И даже выиграть выборы: располагая лишь малой информацией о каждом избирателе, кандидаты смогут быстро рассчитывать, какую стратегию выбрать, чтобы склонить его на свою сторону.

И, наконец, самый футуристический сценарий: квантовые компьютеры сделают возможным создание искусственного разума. Качественный скачок в математическом моделировании приблизит их к воссозданию мышления, сознания и самосознания. Компьютеры смогут работать со статистическими выборками на принципиально новом уровне, они начнут стремительно обучаться… Что произойдет дальше, можно только догадываться. Но очевидно, что человечеству придется придумать способы, как «удержать в узде» квантовые технологии. Чаще всего звучат опасения в том, что с помощью квантовых вычислений можно взломать все современные методы шифрования данных. А значит, пострадают банковская сфера, ИТ-индустрия, в худшем случае — национальная безопасность различных стран.

Ученым и главам государств придется решить еще немало вопросов, связанных с квантовыми технологиями. Ведь для мира они обещают стать таким же прорывом, каким полвека назад стало появление обычных компьютеров. БЖ