

УДК 004.032.84

**КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ: ПРИМЕНЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ
И РАЗВИТИЕ В РОССИИ**

**QUANTUM COMPUTERS: APPLICATION, TECHNOLOGY
AND DEVELOPMENT IN RUSSIA**

В.А. Старикова, студентка I курса гр. ПИБ-241.3
А.В. Ионина, к.т.н., доцент кафедры ИТиЭД,
Филиал Федерального Государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский
государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»
в г. Новокузнецке, г. Новокузнецк,

Аннотация: Данная статья посвящена квантовым компьютерам, их приложениям, технологиям и развитию в России. Рассмотрены преимущества кубитов, которые могут находиться в состоянии суперпозиции и запутанности, что позволяет квантовым компьютерам решать сложные задачи намного быстрее, чем классические системы. В статье также рассматриваются недостатки квантовых технологий, такие как чувствительность к внешним воздействиям и сложности программирования. Российские исследования в этой области активно развиваются, с целью преодоления имеющихся проблем и внедрения квантовых вычислений в различные сферы, такие как фармацевтика, логистика и криптография.

Ключевые слова: квантовые компьютеры, кубиты, суперпозиция, запутанность, декогеренция, квантовое программирование, квантовые технологии в России.

Abstract: This article is devoted to quantum computers, their applications, technologies and development in Russia. The advantages of qubits, which can be in a state of superposition and entanglement, are considered, which allows quantum computers to solve complex problems much faster than classical systems. The article also examines the disadvantages of quantum technologies, such as sensitivity to external influences and programming complexity. Russian research in this field is actively developing in order to overcome existing problems and introduce quantum computing in various fields, such as pharmaceuticals, logistics and cryptography.

Keywords: quantum computers, qubits, superposition, entanglement, decoherence, quantum programming, quantum technologies in Russia.

Квантовый компьютер – это вычислительное устройство, которое использует явления квантовой механики для передачи и обработки данных.

Современные компьютеры функционируют в двоичной системе счисления, где основными единицами информации являются биты. Эти биты могут принимать только два значения: 1 или 0. Каждый бит представляет собой одно из двух возможных состояний, например, включенный или выключенный электрический сигнал. Объединяя биты, компьютеры кодируют данные в виде последовательностей нулей и единиц. Например, такие комбинации позволяют передавать информацию о цвете пикселей: 00 может соответствовать черному цвету, 01 – белому, 10 – красному и так далее. Физически бит реализуется с помощью транзистора, который может быть включен или выключен [1].

Квантовые компьютеры оперируют особыми единицами информации – кубитами. В отличие от классических битов, которые могут находиться только в состоянии 0 или 1, кубит способен существовать в суперпозиции обоих значений одновременно. Это означает, что кубит кодирует информацию не как статичный сигнал, а как комбинацию состояний 0 и 1, открывая путь для параллельных вычислений. Кроме того, кубиты обладают свойством квантового запутывания: изменение состояния одного кубита мгновенно влияет на связанный с ним, даже если они разделены огромными расстояниями. Физически кубиты реализуются не через транзисторы, а с использованием квантовых объектов – например, фотонов (частиц света) или протонов (ядер атомов водорода). Эти частицы, благодаря законам квантовой механики, позволяют создавать вычислительные системы с принципиально иной логикой работы, превосходящей возможности классических компьютеров в решении определенных задач.

Ключевое преимущество квантовых компьютеров заключается в их способности анализировать все возможные решения задачи одновременно, что обусловлено свойствами кубитов – суперпозицией (возможность находиться в состояниях 0 и 1 в один момент времени) и квантовой запутанностью (взаимосвязь состояний частиц на расстоянии). Это обеспечивает им превосходство над классическими системами, которые обрабатывают варианты последовательно, что существенно замедляет вычисления.

Квантовые технологии демонстрируют особую эффективность в задачах, требующих анализа огромных массивов данных или моделирования сложных процессов, таких как химические реакции. Яркий пример – эксперимент IBM 2017 года, где впервые было выполнено точное квантовое моделирование атомных взаимодействий в молекуле гидрида бериллия (BeH_2) [2]. Подобные методы открывают перспективы для ускорения разработки лекарств, оптимизации логистических систем, решения криптографических задач и других областей, где традиционные подходы достигают пределов своей производительности.

Однако квантовые компьютеры обладают рядом недостатков. Основная проблема – их высокая чувствительность к внешним воздействиям, таким как температурные колебания или электромагнитные помехи. Эти факторы вызывают декогеренцию – потерю квантового состояния, что приводит к сбоям в вычислениях [3]. Для минимизации таких ошибок квантовые системы помещают в специальные изолированные камеры («саркофаги»), где процессор защищен от внешних воздействий и охлажден до температур, близких к абсолютному нулю.

Еще одна сложность связана с программированием квантовых алгоритмов. Для работы с такими системами требуется глубокое понимание квантовой механики, а доступные языки программирования пока находятся на стадии активной разработки, что усложняет их применение.

Несмотря на текущие ограничения, прогресс в устранении ошибок и повышении стабильности квантовых систем открывает перспективы для решения задач, недоступных классическим компьютерам. Это включает оптимизацию сложных систем, криптографию и моделирование квантовых процессов в химии и физике. Рассмотрим некоторые из таких задач:

- ✓ моделирование свойств молекул и атомов для создания новых материалов и лекарств занимает у классических компьютеров нереалистично много времени. Например, расчет структуры молекулы из 70 атомов потребовал бы порядка 13 млрд. лет [1], тогда как квантовые системы справляются с этим за минуты;
- ✓ в логистике и энергетике квантовые алгоритмы позволяют мгновенно находить оптимальные маршруты, балансировать распределение ресурсов (тепло, электричество), а также прогнозировать спрос с высокой точностью;
- ✓ с одной стороны, квантовые технологии позволяют создавать абсолютно защищенные каналы связи на основе квантовой криптографии. С другой – они же угрожают современным шифрам, так как способны взламывать классические алгоритмы за секунды;
- ✓ традиционные суперкомпьютеры не могут учесть все параметры окружающей среды для точных прогнозов. Квантовые системы анализируют больше факторов, повышая достоверность предсказаний погоды и климатических изменений;
- ✓ прогностические способности квантовых вычислений помогают анализировать риски инвестиций, оценивать эффективность портфелей акций, валют и товаров, а также оптимизировать долгосрочные стратегии.

Сегодня квантовые компьютеры уже находят практическое применение в различных компаниях. Например, медицинский центр Cleveland Clinic в США использует квантовый компьютер IBM для

проведения медицинских исследований. Биотехнологическая компания Moderna, известная своими мРНК-вакцинами, применяет квантовые компьютеры IBM для моделирования молекулярного поведения при разработке новых лекарств.

Банки, такие как HSBC, JP Morgan Chase, Goldman Sachs и Wells Fargo, исследуют квантовые алгоритмы для оптимизации ценообразования и повышения безопасности транзакций. Компания Quantinuum, имеющая офисы в Великобритании, США, Японии и Германии, в сотрудничестве с японской компанией Mitsui & Co., разрабатывает квантовые токены, аналогичные криптовалюте [4].

Автомобильный гигант BMW изучает возможность использования квантовых компьютеров для разработки новых материалов и оптимизации логистических процессов. Эти примеры демонстрируют, как квантовые технологии начинают внедряться в различные отрасли для решения сложных задач и повышения эффективности.

В 1998 году команда ученых под руководством Исаака Чуанга в Массачусетском технологическом институте создала первый в мире квантовый компьютер. Этот прорыв вдохновил другие страны на разработку своих собственных квантовых технологий. В России серьезные исследования в этой области начались несколько позже, в 2016 году. В 2020 году была утверждена "дорожная карта 'Квантовые вычисления'", направленная на создание конкурентоспособных технологий и формирование научно-технологической экосистемы в этой области [5].

· Таблица 1. Дорожная карта «Квантовые вычисления» с 2016-2025 гг.

Дата	Событие
2016 г.	При поддержке Фонда перспективных исследований в России стартовал проект по созданию квантовых информационных систем на основе.
2019 г.	В Национальном исследовательском технологическом университете (НИТУ) «МИСиС» заработал первый в России прототип квантового компьютера.
с 2020 г.	В России по национальному проекту «Цифровая экономика» реализуется дорожная карта «Квантовые вычисления».
2021 г.	Создание прототипа квантового компьютера специалистами Национальной квантовой лаборатории совместно с РКЦ и ФИАНом.
2021 г.	РКЦ запустил универсальную облачную платформу квантовых вычислений, позволяющую решать прикладные бизнес-задачи на квантовых процессорах без специальных знаний в квантовой механике.
июль 2023 г.	В рамках Форума будущих технологий был представлен 16-кубитный ионный квантовый компьютер.
февраль 2024 г.	Российские ученые продемонстрировали созданный ими 20-кубитный квантовый компьютер на ионах.
	Российские учёные запустили в работу первый отечественный высокоточный сверхпроводниковый квантовый процессор. Точность

июнь 2024 г.	выполнения на устройстве простых однокубитных алгоритмов составила 99,76%, а более сложных двухкубитных операций – 99,11%.
декабрь 2024 г.	Российские ученые из МГУ и Российского квантового центра (РКЦ) представили первый в стране прототип квантового компьютера на основе 50-кубитов.
февраль 2025 г.	На форуме «Квант» госкорпорация «Росатом» представила итоги реализации по квантовым вычислениям. Ее главным результатом в 2020–2024 гг. стало принципиальное наращивание Россией позиций в области квантовой науки и технологий и выход страны в число лидеров в области квантовых вычислений.

В настоящее время российские специалисты достигли значительных успехов в развитии квантовых технологий, сформировав научно-технологическое сообщество, в котором участвуют более тысячи человек. Теперь планируется начать практическое применение квантовых вычислений в реальном секторе экономики.

За последние пять лет Россия вошла в число пяти стран, обладающих квантовыми компьютерами с более чем 50 кубитами. Многие компании, разрабатывающие квантовые вычислители, сосредоточены не только на развитии этой технологии, но и на ее интеграции в промышленность. Например, корпорация «Росатом» с начала 2026 года планирует постепенно переходить от теоретических задач к практическим. Приоритетной сферой применения квантовых компьютеров станет фармацевтика и медицина. Это позволит моделировать сложные молекулы при разработке лекарств и развивать медицинские технологии, которые будут помогать врачам создавать персонализированные планы лечения, учитывая все факторы заболевания и индивидуальные особенности пациента [5].

В заключение можно отметить, что квантовые компьютеры – это очень перспективная технология, однако в данный момент она находится на начальном этапе своего развития. Пока они не заменят классические компьютеры, а будут использоваться для решения специализированных задач. Большая часть повседневных операций останется за традиционными системами.

Список литературы:

1. Сафронов, М., Толчёнова, М. Что такое квантовый компьютер и как он работает / Сафронов М., Толчёнова М. [Электронный ресурс] // skillbox.ru: [сайт]. — URL: <https://skillbox.ru/media/code/chto-takoe-kvantovyy-kompyuter-i-kak-on-rabotaet/> (дата обращения: 16.02.2025).
2. Громов П. Квантовый компьютер IBM Q создал точную модель молекулы / Громов П. [Электронный ресурс] // hightech.fm: [сайт]. — URL: <https://hightech.fm/2017/09/14/quantum-simulation> (дата обращения: 02.03.2025).

3. Ruby Rougarou Почему квантовые компьютеры не всегда лучше классических / Ruby Rougarou [Электронный ресурс] // www.ixbt.com : [сайт]. — URL: <https://www.ixbt.com/live/science/pochemu-kvantovye-kompyutery-ne-vsegda-luchshe-klassicheskikh.html> (дата обращения: 23.02.2025).

4. Ruby Rougarou Квантовые компьютеры наконец-то работают... Но будут ли они когда-нибудь полезны? От надежды к реальности / Ruby Rougarou [Электронный ресурс] // www.ixbt.com: [сайт]. — URL: <https://www.ixbt.com/live/science/kvantovye-kompyutery-nakonec-to-rabotayut-no-budut-li-oni-kogda-nibud-polezny-ot-nadezhd-k-realnosti.html> (дата обращения: 23.02.2025).

5. «Росатом» представил итоги реализации дорожной карты по квантовым вычислениям / [Электронный ресурс] // наука.рф: [сайт]. — URL: <https://наука.рф/news/rosatom-predstavil-itogi-realizatsii-dorozhnoy-karty-po-kvantovym-vychisleniyam/?region=NVS> (дата обращения: 02.03.2025).

6. Решетникова М. Квантовые компьютеры в России и мире: как развивается технология Подробнее на РБК: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/611623099a79473cead5ca3f?from=copy> / Решетникова М. [Электронный ресурс] // trends.rbc.ru: [сайт]. — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/611623099a79473cead5ca3f> (дата обращения: 02.03.2025).

7. Ахметов К. Переход в другую эру: что изменит изобретение квантового компьютера / Ахметов К. [Электронный ресурс] // www.forbes.ru: [сайт]. — URL: <https://www.forbes.ru/brandvoice/527065-perehod-v-druguu-eru-cto-izmenit-izobretenie-kvantovogo-komp-utera> (дата обращения: 02.03.2025).