

УДК 65.011.56

Возможности использования квантовых компьютеров для управления предприятиями

© А.А. Филимонов

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье обоснована актуальность исследования вопросов создания и использования квантовых компьютеров для управления предприятиями промышленности. Данные вопросы связаны с тем, что обычные компьютеры и даже суперкомпьютеры уже не могут справляться со всеми проблемами, возникающими в окружающем нас мире. При этом очевидно, что создание квантовых компьютеров – это еще один шаг к информационному обществу. В статье определены перспективы практического применения квантовых компьютеров в различных отраслях экономики России, а также обозначена возможность использования квантовых вычислений для решения сложнейших, трудоемких информационно-расчетных задач. Проведен анализ результатов разработки квантовых компьютеров и квантовых связей, выявлены перспективы их развития. Выделены основные сферы наилучшего применения квантовых вычислительных систем, приведены примеры задач, которые возможно будет решать наиболее эффективно с затратой меньшего количества ресурсов. Также раскрыт потенциал использования квантовых компьютеров для успешного управления предприятиями и для применения вышеперечисленного в российских реалиях. Обоснованы причины резкого роста производительностей вычислительных средств, опровергающие закон Мура в части числа транзисторов на кристалле микропроцессора. В целом в статье сформулированы предложения по эффективному использованию квантовых компьютеров для управления предприятиями в интересах развития цифровой экономики.

Ключевые слова: электронная вычислительная техника (ЭВТ), квантовые компьютеры, квантовые вычисления, квантовые связи, кубиты, суперкомпьютеры

Possibilities of Using Quantum Computers for Enterprise Management

© Artyom A. Filimonov

Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov,
Moscow, Russian Federation

Abstract. The article substantiates the relevance of the study of the creation and use of quantum computers for managing industrial enterprises. These issues are related to the fact that ordinary computers and even supercomputers can no longer cope with all the problems that arise in the world around us. At the same time, it is obvious that the creation of quantum computers is another step towards the information society. The article identifies the prospects for the practical application of quantum computers in various sectors of the Russian economy, as well as the possibility of using quantum computing to solve complex, labour-intensive information and calculation problems. The article analyzes the results of the development of quantum computers and quantum communications, identifies the prospects for their development, highlights the main areas of the best application of quantum computing systems, and exemplifies tasks that can be solved most efficiently with the cost of fewer resources. The article also reveals the potential of using quantum computers for the successful management of enterprises and for the application of the above in Russian realities, substantiates the reasons for the sharp increase in the productivity of computing facilities, which refute Moore's law in terms of the number of transistors on a micro-processor chip. In general, the article formulates proposals for the effective use of quantum computers for enterprise management in the interests of developing a digital economy.

Keywords: electronic computers, quantum computers, quantum computing, quantum communications, qubits, supercomputers

Введение

В соответствии с программой «Цифровая экономика Российской Федерации» «данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности»¹. Переход к передовым цифровым и интеллектуальным производ-

ственным технологиям усилил востребованность применения для развития экономики России средств вычислительной техники с высокой производительностью, отказоустойчивостью, ремонтпригодностью и сертифицированных средств защиты информации от несанкционированного доступа. Инновационные квантовые компьютеры вполне соответствуют вышеперечисленным требованиям, поэтому в контексте научно-технического развития Российской Федерации предлагается использование

¹ Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (22.10.2019).

квантовых компьютеров и вычислений для решения задач как в государственной, так и в частной сферах жизнедеятельности.

Анализ и обобщение возможностей отечественной ЭВТ показали, что в России в качестве вычислительных средств для реализации вычислительных функций всё еще используют изделия производства иностранных компаний. Это подтверждает массовость применения ЭВТ с элементной базой зарубежного производства. В этой связи разработка квантовых компьютеров собственного производства является весьма важной и актуальной задачей.

Не секрет, что квантовая физика – это один из самых молодых разделов физики. Как предмет исследования квантовые компьютеры начали рассматриваться только в самом конце прошлого века. Сле-

довательно, требуется выделить сферы, в которых применение таких технологий даст лучший результат, чем в том случае, когда используются обычные компьютеры либо суперкомпьютеры. А для этого необходимо выявить задачи, которые смогут решать квантовые вычислительные системы.

С учетом вышеизложенного в настоящей статье будут рассмотрены важные аспекты развития квантовых компьютеров в мировой цифровой экономике в целом и в России в частности. Для этого важно обозначить, как устроены квантовые компьютеры, на чем основываются квантовые вычисления, в каких единицах измерения хранится информация, а также выделить преимущества квантовых вычислительных систем перед обычными.

Анализ квантовых вычислительных систем

Для того чтобы разобраться в задачах, решаемых квантовыми компьютерами, необходимо понять принципы их работы. Квантовый компьютер – это устройство, основанное на квантовых законах физики и использующее кубиты (квантовые биты) для управления информацией. Явления квантовой суперпозиции и квантовой запутанности служат для передачи и обработки данных в этой системе. Основным элементом квантового компьютера является квантовый бит, сокращенно – кубит (qubit). Как и обычному биту, кубиту присущи два базовых состояния: 0 и 1. Но отличие в том, что благодаря квантовой суперпозиции кубит может одновременно принимать значение как логического нуля, так и логической единицы. Двум значениям кубита могут соответствовать, например, направление тока в сверхпроводящем кольце, направления вверх и вниз

спина атомного ядра, основное и возбужденное состояние атома, два возможных положения электрона в полупроводнике [1]. Пример реализации бита и кубита проиллюстрирован на рисунке 1. Также стоит заметить, что объединение кубитов приводит их в состояние квантовой запутанности, позволяющей увеличивать мощность экспоненциально. Следовательно, с увеличением количества кубитов число обрабатываемых одновременно значений будет расти в геометрической прогрессии. Чтобы понять зависимость количества сохраняемой информации от числа используемых в квантовом компьютере кубитов, можно воспользоваться выражением: n (кубитов) = 2^n (битов). Например, 4 кубита – 16 битов, 10 кубитов – 1024 бита, 100 кубитов – число с 30 нолями.

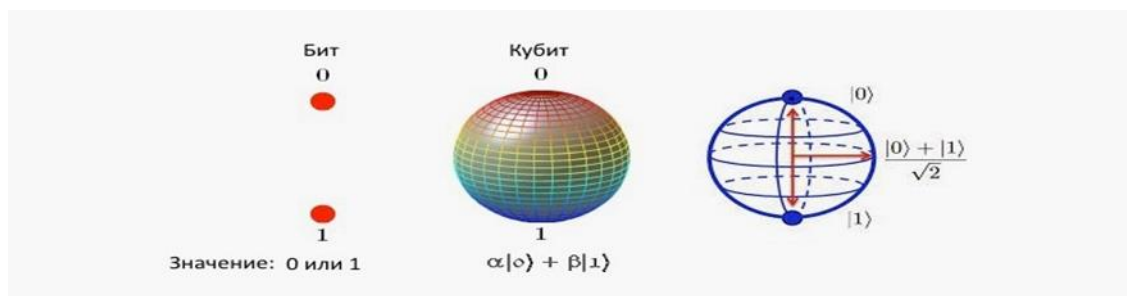


Рис. 1. Пример реализации бита и кубита²

² Что такое квантовый компьютер // iGuides [Электронный ресурс]. URL: https://www.iguides.ru/main/other/chto_takoe_kvantovyy_kompyuter/ (22.10.2019).

Также стоит рассмотреть такой важный элемент, как квантовый регистр. По своему устройству он схож с классическим регистром. Квантовым регистром является цепочка квантовых битов, над которыми можно проводить любые логические операции [1]. Однако квантовый регистр способен обрабатывать информа-

цию в разы быстрее своих классических аналогов. Но только компьютер с памятью хотя бы в сотню кубитов принесет действительное ускорение вычислений, что, в свою очередь, будет в некоторых задачах несоизмеримо быстрее суперкомпьютеров с терабайтами памяти.

Развитие квантовых вычислительных систем

Первый прототип квантового компьютера был создан в 1998 году. Тогда регистры состояли всего из пары квантовых битов. Вскоре появились 5-битовый и 7-битовый квантовые компьютеры. Но, к сожалению, существующие квантовые системы тогда имели множество недостатков. Они не были способны обеспечить надежные вычисления из-за плохой управляемости либо из-за сильного влияния шумов. Но в связи с тем, что физиче-

ских запретов на построение универсального квантового компьютера на данный момент нет, а ранее помехой была недостаточная технологическая развитость, к настоящему времени удалось создать квантовый компьютер с 72 кубитами. В 2019 году компания Rigetti планировала представить 128-кубитный квантовый компьютер. Результаты двадцатилетней работы по созданию квантовых компьютеров показаны на рисунке 2.

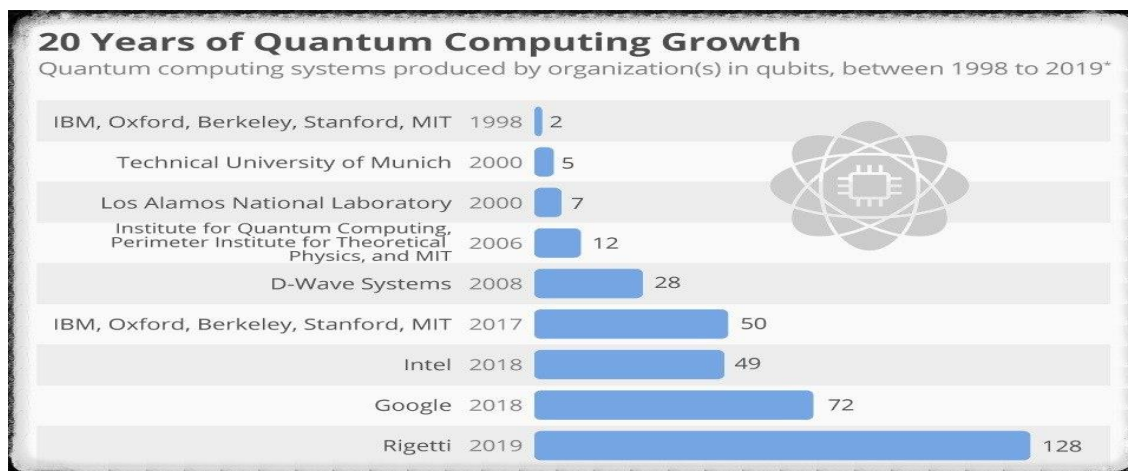


Рис. 2. Двадцать лет развития квантовых компьютеров [2]

Что касается первых квантовых компьютеров, то они, как и первые экземпляры ЭВТ, достигали в высоту около 3 м и занимали объём около 20 куб. м. При этом размеры самого квантового процессора достаточно малы, их можно сопоставить с размерами монеты. Большую часть пространства компьютера занимают системы экранирования и охлаждения, которые создают необходимые условия функционирования квантовых вычислений и устраняют влияние шумов. Чтобы поддерживать температуру квантового чипа на уровне абсолютного нуля, применяются системы охлаждения на базе жидкого гелия. Это свойственно и современным квантовым компьютерам. Однако большие размеры квантовых компьютеров являются значимым минусом, например, для

применения в финансовых сферах, так как пространство зачастую ограничено.

На данный момент лидерами в производстве квантовых компьютеров являются компании Rigetti, Google, IBM и Intel. Но среди этого списка только IBM в настоящее время предоставляет возможность воспользоваться своим квантовым компьютером. Это является большим преимуществом. Так, компания из любой точки мира может загрузить свои данные в облачный сервис и провести вычисления быстрее, чем на суперкомпьютере. В будущем это позволит предприятиям экономить пространство, так как будут использоваться квантовые вычислительные системы посредника.

IBM Quantum Experience является бесплатным сервисом для любого пользова-

теля, зарегистрированного на сайте IBM [2].

Одновременно следует упомянуть о квантовом компьютере компании D-Wave Systems, который пользуется широким спросом. Однако возникает множество споров и критики по поводу соответствия продуктов компании квантовым вычислительным системам. В январе 2017 года был представлен 2000-кубитный компьютер D-Wave 2000Q. Может показаться, что ученые уже достигли уровня 2000-кубитного компьютера. Но продукция компании D-Wave Systems на самом деле не является универсальным квантовым компьютером. Разработанный компьютер способен решать только ограниченный список задач. Поэтому у таких компаний, как Google и IBM, есть кардинальные преимущества. Их компьютеры являются действительно квантовыми, а не адиабатическим или квантовым вычислителем, как у компании D-Wave Systems. Но в любом случае вычисления на компьютере D-Wave 2000Q происходят быстрее, чем на суперкомпьютере. Поэтому вариант с использованием продукции компании D-Wave Systems имеет смысл для предприятий, которые хотят производить быстрые вычисления с большими данными, но при этом не вкладываться в создание квантовых компьютеров.

Если говорить о позиции России в области изучения квантовых вычислений, то она занимает девятое место в мире по количеству патентов в сфере квантовых технологий. В первую пятерку входят США, Китай, Япония, Корея и Германия. 28 апреля 2016 г. в Министерстве образования и науки Российской Федерации было принято решение о реализации проекта «Создание технологии обработки информации на основе сверхпроводящих кубитов». Конечная цель – разработка универсального квантового компьютера. Данный проект поддерживается такими организациями, как Минобрнауки России, Фонд перспективных исследований и «Росатом». Основные вузы-исполнители – НИТУ «МИСиС», Московский физико-технический институт (МФТИ) и Новоси-

бирский государственный технический университет (НГТУ). В МФТИ физики пытались построить универсальный квантовый компьютер на основе многоуровневых квантовых систем, называемых кудитами, каждый из которых способен работать как несколько кубитов. И только 2 октября 2019 года в НИТУ «МИСиС» заработал первый в России прототип квантового компьютера. Отечественный двухкубитный квантовый компьютер смог решить алгоритм Гровера, что является хорошим знаком для будущего развития технологий.

С 15 февраля 2018 года МГУ имени М.В. Ломоносова является одним из участников проекта по созданию 50-кубитного квантового компьютера. На данный момент в МГУ был успешно осуществлен эксперимент по созданию ловушек для массивов нейтральных холодных атомов. Проект рассчитан до 2021 года.

Согласно плану развития квантовых технологий, который совместно с экспертами разработали Российский квантовый центр (РКЦ) и НИТУ «МИСиС», к 2024 году Россия должна сократить отставание в квантовой области, а на это потребуется 43,85 млрд рублей. Однако к настоящему времени не было создано ни одного отечественного квантового компьютера, который бы приблизился к планке «квантового превосходства», то есть к способности производить вычисления быстрее любого доступного классического компьютера [2].

Таким образом, квантовые компьютеры с каждым годом всё больше популяризируются в обществе, их ждет такая же судьба, как и обычные компьютеры. Квантовые компьютеры будут становиться компактнее, доступнее и в итоге дешевле. Преодоление закона Мура с созданием одноатомного транзистора стало большим шагом для увеличения производительности процессоров. Что касается квантовых компьютеров, то для них важным аспектом является наращивание количества оперируемых кубитов. Но все же обычные компьютеры останутся на рынке, так как они решают множество тривиальных задач в отличие от квантовых компьютеров.

Перечень задач, решаемых квантовыми компьютерами

В теории одновременная обработка квантовым компьютером всех нулей и единиц позволит решить любую задачу. Но только кубиты, находящиеся в состоя-

нии квантовой запутанности и образующие когерентное состояние, способны кодировать и обрабатывать большие объемы информации. Таким образом, когерентное

состояние – одно из главных требований квантовых вычислений. Сохранение когерентности – одна из самых сложных инженерных задач [3]. С решением этой задачи станет возможна обработка и кодирование больших объемов информации за короткий промежуток времени. Но не только этот фактор является основополагающим при работе квантовых компьютеров. Количество ошибок в квантовых вычислениях увеличивается из-за воздействия окружающей среды, а процесс исправления ошибок гораздо сложнее, чем в классических вычислениях. Профессор Йеля Роб Шолькопф в интервью журналу *Wired* констатировал, что на устранение таких просчетов в будущем может уходить до 99 % мощности квантовых процессоров, но и оставшегося процента хватит для революции в технологиях [4].

Самым распространенным способом использования квантовых вычислений является поиск, выбор оптимального элемента среди многочисленных вариантов. Он очень часто встречается в задачах экономического, военного, инженерного характера и даже в компьютерных играх.

Наиболее перспективными направлениями использования квантовых компьютеров являются:

- *новые материалы и моделирование молекул;*

Использование квантовых компьютеров в области химии, например, позволило бы моделировать новые вещества и материалы. Появление лекарств с заданными характеристиками, метаматериалов, обладающих необычными свойствами, такими как невидимость в различных спектрах или сверхпрочность, будет возможно благодаря перебору триллионов сочетаний молекул. Также это может способствовать обнаружению эффективных препаратов для борьбы с неизлечимыми болезнями, например, с раком.

В марте 2018 года компания IBM сообщила, что им удалось смоделировать на квантовом компьютере молекулу, у которой всего три атома. Гидрид бериллия BeH_2 – самое сложное вещество, смоделированное на квантовом компьютере. Для сравнения: фармацевтические компании работают с молекулами, в которых содержится от 50 до 80 атомов. Для того чтобы моделировать взаимодействие лекарств с клетками организмов, нужно мо-

делировать поведение тысяч атомов [3]. А этого можно будет добиться лишь увеличением числа кубитов, используемых при построении квантовых компьютеров. На данный момент технологии не позволяют значительно увеличивать мощности квантовых процессоров, но в будущем квантовые компьютеры смогут оперировать тысячами атомов и моделировать их различные комбинации.

- *квантовая криптография;*

Одной из самых главных проблем, связанных с современными технологиями, является защита информации. Майкл Моска, сооснователь Института квантовых вычислений при Университете Уотерлу, прогнозировал в колонке для *Global Risk Institute*, что вероятность взлома хакерами основных средств шифрования, применяемых сегодня, вырастет до вероятности в $\frac{1}{7}$ к 2026 году и до 50 % к 2031 году. Криптография – одна из сфер, благодаря развитию которой тема исследования квантовых компьютеров стала наиболее актуальной. До появления квантовых компьютеров криптографические алгоритмы (подобные RSA), оперирующие достаточно длинными ключами, считались абсолютно надежными, они используются до сих пор во многих приложениях. RSA является самым популярным методом асимметричного шифрования, применяется, например, в шифровании банковских транзакций.

Классические шифры, такие как RSA, могут быть вскрыты в квантовой криптографии двумя основными алгоритмами: алгоритмом Шора, который может работать на универсальных квантовых компьютерах, разрабатываемых IBM, Google, Intel, и алгоритмом на базе квантового отжига, который работает на адиабатических компьютерах D-Wave. Считается, что алгоритм RSA с кодированием ключом более 1000 бит невозможно взломать с помощью подбора на традиционных суперкомпьютерах даже за время равное существованию вселенной. Квантовые компьютеры с несколькими тысячами кубитов справились бы с этой задачей в кратчайшие сроки. Но так как из-за влияния внешней среды в вычислениях происходят ошибки, то в результате для взлома шифра RSA, содержащего 1000 бит, требуется система, имеющая более 5 миллионов кубитов. Как уже было сказа-

но, на сегодняшний день максимальное количество кубитов, используемых на универсальном квантовом компьютере, составляет 72 кубита (у компании Google). Прогресс таков, что при данных вычислительных мощностях на простые множители удалось разложить число 56 153, которое в двоичной системе содержит 16 битов [3].

- *задачи логистики.*

Для решения определенного ряда логистических задач приходится применять комбинаторную оптимизацию. Классический пример – это задача коммивояжера. Использование квантовых компьютеров позволит оптимизировать маршруты так, чтобы затрачивать меньше топлива и времени и учитывать большое количество факторов, влияющих на эти показатели. Классические компьютеры не могут справляться с таким типом задач, они для него слишком сложные, так как вариантов ответов очень много. Квантовые компьютеры в отличие от обычных не перебирают разные варианты по очереди, они решают задачи параллельным перебором.

Однако на сегодняшний день прогресс в этих сферах невелик.

Использование квантовых компьютеров для управления предприятием в различных отраслях экономики

В настоящее время количество информации растет экспоненциально. Ежегодно объем мировой информации возрастает примерно на 30 %. В современных условиях даже суперкомпьютеры не справляются с обработкой такого количества информации. Поэтому для работы с большими данными необходимы новые технологии. Квантовые компьютеры способны работать с огромными объемами информации гораздо быстрее суперкомпьютеров. В этой связи квантовые компьютеры будут широко востребованы крупными компаниями в скором будущем, так как с каждым годом анализ больших данных становится все более актуальным. Получается, что почти каждое предприятие будет так или иначе использовать квантовые вычислительные системы для наиболее эффективного управления процессами.

Одновременно следует подчеркнуть, что продолжительное внедрение квантовых компьютеров будет способствовать развитию квантовой связи. В квантовом Интернете, как и в классиче-

Это в первую очередь связано с недостаточностью технологического развития.

Вместе с тем применение квантового компьютера также возможно в таких областях, как прогнозирование метеоусловий и изобретение «настоящего» искусственного интеллекта и нейронных сетей. Выстраивание точных климатических моделей позволит, к примеру, улучшить работу автопилотов в авиации. Причем разработчики искусственного интеллекта возлагают большие надежды на квантовые компьютеры, которые помогут в усовершенствовании алгоритмов машинного обучения для создания искусственного интеллекта на базе квантового компьютера [4].

Впрочем, современные компьютеры позволяют обрабатывать огромные объемы данных для решения проблем и для управления сложными системами. Однако есть задачи, которые сегодняшние системы никогда не смогут решить. Для решения более сложных задач необходима достаточная вычислительная мощность, поэтому так важно развивать квантовые вычисления и создавать более эффективные универсальные квантовые компьютеры.

ском, кубиты можно будет передавать на расстояние. Однако информация, хранящаяся в квантовых базах данных и не только, будет надежнее защищена от копирования благодаря законам квантовой механики, позволяющим обеспечить защищенное от подслушивания соединение всех желающих друг с другом [1]. Эта технология позволит создавать распределенные системы, состоящие из квантовых компьютеров. Объединенные вместе компьютеры с малым числом кубитов будут настолько же эффективны, как и один компьютер с большим количеством кубитов. Следовательно, квантовые компьютеры можно будет распределять в сети предприятия либо отрасли.

В настоящее время многие финансовые организации заинтересованы в применении квантовых вычислений для реализации управленческих и аналитических функций. Вскоре сверхскоростные квантовые компьютеры смогут заменить обычные в таких процессах, как вычисления по рисковому моделям, распознавание новых автоматизированных трейдерских

стратегий, изменение цен на производные инструменты в режиме реального времени. Уже сейчас IBM сотрудничает с финансовыми корпорациями Barclays и JP Morgan по разработке специализированного финансового программного обеспечения для квантовых компьютеров. По мнению многих исследователей, распознавание попыток финансового мошенничества и кражи данных может заметно ускориться благодаря квантовым компьютерам [5].

Квантовый анализ рисков уже использовался на реальных экспериментальных квантовых системах для очень маленьких задач, но данный вид анализа расширяется для более крупного и реалистичного применения, в которое входит анализ рисков по таким ценовым активам, как облигации и опционы. В настоящее время он тестируется на европейских опционах. IBM Q и фреймворк Qiskit Finance уже применялись для реализации квантовых алгоритмов в ценообразовании опционов и оптимизации инвестиционного портфеля. Но этот подход можно распространить на более сложные случаи. Некоторые примеры могут включать в себя ценообразование зависимых от траектории деривативов в условиях сложной рыночной динамики или проблемы, такие как динамическая оптимизация портфеля и ценообразование опционов, которые сегодня считаются неразрешимыми. А квадратичное ускорение может оказать положительное влияние на бизнес за счет уменьшения потребностей в распределении капитала, за счет поиска новых инвестиционных возможностей и более быстрого реагирования на волатильность рынка.

Защита данных и коммуникаций, как правило, является первоочередной задачей для предприятий, которые управляют важными деловыми, личными и государственными финансовыми данными. Тем не менее в 2016 году финансовые учреждения подвергались кибератакам на 65 % больше, чем другие организации. По мере улучшения возможностей квантовых вычислений злоумышленники рано или поздно получают к ним доступ. Квантовое распределение ключей поможет защитить каналы связи от традиционных и квантовых угроз. Используя квантовые принципы, оно может обеспечить текущую и будущую секретность ключей шифрования и помочь

предотвратить прослушивание посторонними лицами. Организации должны начать действовать сейчас для того, чтобы принять криптографические методы, которые могут защитить данные как на классических, так и на квантовых компьютерах. Например, уже исследуются типы криптографии на основе решетки, которые кажутся устойчивыми к атакам квантовых компьютеров. Пока ни один из известных алгоритмов не может взломать эти методы кодирования данных.

Банки JP Morgan Chase (JPMC) и Barclays собираются использовать квантовые вычисления, чтобы ускорить снижение рисков и улучшить моделирование производительности.

JPMC создала исследовательскую группу по квантовым вычислениям, охватывающую корпоративный и инвестиционный банкинг, потребительский и коммунальный банкинг, а также управление активами и имуществом. Команда фокусируется на таких проблемах, как оптимизация портфеля, ценообразование опционов и классификация финансового состояния. Цель состоит в том, чтобы изучить и понять квантовое преимущество, его будущий потенциал и существующие ограничения для подготовки к будущим приложениям реального мира.

В банке Barclays также имеется рабочая группа по квантовым вычислениям, в которую входят эксперты по статистическому моделированию. Команда кодирует простые квантовые приложения и для проверки результатов запускает их на общедоступном экспериментальном квантовом компьютере. Команда тестирует приложения на предмет проблем оптимизации, таких как определение правильной последовательности и расстановки приоритетов действий, с конечным результатом эффективного и точного расчета тысяч сделок, совершаемых каждый рабочий день. Так как торговля ценными бумагами может включать в себя от 50 000 до 100 000 транзакций, встречаются цепочки транзакций, которые должны быть выполнены в правильном порядке. Чтобы понять проблему оптимизации этого типа, следует учесть, что выбор оптимального порядка исполнения для 5000 сделок имеет более $4,2 \times 10^{16,325}$ вариантов [6].

В сфере автомобилестроения Daimler AG, одна из крупнейших трансна-

циональных компаний, отмечает, что хочет исследовать, как квантовые компьютеры помогут в усовершенствовании производственных процессов, в построении маршрутов для беспилотных автомобилей и в разработке новых материалов для автомобильной промышленности.

В авиационной области квантовые компьютеры тоже будут востребованы. Любая авиакомпания, ставящая целью оптимизацию маршрутов перелетов за счёт меньших затрат ресурсов и при большем покрытии территории, в будущем будет использовать квантовые вычисления, чтобы сделать вылеты удобными для пассажиров. Квантовые компьютеры будут лучше справляться с данным типом задач, чем классические компьютеры, за счёт быстрого действия и параллельного поиска нужного варианта.

Для нефтегазовой области самое главное, что могут дать квантовые компьютеры, – это скорость обработки больших данных. Огромные массивы с данными будут обрабатываться вместо 12 часов 12 минут либо вовсе 12 секунд. Тема машинного обучения имеет большое значение для нефтегазовой области. Создание искусственного интеллекта позволит лучше обнаруживать нефтяные или газовые месторождения благодаря анализу большого количества факторов. Разработка квантовых компьютеров также приведет к появлению технологий, которые позволят рабочим просматривать землю насквозь для выявления скрытых объектов, которые невозможно обнаружить с использованием альтернативных технологий.

В химической сфере, как уже было сказано, квантовые компьютеры позволят создавать новые материалы.

Заключение

Так или иначе, в будущем любое предприятие столкнется с квантовыми компьютерами. Причиной этому является кибербезопасность. С развитием технологий существующие на данный момент алгоритмы шифрования начинают терять свои позиции, так как их становится легче взломать. Развитие квантовых технологий будет этому способствовать. Но, с другой стороны, квантовые компьютеры позволят создавать новые методы шифрования, которые уже не будут подвергаться дешифрованию. Поэтому предприятиям следует начинать развиваться в сфере квантовых

Процесс создания новых веществ будет основываться на моделях, построенных компьютером. Это даст возможность химическим компаниям выйти на новый уровень.

Однако наиболее выгодное использование квантовых компьютеров будет возможно в сфере искусственного интеллекта и машинного обучения. Так как методы машинного обучения применяют математические алгоритмы для поиска определенных закономерностей в больших массивах данных, машинное обучение широко используется в биотехнологиях, фармацевтике, практической физике и во многих других областях. Благодаря способности адаптироваться к новым данным машинное обучение сильно превосходит способности людей. Оказывается, что для алгоритмов машинного обучения не точность, а скорость является критически важной составляющей. Например, гораздо существеннее быстро предложить товар, который покупатель положит следующим в корзину, чем угадать нужный товар. Тут намечается прогресс: например, Google реализовал алгоритм поиска общих точек на двух изображениях. Несмотря на всё это, с некоторыми сложными задачами машинное обучение пока справиться не может, и в этом случае до промышленного использования квантовых систем пока далеко.

Несмотря на перспективы применения квантовых компьютеров, при их возможном внедрении на предприятия необходимо учесть уровень готовности предприятий к автоматизации. Для учета уровня готовности предприятий к автоматизации может быть использована методика, приведенная в [7, 8].

технологий, иначе «квантовый скачек» может поставить их в невыгодное положение.

Программирование квантового компьютера принципиально отличается от программирования классического компьютера, что ведет к появлению новых методов обучения. Первые пользователи квантовых вычислений не только с большей вероятностью воспользуются разнообразными возможностями этой технологии, но и будут более склонны к определению направлений развития отрасли, устанавливая новые стандарты. Хотя до создания

полностью отказоустойчивых универсальных квантовых компьютеров еще много лет, важно, чтобы организации включились в этот процесс сейчас, поскольку уже выявляются перспективные и многообещающие варианты использования, разрабатываются инструменты и алгоритмы, а также формируются собственные экосистемы. Такие усилия предоставят первоходцам квантовое преимущество.

Есть несколько простых рекомендаций, которым предприятия могут следовать в настоящее время, чтобы подготовиться к «квантовому скачку»:

- экспериментировать с квантовыми вычислениями, использовать доступные открытые прототипы; для начала необходимо получить доступ к вычислительной среде с готовыми учебными материалами и библиотеками алгоритмов;

- изучить те варианты применения квантовых компьютеров, которые имеют отношение к бизнесу, затем оценить и определить их приоритеты; создать индивидуальную квантовую дорожную карту на основе новых стратегических направлений;

- обучить необходимым навыкам или нанять специалистов; в команде уже может быть кто-то, кто внимательно следит за прогрессом квантовых вычислений.

Следует подумать, как эти знания можно применить в компании. Поиск специалистов, глубоко вовлеченных в современное развитие квантовых компьютеров, – еще одна альтернатива;

- убедиться, что совет директоров и все менеджеры осведомлены о квантовых вычислениях; велика вероятность того, что клиенты и инвесторы будут интересоваться этим вопросом;

- присоединиться к экосистеме устоявшихся компаний, стартапов, академических партнеров и национальных исследовательских лабораторий, специализирующихся на создании квантовых компьютеров.

Таким образом, в условиях активного развития российской цифровой экономики создание и продвижение инновационных квантовых компьютеров вполне соответствует требованию времени, а именно последовательному переходу от информационного общества к цифровому. Поэтому в контексте дальнейшего научно-технического развития Российской Федерации сформулированные в статье предложения по использованию квантовых компьютеров и вычислений для решения задач в государственной и в частной сферах жизнедеятельности являются весьма важными и своевременными.

Библиографический список

1. Федичкин Л.Е. Квантовые компьютеры // Наука и жизнь. 2001. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://m.nkj.ru/archive/articles/5309/> (22.10.2019).

2. Квантовый компьютер и квантовая связь // TAdviser. Государство. Бизнес. ИТ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/a/128111> (22.10.2019).

3. Жучков С. IBM против D-Wave: наступила ли эра квантовых компьютеров // Forbes [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/371669-ibm-protiv-d-wave-nastupila-li-era-kvantovyh-kompyuterov> (25.10.2019).

4. Квантовый компьютер // АО «Бизнес Ньюс Медиа» [Электронный ресурс]. URL: <http://kaspersky.vedomosti.ru/tehnologii/kvantovyy-kompiyuter> (25.10.2019).

5. Квантовые компьютеры готовятся сменить битовые // Коммерсантъ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3584403> (26.10.2019).

6. Laca F., Woerner S., Yndurain E. Getting your financial institution ready for the quantum computing revolution. IBM Corporation, 2019. 8 p.

7. Черников Б.В., Попов А.А. Состав комплекса информационных систем при объединении предприятий в единое информационное простран-

ство // Информатизация и связь. 2015. № 3. С. 23–28.

8. Черников Б.В., Попов А.А. Выбор информационной системы с учетом уровня готовности предприятия к информатизации // Информатизация и связь. 2016. № 3. С. 152–159.

9. Сет Л. Программируя Вселенную. Квантовый компьютер и будущее науки. М.: Альпина нон-фикшн, 2019. 256 с.

10. IBM Q // TAdviser. Государство. Бизнес. ИТ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/a/387768> (22.10.2019).

11. Marwan S. Is Your Company Ready For Quantum Computing? CEO Chad Rigetti Asks These 3 Questions // Forbes [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.com/sites/samarmarwan/2019/04/10/is-your-company-ready-for-quantum-computing-ceo-chad-rigetti-asks-these-3-questions/#a2be8c137e13> (24.10.2019).

12. Tesh S. Flash Physics: Quantum cryptography for aircraft, AI boosts X-ray probe, cold nebula born in stellar collision // Physics World [Электронный ресурс]. URL: <https://physicsworld.com/a/flash-physics-quantum-cryptography-for-aircraft-ai-boosts-x-ray-probe-cold-nebula-born-in-stellar-collision/> (23.10.2019).

Сведения об авторе / Information about the Author

Филимонов Артём Александрович,
студент группы 291Д-08БИ/17,
Российский экономический университет имени
Г.В. Плеханова,
117997, г. Москва, Стремянный пер., 36, Российская
Федерация,
e-mail: pe4enko111@rambler.ru

Artyom A. Filimonov,
Student,
Plekhanov Russian University of Economics,
Stremyanny lane 36, Moscow, 117997, Russian Feder-
ation,
e-mail: pe4enko111@rambler.ru