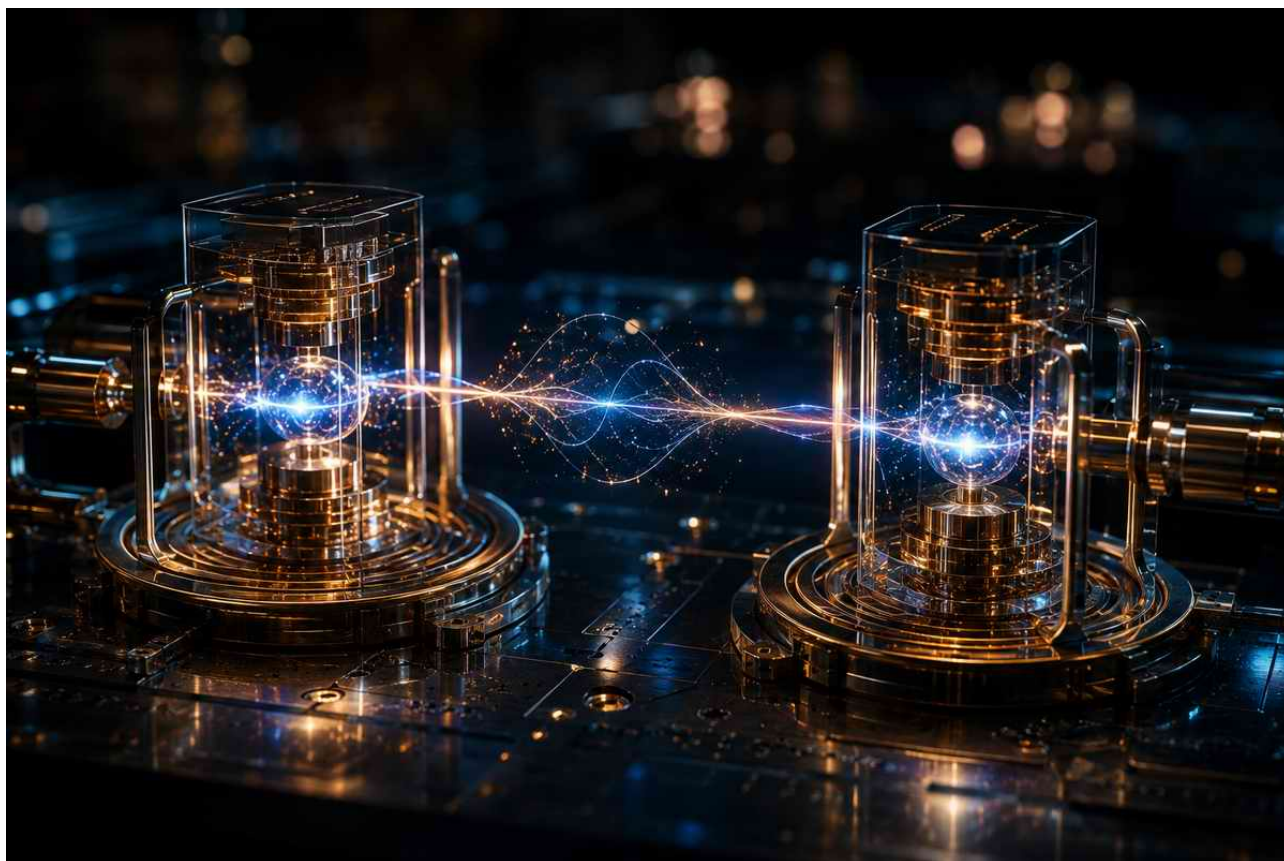


Ученые приблизили создание надежных квантовых компьютеров: новый механизм сам обнаруживает ошибки



Дата публикации: 07.08.2026

Квантовые компьютеры считаются одной из самых перспективных технологий XXI века, однако их развитию до сих пор мешает одна фундаментальная проблема — высокая чувствительность квантовых систем к любым внешним воздействиям. Даже незначительные колебания температуры, случайные электромагнитные помехи или микроскопические вибрации способны нарушить состояние кубитов и привести к ошибкам вычислений. Именно поэтому создание эффективных механизмов обнаружения и исправления ошибок остается одной из главных задач современной квантовой физики.

Новое исследование, опубликованное в журнале Nature, предлагает оригинальное решение этой проблемы. Международная команда специалистов из компании D-Wave Quantum разработала двухкубитный запутывающий вентиль нового поколения, который способен автоматически выявлять большинство возникающих ошибок еще в процессе вычислений. По мнению авторов, такой подход позволит существенно упростить создание крупных квантовых

вычислительных систем.

В отличие от привычных компьютеров, где информация хранится в битах со значениями 0 или 1, квантовые компьютеры используют кубиты. Благодаря законам квантовой механики они могут одновременно находиться сразу в нескольких состояниях, что делает возможными вычисления невероятной сложности. Однако именно эта особенность превращает кубиты в крайне нестабильные элементы, которые легко теряют свое квантовое состояние.

Сегодня для борьбы с ошибками инженерам приходится использовать огромное количество дополнительных физических кубитов. Фактически значительная часть будущего квантового компьютера работает не над выполнением полезных вычислений, а постоянно проверяет соседние элементы на наличие сбоев. Такой подход значительно усложняет архитектуру устройств, увеличивает их размеры, стоимость и энергопотребление.

Новая разработка позволяет изменить сам принцип обнаружения ошибок. Исследователи создали сверхбыстрый управляемый Z-вентиль, известный как CZ-вентиль. Он выполняет запутывание двух кубитов всего за 500 наносекунд — время, измеряемое миллиардными долями секунды. Но главное преимущество заключается не в скорости, а в способности автоматически отмечать большинство возникающих сбоев.

Принцип работы оказался весьма необычным. Каждый кубит разделяется между двумя миниатюрными сверхпроводящими микроволновыми резонаторами. Во время выполнения операции отдельный фотон на очень короткое время перемещается через специальный центральный мостик, обеспечивая взаимодействие двух кубитов, после чего возвращается обратно. Такая архитектура позволяет системе не только выполнять вычисления, но и одновременно контролировать собственное состояние.

Особенность новой технологии состоит в том, что многие возникающие ошибки не остаются скрытыми внутри вычислений. Вместо этого они автоматически преобразуются в так называемые потери фотонов, или стирания. Такие события значительно проще обнаружить в режиме реального времени. Фактически квантовый процессор самостоятельно сообщает о возникновении проблемы еще до того, как ошибка успеет повлиять на результат вычислений.

Это особенно важно, поскольку скрытые ошибки представляют наибольшую опасность. Они незаметно распространяются по квантовой схеме и могут исказить большое количество последующих вычислений. Если же система сразу фиксирует потерю фотона, алгоритм коррекции получает возможность быстро принять меры и предотвратить дальнейшее накопление ошибок.

Для проверки новой технологии исследователи сформировали запутанные состояния двух кубитов и выполнили большое количество случайных квантовых операций. Затем они подсчитали, какая доля ошибок обнаруживалась автоматически, а какие оставались скрытыми.

Полученные результаты оказались весьма впечатляющими. Около 0,5 процента операций сопровождалось обнаруживаемыми потерями фотонов, которые система успешно помечала самостоятельно. При этом скрытые ошибки возникали менее чем в одной десятой процента операций. Еще более редкими оказались ошибки переворота бита — один из наиболее опасных видов сбоев, при котором квантовое состояние неожиданно изменяется на противоположное. Их частота составила примерно один случай на миллион операций.

Авторы отмечают, что новая архитектура практически полностью сохраняет иерархию ошибок. Это означает, что большинство потенциально опасных сбоев не исчезает незаметно внутри вычислений, а остается доступным для последующей обработки системой коррекции. Именно такой подход считается одним из наиболее перспективных направлений развития квантовых вычислений.

Компьютерное моделирование также показало, что преимущества технологии становятся особенно заметными при увеличении количества кубитов. Хотя управляющий кубит испытывает несколько большую нагрузку во время работы, общая эффективность системы возрастает по мере масштабирования. Чем больше становится квантовый процессор, тем заметнее выигрыш от способности автоматически обнаруживать ошибки.

Разработчики считают, что подобные решения способны приблизить появление полноценных отказоустойчивых квантовых компьютеров, которые смогут выполнять сложные научные расчеты, моделировать химические реакции, ускорять создание новых лекарств, разрабатывать материалы с заранее заданными свойствами, оптимизировать логистику, решать задачи искусственного интеллекта и анализировать огромные объемы данных без постоянного вмешательства сложных систем коррекции ошибок.

Хотя технология пока находится на экспериментальном этапе, опубликованные результаты демонстрируют важный шаг вперед. Если аналогичные принципы удастся успешно реализовать в более крупных квантовых процессорах, это может существенно ускорить переход от лабораторных прототипов к действительно мощным квантовым компьютерам, способным решать задачи, недоступные даже самым современным суперкомпьютерам.

Ссылка: «Запутывающий вентиль для двухрельсовых кубитов стирания» DOI: [10.1038/s41586-026-10822-y](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10822-y).