



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Калужский филиал
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИУК «Информатика и управление»

КАФЕДРА ИУК4 «Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

«Технологии квантовых вычислений и их применение»

Студент гр. ИУК4-82Б _____ (Карельский М.К.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель _____ (Гагарин Ю.Е.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Оценка руководителя _____ баллов _____
30-50 (дата)

Оценка защиты _____ баллов _____
30-50 (дата)

Оценка работы _____ баллов _____
(оценка по пятибалльной шкале)

Комиссия: _____ (Гагарин Ю.Е.)
(подпись) (Ф.И.О.)

_____ (Белов Ю.С.)
(подпись) (Ф.И.О.)

_____ (Амеличева К.А.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Калуга, 2024

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ИУК4
(Гагарин Ю.Е.)
« 09 » февраля 2024 г.

ЗАДАНИЕ **на НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ (НИР)**

За время выполнения НИР студенту необходимо:

1. Выполнить анализ информации по заданной теме, выявить наиболее рациональные варианты решения поставленной задачи; построить математическую модель исследуемого процесса, выполнить анализ объекта исследования посредством принятой математической модели; сформулировать выводы, адекватные полученным результатам.

в том числе:

– исследовать понятие термина; пронаблюдать историю развития технологии; разобрать устройство квантового компьютера; рассмотреть сферы применения; выявить перспективы развития; определить проблемы использования.

2. Подготовить тезисы доклада и оформить их в соответствии с установленными требованиями; выступить с докладом на научной конференции.

Дата выдачи задания « 09 » февраля 2024 г.

Руководитель НИР _____ Гагарин Ю.Е.

Задание получил студент гр.ИУК4-82Б _____ Карельский М.К.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. Суть технологии	5
1.1. Определение термина	5
1.2. История развития	7
1.3. Строение квантового компьютера	8
Глава 2. Использование технологии	14
2.1. Сферы применения	14
2.2. Перспективы	16
2.3. Проблемы технологии	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	21

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия квантовые вычисления стали предметом активного научного и инженерного исследования, вызывая широкий интерес как в академической среде, так и в индустрии. Технологии квантовых вычислений представляют собой новый подход к обработке информации, основанный на принципах квантовой механики, и обещают революционизировать сферу информационных технологий.

Актуальность работы обуславливается революционным потенциалом технологии квантовых вычислений, способной решать задачи, которые на сегодняшний день остаются вне возможностей классических компьютеров.

Цель исследования – разобраться, является ли технология будущим многих отраслей или просто временной тенденцией. В соответствии с этим выделяются следующие **задачи**:

1. Исследовать понятие термина;
2. Пронаблюдать историю развития;
3. Разобрать устройство квантового компьютера;
4. Рассмотреть сферы применения технологии;
5. Выявить перспективы развития;
6. Изучить проблемы использования технологии.

Глава 1. Суть технологии

1.1. Определение термина

Квантовый компьютер – это устройство, использующее квантовые механические явления, такие как квантовая суперпозиция и квантовая запутанность, для обработки информации. Основная идея квантового компьютера заключается в том, что он может обрабатывать данные в виде квантовых битов, или кубитов.

Кубит (quantum bit) – это базовая единица информации в квантовых вычислениях, аналог классического бита в классических вычислениях. Однако в отличие от классического бита, который может принимать одно из двух состояний (0 или 1), кубит может находиться в суперпозиции этих состояний благодаря принципам квантовой механики.

Состояние кубита можно представить как вектор в двумерном пространстве Гильберта, который может быть суперпозицией состояний 0 и 1. Математически кубит можно записать как комбинацию двух базовых состояний:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle,$$

где $|\psi\rangle$ – состояние кубита, α и β – комплексные числа (амплитуды), $|0\rangle$ и $|1\rangle$ – базовые состояния кубита [10].

Квантовая суперпозиция – это явление в квантовой механике, согласно которому квантовая система может одновременно находиться в нескольких возможных состояниях с различными вероятностями.

В классической физике кубит может быть в одном из двух состояний: 0 или 1. Однако в квантовой механике кубит может находиться в суперпозиции этих состояний. Это означает, что кубит может одновременно быть и 0, и 1 с определенными амплитудами или вероятностями.

В случае квантовой суперпозиции, квадрат амплитуды $|\alpha|^2$ и $|\beta|^2$ определяют вероятность обнаружения кубита в состояниях 0 и 1

соответственно при измерении. Сумма квадратов амплитуд всегда равна 1, что обеспечивает нормализацию состояния кубита.

Важно отметить, что при измерении кубита он коллапсирует в одно из базовых состояний (0 или 1) с вероятностью, пропорциональной квадрату амплитуды этого состояния. Таким образом, результат измерения кубита непредсказуем до момента самого измерения. Это явление известно как квантовая декогеренция и оно играет ключевую роль в квантовых алгоритмах.

Квантовая суперпозиция является ключевым элементом квантовых вычислений, поскольку она позволяет квантовым системам одновременно обрабатывать большое количество информации и выполнять несколько вычислений параллельно, что делает квантовые компьютеры потенциально гораздо более мощными по сравнению с классическими компьютерами.

Квантовая запутанность – это особое состояние квантовых систем, в котором состояния нескольких квантовых объектов становятся неотделимо связанными, даже если эти объекты физически удалены друг от друга.

Состояние запутанности возникает, когда квантовые системы взаимодействуют таким образом, что состояние одной системы не может быть описано независимо от состояния другой системы. Это означает, что изменение состояния одной системы мгновенно отражается на состоянии другой системы, даже если они находятся на больших расстояниях друг от друга. Таким образом, квантовая запутанность создает необычные и непредсказуемые корреляции между квантовыми системами.

Математически состояние квантовой запутанности может быть описано с использованием понятия тензорного произведения состояний квантовых систем. Например, если у нас есть два кубита A и B, их состояние может быть записано в виде:

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_A |1\rangle_B - |1\rangle_A |0\rangle_B)$$

Это состояние называется состоянием запутанности или состоянием Белла. Суть его заключается в том, что когда один из кубитов измеряется в

базисе $|0\rangle/|1\rangle$, то результат измерения для кубита В становится абсолютно предсказуемым. Например, если мы измерим кубит А в состоянии $|0\rangle$, то кубит В окажется в состоянии $|1\rangle$, и наоборот. Это означает, что, хотя мы действительно не знаем состояние кубита В до момента его измерения, существует статистическая корреляция между результатами измерения двух кубитов.

1.2. История развития

История развития квантовых вычислений включает в себя значительные моменты и открытия, начиная с понимания основ квантовой механики до создания прототипов квантовых компьютеров.

В начале 20 века физики, такие как Макс Планк, Альберт Эйнштейн, Нильс Бор и другие, провели эксперименты и разработали теории, которые показали, что микромир действует по совершенно иным законам, чем макромир. В 1900 году Макс Планк предложил квантовую теорию излучения, которая показала, что энергия излучения света распределяется дискретно в небольших "квантах". Это привело к развитию квантовой механики, которая описывает поведение частиц на микроскопическом уровне.

Основные принципы квантовой механики были сформулированы в работах Эрвина Шрёдингера, Вернера Хайзенберга, Макса Борна и Пауля Дирака. Эти принципы включают в себя принцип суперпозиции, неопределенности, запутанности и другие.

В 1980-х годах физик Ричард Фейнман и математик Дэвид Дойч разработали концепцию квантовых вычислений. Последний показал, что квантовые вычисления могут решать определенные задачи эффективнее классических.

В 1990-х годах Питер Шор и Ллойд Гровер разработали первые квантовые алгоритмы – алгоритм Шора для факторизации больших чисел и алгоритм

Гровера для поиска в неупорядоченных базах данных. Данные алгоритмы демонстрировали потенциал квантовых вычислений в решении сложных задач.

В начале 2000-х годов появились первые прототипы квантовых компьютеров. Одним из самых известных был квантовый компьютер IBM с несколькими кубитами. Эксперименты помогли понять проблемы, связанные с созданием и управлением квантовыми системами.

В последующие годы продолжились исследования в области квантовых алгоритмов и разработка квантовых компьютеров с более стабильными кубитами и их большим числом. Кроме того, появились компании, такие как Google, Microsoft, IBM, Rigetti, работающие над созданием коммерчески доступных квантовых компьютеров и развитием соответствующих программных и аппаратных средств.

1.3. Строение квантового компьютера

Строение квантового компьютера включает в себя несколько ключевых компонентов, которые обеспечивают его работу. Среди основных элементов можно выделить:

- Кубиты,
- Квантовые вентили,
- Квантовые регистры,
- Квантовые алгоритмы
- Считывание кубитов,
- Квантовые исправляющие коды,
- Охлаждение и изоляция.

Кубиты – квантовый аналог классического бита, является базовой единицей информации в квантовом компьютере. Кубит может находиться в

состоянии суперпозиции, что позволяет ему одновременно представлять несколько значений. Кубиты могут быть реализованы с использованием различных физических систем, таких как квантовые точки, атомы, фотоны, кубиты йозефсоновских переходов и другие.

Квантовые вентили – это устройства в квантовых компьютерах, которые аналогичны логическим вентилям в классических компьютерах. Они представляют собой элементы, которые выполняют определенные операции с квантовыми состояниями кубитов, такие как изменение суперпозиции, вращение фазы и т. д. Квантовые вентили играют ключевую роль в обработке и манипулировании квантовой информации в квантовых вычислениях.

Существует несколько типов квантовых вентилях, каждый из которых выполняет определенные функции. Некоторые из наиболее распространенных вентилях включают в себя следующие:

- Квантовый вентиль Нота (CNOT) – один из основных квантовых вентилях, который выполняет операцию с двумя кубитами. Он изменяет состояние целевого кубита в зависимости от состояния управляющего кубита. Если управляющий кубит находится в состоянии $|1\rangle$, то состояние целевого кубита инвертируется (меняется на противоположное), а если управляющий кубит находится в состоянии $|0\rangle$, то состояние целевого кубита остается без изменений.
- Квантовый вентиль Адамара (H) – применяется к одному кубиту и выполняет преобразование, называемое преобразованием Адамара. Оно переводит кубит из базисных состояний $|0\rangle$ и $|1\rangle$ в суперпозицию $|0\rangle + |1\rangle$ и $|0\rangle - |1\rangle$ соответственно. Применение квантового вентиля Адамара используется, например, при создании состояния Белла.
- Квантовый вентиль фазы (S) – также применяется к одному кубиту и выполняет операцию вращения фазы на 90° для состояния $|1\rangle$, оставляя состояние $|0\rangle$ без изменений. В результате применения квантового вентиля фазы состояние кубита становится $|0\rangle$ и $i|1\rangle$ соответственно.

Квантовый регистр представляет собой группу кубитов в квантовом компьютере, которые используются для хранения и обработки квантовой информации. Аналогично классическим регистрам в компьютерах, квантовые регистры используются для выполнения операций и алгоритмов над данными. Однако, в отличие от классических битов, которые могут быть в состояниях 0 или 1, кубиты могут находиться в суперпозиции этих состояний, что позволяет регистру хранить и обрабатывать более сложные формы информации.

В квантовых вычислениях регистры обычно используются для представления входных данных и результатов операций. Квантовые алгоритмы могут манипулировать состояниями кубитов в регистрах, создавать суперпозиции, применять операции и измерять результаты. Однако важно отметить, что из-за свойств квантовой механики состояние регистра может быть сложнее интерпретировать, чем состояние классического регистра, так как оно может представлять собой комбинацию всех возможных вариантов данных вместе.

В зависимости от конкретного алгоритма или задачи квантовый регистр может быть организован по-разному. Например, для выполнения операций над несколькими квантовыми состояниями одновременно, можно использовать многокубитные квантовые регистры. Также регистры могут быть организованы в виде линейных или кольцевых структур.

Квантовые алгоритмы – это алгоритмы, разработанные для выполнения на квантовых компьютерах и использующие принципы квантовой механики для решения определенных задач. Они отличаются от классических алгоритмов тем, что оперируют с квантовыми объектами: квантовыми состояниями кубитов, суперпозицией, запутанностью; что позволяет им решать некоторые задачи более эффективно, чем классические алгоритмы [8]. Среди известных квантовых алгоритмов можно отметить:

- Алгоритм Шора – является одним из самых известных квантовых алгоритмов и используется для факторизации больших чисел на простые множители. Факторизация больших чисел классическими алгоритмами

требует значительного времени, в то время как алгоритм Шора может справиться с этой задачей значительно быстрее за счет использования периодических свойств функций в квантовой формулировке.

- Алгоритм Гровера – используется для поиска элемента в неупорядоченном списке с помощью квантовых вычислений. Позволяет найти нужный элемент существенно быстрее, чем классический алгоритм поиска, который требует проверки каждого элемента списка по очереди.
- Квантовое преобразование Фурье – является квантовой версией классического преобразования Фурье и используется в алгоритме Шора для определения периода функций. Он также может быть использован для решения других задач, например, решения систем линейных уравнений и анализа функций.

Считывание кубитов – это процесс измерения квантового состояния кубита с целью получения информации о его состоянии. Важно отметить, что кубит может находиться в суперпозиции нескольких состояний, поэтому результат измерения кубита может быть вероятностным.

Общий процесс считывания кубитов состоит из следующих этапов:

1. Применение считывающего импульса. Для считывания состояния кубита применяется считывающий импульс, который воздействует на кубит и вызывает изменение его состояния. Обычно это происходит путем взаимодействия кубита с внешними полями или считывающими устройствами.
2. Измерение считывающим устройством. После применения считывающего импульса кубит считывается считывающим устройством, которое может обнаружить его состояние. Это обычно происходит путем обнаружения фотонов, электронов или других частиц, которые испускаются или поглощаются кубитом при его измерении.
3. Обработка результатов. Полученные данные от считывающего устройства подвергаются дальнейшей обработке для интерпретации и

анализа. Это может включать в себя вычисление вероятности различных состояний кубита на основе полученной информации.

4. Обратная связь. Полученные данные могут быть использованы для коррекции ошибок или для принятия решений о дальнейших действиях в рамках алгоритма квантового компьютера.

Квантовые исправляющие коды (QEC) являются ключевым инструментом для борьбы с ошибками, возникающими в квантовых вычислениях из-за декогеренции и других источников шума. Квантовые исправляющие коды добавляют дополнительные кубиты к исходной квантовой информации. Они используются для записи дополнительной информации, которая позволяет обнаруживать и исправлять ошибки без разрушения квантового состояния [11].

Охлаждение квантовых компьютеров – это важный аспект их проектирования и эксплуатации. Основная цель охлаждения заключается в создании и поддержании вокруг кубитов очень низких температур, близких к абсолютному нулю. Это необходимо для минимизации влияния тепловых шумов и поддержания квантовых состояний кубитов.

Для охлаждения квантовых компьютеров обычно используются криогенные системы, которые могут включать в себя использование жидкого гелия, а также холодильные машины на основе диффузионных насосов или циркуляционных компрессоров. Охлаждающие системы квантовых компьютеров обычно оснащены системами мониторинга и управления, которые позволяют непрерывно отслеживать температуру и другие параметры окружающей среды и регулировать работу системы в реальном времени.

Изоляция квантовых компьютеров – это процесс и технические меры, которые используются для минимизации воздействия внешней среды на квантовые операции и состояния кубитов. Цель изоляции состоит в том, чтобы предотвратить помехи, шумы и другие внешние воздействия, которые могут негативно сказаться на работе квантового компьютера и на точности его результатов.

Квантовые компьютеры часто размещаются в специальных изоляционных камерах или термосах, которые предназначены для защиты от внешних воздействий. Эти камеры обычно изготавливаются из материалов с высокой тепловой изоляцией. Квантовые компьютеры также могут быть защищены от электромагнитных помех и шумов путем использования экранирования и электромагнитной изоляции. Для минимизации воздействия акустических и вибрационных шумов на квантовые системы могут применяться методы шумоподавления, такие как использование амортизаторов или виброизоляционных платформ.

Глава 2. Использование технологии

2.1. Сферы применения

На данный момент квантовые вычисления все еще находятся в стадии активного исследования и разработки и их практическое применение ограничено. Однако уже существуют определенные сферы, где проводятся эксперименты и тестирование квантовых систем.

В области химического моделирования и фармацевтики квантовые вычисления позволяют более точно и детально моделировать молекулярные структуры и их взаимодействия, что позволяет исследователям понять химические и физические свойства молекул, такие как структура, энергия, спектры и химические связи.

Технология используется для прогнозирования химических свойств новых соединений: реакционной активности, термодинамических параметров, растворимости и токсичности. Квантовые вычисления могут быть использованы для виртуального скрининга большого количества соединений с целью поиска потенциальных кандидатов на лекарственные препараты. Открывается возможность исследования квантовых эффектов, которые могут играть ключевую роль в фотосинтезе, магнитных свойствах белков и молекулярных механизмах болезней. Квантовое моделирование взаимодействия лекарств с белками и рецепторами в организме помогает предсказывать их эффективность и выбирать наиболее подходящие соединения для дальнейших исследований и клинических испытаний. Описанные подходы позволяют исследователям сократить время и затраты на поиск и тестирование новых лекарственных соединений и помогают в оптимизации процесса разработки новых лекарств и материалов.

Технология начинает проникать в область машинного обучения и больших данных, предлагая новые возможности для решения сложных задач анализа информации. Существуют квантовые алгоритмы, способные решать

задачи классификации и регрессии на основе квантовых амплитуд и интерференции. Некоторые из них включают в себя квантовый алгоритм для машинного обучения с использованием подсчета фазы (Quantum Phase Estimation, QPE) и квантовую машину для метода ближайших соседей (Quantum k-Nearest Neighbors, QkNN). Квантовые компьютеры используются для генерации новых признаков, которые затем могут быть использованы в классических алгоритмах машинного обучения. Квантовые алгоритмы применяются для кластеризации данных, что приводит к выявлению скрытых структур и групп в больших объемах информации. Исследователи также изучают возможность создания квантовых вариантов нейронных сетей, которые могут эффективно обрабатывать большие объемы данных и решать сложные задачи распознавания образов, классификации и прогнозирования.

В сфере финансов технология применяется для анализа данных, прогнозирования и оптимизации финансовых стратегий. Использование квантовых вычислений в торговле может помочь улучшить прогнозирование рыночных тенденций, разработать более точные торговые стратегии и сократить временные задержки при принятии решений.

Квантовые вычисления используются для анализа больших объемов данных, которые генерируются в финансовой индустрии: анализ рыночных данных, новостей, отчетов о компаниях и других источников информации для выявления трендов, паттернов и корреляций. Новые алгоритмы применяются для прогнозирования рыночных тенденций и движений ценных бумаг на основе анализа исторических данных и текущих рыночных условий, что может помочь трейдерам и инвесторам принимать более обоснованные решения о покупке, продаже или удержании активов. Применение алгоритмов, учитывающих доходность, риск, ликвидность и корреляцию между активами, приводит к оптимизации портфелей инвестиций, минимизации рисков и максимизации доходности. Квантовые вычисления могут использоваться для разработки и тестирования торговых стратегий на финансовых рынках и торговых системах, которые автоматически принимают решения о покупке и

продаже активов на основе анализа рыночных данных.

2.2. Перспективы

Технология квантовых вычислений представляет собой потенциально революционный подход к обработке информации, который обещает изменить мир вычислений, включая множество сфер применения, от научных исследований до бизнеса и финансов. Несмотря на то, что на текущий момент квантовые компьютеры находятся на стадии развития и экспериментов, у них есть потенциал принести значительные изменения в различные аспекты нашей жизни.

Квантовые компьютеры обещают значительно превзойти классические компьютеры по вычислительной мощности при решении определенных задач. Они могут эффективно решать задачи, которые сейчас являются вычислительно трудоемкими или невозможными для классических компьютеров. Внедрение квантовых вычислений может стимулировать развитие новых областей применения технологий, включая квантовую химию, биологию и метрологию. Это открывает новые возможности для исследований и развития в этих областях.

Возможность связывать несколько квантовых компьютеров в квантовые сети может привести к созданию распределенных систем с большой вычислительной мощностью и возможностью решать сложные задачи совместно. Такие сети могут использоваться для квантовой телепортации информации между различными узлами сети. Это открывает новые возможности для безопасной передачи информации и создания защищенных квантовых коммуникационных каналов. Также квантовые сети могут стать основой для создания квантового интернета, который будет предоставлять высокоскоростной доступ к квантовым вычислительным ресурсам и квантовой информации по всему миру, что, в свою очередь, может привести к

созданию новых услуг и приложений, требующих высокой скорости и безопасности передачи данных.

Квантовые вычисления могут изменить ландшафт криптографии, предоставляя новые методы шифрования и дешифрования, стойкие к атакам квантовых компьютеров и приводящие к повышению уровня безопасности в сфере информационных технологий. Так, например, алгоритм квантовой криптографии BB84 использует свойства квантовых состояний для обеспечения безопасной передачи ключей между пользователями. Благодаря этому можно предотвратить атаки, основанные на принципах классической криптографии, такие как атака подслушивания или вторжение на линию связи.

Квантовые компьютеры могут быть эффективными при взломе существующих алгоритмов шифрования, например, RSA и ECC, основанных на сложности факторизации больших простых чисел или задаче дискретного логарифмирования. Квантовые компьютеры могут эффективно решать такие задачи за счет использования алгоритма Шора, в связи с чем разработка и внедрение квантовой криптографии становится важным направлением для обеспечения безопасности информации в будущем.

Квантовые технологии также могут быть использованы для создания новых методов аутентификации и идентификации, которые будут более надежными и устойчивыми к атакам. Например, квантовые состояния могут быть использованы для создания уникальных квантовых подписей. Такие подписи будет невозможно подделать или скопировать.

2.3. Проблемы технологии

Технология квантовых вычислений открывает удивительные возможности, но также сопряжена с рядом сложных проблем и вызовов.

Создание работающего квантового компьютера требует высокой степени технической экспертизы в области физики, инженерии и информационных

технологий. Для обеспечения стабильной работы квантовых систем необходимо обеспечить высокоточное измерение и управление квантовыми состояниями. Для этого необходима разработка высокоточных датчиков и управляющих устройств, а также методов для компенсации и коррекции ошибок. Интеграция множества компонентов квантового компьютера в работоспособную систему требует разработки специальных технологий и методов с учетом их взаимодействия и совместной работы.

Разработка программного обеспечения для квантовых компьютеров также представляет сложность. Классическое программирование часто не подходит для квантовых вычислений, поэтому необходимо разработать новые языки программирования, алгоритмы и методы для эффективной работы с квантовыми системами.

На текущий момент доступность квантовых компьютеров и квантовых технологий ограничена. Исследование и разработка квантовых технологий также требуют значительных инвестиций в научные исследования, разработку новых технологий и оборудования. Из-за этого затрудняется процесс разработки и тестирования новых методов и приложений, возникают дополнительные вызовы для организаций и исследовательских групп, стремящихся к развитию квантовых вычислений.

Проблема декогеренции представляет собой одно из ключевых ограничений квантовых систем и вычислений. Декогеренция происходит, когда квантовая система взаимодействует с окружающей средой и теряет свою когерентность, что приводит к утрате квантовых свойств и возвращению к классическим состояниям. Это явление ограничивает время работы квантовых устройств и квантовых вычислений и вносит серьезные вызовы в разработку и применение квантовых систем [9].

Квантовые системы чрезвычайно чувствительны к воздействию окружающей среды: тепловой флуктуации, электромагнитным полям, шуму. Внешние факторы могут ускорять процесс декогеренции, в результате которой квантовая система теряет свою способность хранить и обрабатывать

квантовую информацию, что делает бессмысленным использование квантовых свойств в вычислениях и коммуникации. Для уменьшения воздействия внешних факторов требуется высокая степень изоляции, специальные оболочки и экранирование, усложняющие конструкцию и увеличивающие затраты на разработку и производство квантовых устройств.

Также даже при использовании высококачественных материалов и передовых технологий производства квантовые устройства могут содержать дефекты и неоднородности. В процессе выполнения операций с кубитами могут возникать ошибки из-за неточностей в управлении и измерениях, а также из-за неидеальности квантовых вентилях и других устройств. Время жизни квантовой информации ограничено из-за воздействия декогеренции и других факторов. По мере продолжения работы квантовых систем квантовая информация может деградировать, что делает невозможным ее использование для выполнения вычислений или других задач. Таким образом, для обеспечения надежной работы квантовых систем необходимы методы коррекции ошибок, позволяющие обнаруживать и исправлять ошибки в работе устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии квантовых вычислений представляют собой захватывающее направление развития информационных технологий, которое обещает принести существенные изменения в наш мир. Квантовые вычисления имеют потенциал решать сложные задачи, которые на сегодняшний день остаются за пределами возможностей классических компьютеров. Это касается как задач в области науки и техники, так и практических приложений в различных сферах деятельности, включая криптографию, фармацевтику, финансы, машинное обучение и многие другие.

Однако, несмотря на свой потенциал, квантовые вычисления также сталкиваются с рядом вызовов и ограничений. Это включает в себя проблемы декогеренции, ошибок и дефектов, а также технические и инженерные сложности в разработке квантовых устройств и программного обеспечения.

Для успешной реализации потенциала квантовых вычислений необходимо продолжать научные исследования в этой области, развивать новые методы и технологии, а также искать способы применения квантовых вычислений в практике. Это требует совместных усилий со стороны научного сообщества, индустрии и правительственных организаций.

В целом, технологии квантовых вычислений обладают огромным потенциалом для преобразования нашего мира, и их развитие является одним из ключевых направлений научных исследований на данный момент. Следует продолжать исследования в этой области и стремиться к созданию более эффективных и надежных квантовых систем, которые смогут полностью раскрыть свой потенциал в практических приложениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверченков, В.И. Основы научного творчества [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ В.И. Аверченков, Ю.А. Малахов. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. — 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7004>.
2. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.Б. Рыжков. — СПб.: Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/30202>.
3. Астанина, С.Ю. Научно-исследовательская работа студентов (современные требования, проблемы и их решения) [Электронный ресурс]: монография/ С.Ю. Астанина, Н.В. Шестак, Е.В. Чмыхова. — М.: Современная гуманитарная академия, 2012.— 156 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16934>.
4. Губарев, В.В. Квалификационные исследовательские работы [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ В.В. Губарев, О.В. Казанская. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47691>.
5. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Половинкин.— СПб : Лань, 2019. — 364 с.— Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/123469>.
6. Новиков, Ю.Н. Подготовка и защита бакалаврской работы, магистерской диссертации, дипломного проекта [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Новиков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 34 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122187>.
7. Рекомендации по написанию и оформлению курсовой работы, выпускной квалификационной работы и магистерской диссертации [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Е.В. Зудина [и др.]. —

Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2016. — 57 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57785>.

8. Беззатеев, С. В. Основы квантовых вычислений : учебное пособие / С. В. Беззатеев, С. Г. Фомичева. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 81 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/340919>.

9. Мартинсон, Л. К. Квантовая физика : учебное пособие / Л. К. Мартинсон, Е. В. Смирнов. — 5-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2021. — 528 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205904>.

10. Прилипко, В. К. Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 216 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205985>.

11. Хидари, Д. Д. Квантовые вычисления. Прикладной подход / Д. Д. Хидари ; перевод с английского В. А. Яроцкого. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 370 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240920>.