**Квантовые компьютеры как будущее вычислительных технологий**

Квантовые компьютеры – это технология, которая потенциально может изменить мир высокопроизводительных вычислений, чем и обусловлен огромный интерес научного сообщества и значимый объем инвестиций в их разработку.

Квантовый компьютер по определению использует технологии манипулирования квантовыми объектами для организации вычислительного процесса.

# Типы квантовых компьютеров

Возможно выделить два типа квантовых компьютеров, основаных на квантовых явлениях, только разного порядка.

Представителями первого типа являются, например, компьютеры, в основе которых лежит квантование магнитного потока на нарушениях сверхпроводимости - Джозефсоновских переходах. На эффекте Джозефсона уже сейчас делают линейные усилители, аналого-цифровые преобразователи, СКВИДы и корреляторы. Известен проект создания RISC-процессора на RSFQ-логике (Rapid Single Flux Quantum). Эта же элементная база используется в проекте создания петафлопного (1015 оп./с) компьютера. Экспериментально достигнута тактовая частота 370 ГГц, которая в перспективе может быть доведена до 700 ГГц. Однако время расфазировки волновых функций в этих устройствах сопоставимо со временем переключения отдельных вентилей, и фактически на новых, квантовых принципах реализуется уже привычная нам элементная база - триггеры, регистры и другие логические элементы.

Другой тип квантовых компьютеров, называемых еще квантовыми когерентными компьютерами, требует поддержания когерентности волновых функций используемых кубитов в течение всего времени вычислений - от начала и до конца (кубитом может быть любая квантомеханическая система с двумя выделенными энергетическими уровнями). В результате, для некоторых задач вычислительная мощность когерентных квантовых компьютеров пропорциональна *2N,*где *N* - число кубитов в компьютере. Именно последний тип устройств имеется в виду, когда говорят о квантовых компьютерах.

**За и против**

Пока что главным препятствием для стабильной работы квантовых компьютеров является высокий уровень шумов, не позволяющий поддерживать нужное состояние квантовых объектов достаточно долго для работы практических алгоритмов.

Разработки алгоритмов для квантовых компьютеров идут одновременно с технологическими исследованиями в ожидании момента, когда их можно будет применить «в железе». В частности, активно идет разработка алгоритмов, которые могли бы быть применимы на «квантовых системах промежуточного масштабирования» (это те самые экспериментальные модели)

Большинство физических устройств находится в США, где и происходит жесткая конкуренция между ИТ-концернами.

«Осенью 2019 года Google заявил о своей технологической победе - достижении квантового превосходства [на новом процессоре Sycamore](https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5). Квантовый компьютер на основе сверхпроводящих кубитов продемонстрировал быстродействие и решил задачу, с который самый мощный суперкомпьютер справится только за 10 тысяч лет.

IT-гигант IBM, обладающий на данным момент самым мощным суперкомпьютером IBM Summit (скорость вычислений 200 петафлопс, емкость дискового пространства 250 петабайт), поспешил достижение оспорить. Для практиков их спор мало что значит, поскольку квантовое превосходство определяется способностью квантового компьютера решить искусственно созданную задачу быстрее, чем это может сделать самый быстрый классический компьютер. То есть классическому компьютеру предложили промоделировать квантовый, выяснилось, что он на это не способен. Квантовый компьютер – нишевой продукт, заменить классический он никогда не сможет. Но в перспективе будет востребован в тех сферах, где нужен большой объем вычислений. К таким задачам относятся, например, моделирование физических процессов в сложных квантовых системах. Кроме того, логистика, размещение в пространстве, генетика, молекулярное моделирование, ускорение поиска глобального оптимума при анализе рынка . Для многих из этих задач есть попытка делать квантовые алгоритмы», - объясняет руководитель направления квантовых вычислений Центра квантовых технологий МГУ им. М.В. Ломоносова кандидат физико-математических наук Станислав Страупе,

Доступ к некоторым устройствам возможен в облаке. Площадка IBM Quantumexperience дает доступ как к симуляторам квантовых вычислений, работающих на классическом компьютере, так и к самим квантовым вычислителям, на которых можно проверить свои алгоритмы.Для этого только нужно зарегистрироваться на сайте концерна.

В России такого облачного сервиса пока нет, но в рамках реализации дорожной карты «Квантовые технологии», держателем которой является ГК Росатом, а его проектный офис по данному направлению возглавляет генеральный директор Российского квантового центра (РКЦ) Руслан Юнусов, через 3-4 года могут появиться и квантовый компьютер, и облачный сервис на его основе.

На данный момент серьезным недостатком квантового компьютера является его цена. И сами машины, и их эксплуатация стоят огромных денег. Достаточно сказать, что большую часть объема устройства занимает система охлаждения, позволяющая опустить температуру до 1/10 градуса выше абсолютного нуля, это холоднее, чем в космосе. Сами устройства уникальны, и над их технической разработкой и изготовлением трудятся большие коллективы ученых.

Однако разработка квантовых алгоритмов использует большей частью персональный компьютер и поэтому не отличается от другой подобной деятельности.

**Литература**

1. <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2015/06/20/issledovatelskaya-rabota-kvantovyy-kompyuter>
2. Горшунов А. Квантовые компьютеры. – М., 2018.
3. Доронин С.И. Квантовый компьютер, перспективы практической реализации. – М., 2019.
4. Дохов А. Прорыв в разработке квантовых компьютеров. – М., 2007.
5. Китаев A.Ю. Квантовые вычисления: алгоритмы и исправление ошибок. // Успехи математических наук. – М., 2008
6. Федичкин Л. Компьюмаркет никс. Квантовый компьютер. – М., 2020.