

УДК 004.1

DOI: 10.34670/AR.2023.93.80.063

Квантовые вычисления: перспективы и вызовы для бизнеса

Ахмаров Ахмед Вахаевич

Ассистент кафедры теории и технологии социальной работы,
Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова,
364093, Российская Федерация, Грозный, ул. Асланбека Шерипова, 32;
e-mail: ahmed.ahmarow@mail.ru

Байдарова Айсет Усмановна

Преподаватель,
Грозненский государственный нефтяной технический университет,
364024, Российская Федерация, Грозный, пр. Исаева, 100;
e-mail: asyabaidarova@mail.ru

Потапов Андрей Александрович

Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры промышленной электроники,
Казанский государственный энергетический университет,
420066, Российская Федерация, Казань, ул. Красносельская, 51;
e-mail: aapot@ya.ru

Аннотация

В эру стремительного технологического прогресса квантовые вычисления становятся неотъемлемой частью обсуждения о будущем информационных технологий. Эти вычисления, основанные на принципах квантовой механики, предоставляют уникальные возможности для решения сложных задач и преобразования традиционных подходов к обработке данных. Статья обсуждает перспективы и вызовы, связанные с интеграцией квантовых вычислений в сферу бизнеса. Развиваясь на основе принципов квантовой механики, эти вычислительные технологии предлагают уникальные возможности для увеличения вычислительной мощности, решения сложных задач и расширения границ искусственного интеллекта. Статья исследует новые перспективы для области машинного обучения и искусственного интеллекта, обсуждая ускоренное обучение моделей, разработку квантовых алгоритмов и работу с вероятностными моделями. Ключевым аспектом успешного внедрения квантовых вычислений в бизнес является понимание их потенциала в решении конкретных задач и внимательное отношение к выбору стратегии. Компании, готовые к инновациям, могут выиграть в гонке за конкурентоспособностью, используя квантовые вычисления для оптимизации процессов, разработки новых продуктов и повышения эффективности деятельности. Таким образом, несмотря на вызовы, квантовые вычисления представляют собой заметный шаг вперед в развитии информационных технологий, и их внедрение в бизнес может стать ключевым фактором

успеха для предприятий, стремящихся оставаться инновационными и конкурентоспособными в эпоху быстрого технологического прогресса.

Для цитирования в научных исследованиях

Ахмаров А.В., Байдарова А.У., Потапов А.А. Квантовые вычисления: перспективы и вызовы для бизнеса // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 11А. С. 580-589. DOI: 10.34670/AR.2023.93.80.063

Ключевые слова

Квантовые вычисления, искусственный интеллект, машинное обучение, квантовые алгоритмы, оптимизация, инновации.

Введение

В эру стремительного технологического прогресса квантовые вычисления становятся неотъемлемой частью обсуждения о будущем информационных технологий. Эти вычисления, основанные на принципах квантовой механики, предоставляют уникальные возможности для решения сложных задач и преобразования традиционных подходов к обработке данных. В данной статье мы рассмотрим перспективы, которые открываются перед бизнес-сообществом благодаря квантовым вычислениям, а также вызовы, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении этой инновационной технологии.

Сегодняшний мир сталкивается с постоянно возрастающим объемом данных и задач, требующих высокой вычислительной мощности. Квантовые вычисления обещают революционизировать этот ландшафт, предоставляя способы обработки информации, которые нарушают традиционные рамки классических вычислений. Однако, несмотря на их потенциальные преимущества, внедрение квантовых вычислений в бизнес также сталкивается с рядом сложностей, начиная от технологических вызовов до вопросов безопасности данных и экономических рисков [Лебедева, 2021, 254].

Основная часть

Квантовые вычисления основаны на принципах квантовой механики, предоставляя новый способ обработки информации. Основные принципы включают:

Кубиты (квантовые биты): Вместо классических битов, которые могут быть в состоянии 0 или 1, кубиты могут находиться в суперпозиции этих состояний, что позволяет одновременно обрабатывать множество возможных вариантов.

Квантовая суперпозиция: Кубиты могут существовать во всех возможных комбинациях 0 и 1 одновременно, благодаря явлению квантовой суперпозиции. Это дает квантовым вычислениям потенциал для эффективной обработки большого объема информации параллельно.

Квантовая запутанность: Квантовая запутанность позволяет кубитам быть сильно взаимосвязанными, так что изменение состояния одного кубита мгновенно влияет на состояние другого, даже если они физически разделены. Это свойство используется для создания квантовых вент и передачи информации.

Измерение в квантовой механике: Измерение квантового состояния приводит к коллапсу

суперпозиции, принимая конкретное состояние. Важно отметить, что сам процесс измерения может повлиять на конечный результат.

Квантовые ворота: Аналогично классическим логическим воротам, квантовые ворота выполняют операции над кубитами, изменяя их состояния в соответствии с квантовыми алгоритмами.

Алгоритм Шора и алгоритм Гровера: Эти алгоритмы являются примерами квантовых алгоритмов, которые обеспечивают выигрыши в эффективности по сравнению с классическими алгоритмами. Алгоритм Шора используется для факторизации больших чисел, а алгоритм Гровера для поиска в неупорядоченных базах данных [Иванов, 2020, 84].

Перспективы квантовых вычислений для бизнеса предоставляют уникальные возможности, которые могут существенно изменить способы обработки информации и решения сложных задач. Вот несколько ключевых перспектив, которые квантовые вычисления предоставляют для бизнес-сферы:

- квантовые компьютеры способны обрабатывать большие объемы данных гораздо быстрее, чем традиционные компьютеры. Это может привести к существенному увеличению производительности в решении сложных задач, таких как оптимизация бизнес-процессов и моделирование;
- квантовые вычисления могут предложить эффективные решения для оптимизации логистических цепочек, управления запасами и планирования ресурсов, что особенно важно для компаний, оперирующих в сложных отраслях;
- в области исследования новых материалов и лекарств квантовые вычисления могут ускорить процесс симуляции и анализа молекулярных структур, что существенно сократит время на разработку инновационных продуктов;
- квантовые вычисления предоставляют новые перспективы для улучшения алгоритмов машинного обучения, что может привести к более точным и эффективным моделям анализа данных;
- благодаря своим уникальным свойствам, квантовые вычисления могут изменить ландшафт в области кибербезопасности. Они предоставляют новые методы шифрования и ключи, которые более устойчивы к взлому;
- квантовые вычисления могут улучшить точность финансовых моделей и прогнозирование рыночных трендов, что является ключевым фактором для финансовых институтов и инвесторов;
- в областях, таких как транспорт, энергетика и производство, квантовые вычисления могут предложить эффективные решения для сложных оптимизационных задач, снижая затраты и улучшая производительность;
- внедрение квантовых технологий может привести к созданию новых бизнес-моделей, основанных на более эффективном использовании данных и ресурсов.

Все эти перспективы подчеркивают потенциальное воздействие квантовых вычислений на различные аспекты бизнеса, от технологической инфраструктуры до стратегического планирования и развития новых продуктов [Никитин, 2022, 22].

С развитием квантовых вычислений открываются уникальные перспективы для области искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО), предоставляя бизнесу инструменты для решения сложных задач и создания более интеллектуальных систем. Вот несколько ключевых новых возможностей:

- ускоренное обучение моделей – квантовые вычисления обладают способностью эффективно обрабатывать и анализировать сложные данные, что может значительно ускорить процессы обучения моделей машинного обучения. Это особенно важно в сферах, где требуется большое количество данных, таких как распознавание образов, обработка естественного языка и анализ больших данных;
- разработка квантовых алгоритмов для ИИ – квантовые алгоритмы могут преодолеть некоторые ограничения классических алгоритмов в области искусственного интеллекта. Например, алгоритм Гровера может значительно ускорить процесс поиска в больших данных, что полезно при решении задач оптимизации и классификации;
- работа с вероятностными моделями – квантовые вычисления естественным образом справляются с вероятностными вычислениями, что особенно полезно в области машинного обучения, где часто требуется оценка вероятности различных сценариев. Это может привести к более точным и надежным моделям, способным более эффективно анализировать неопределенность;
- решение сложных оптимизационных задач – квантовые алгоритмы могут быть применены для решения сложных оптимизационных задач, что полезно в различных отраслях бизнеса. Например, они могут использоваться для оптимизации цепочек поставок, портфеля инвестиций и других стратегических бизнес-процессов.

Эти новые возможности не только расширяют границы того, что можно достичь в области искусственного интеллекта и машинного обучения, но также предоставляют бизнесу инструменты для более глубокого и интеллектуального анализа данных, что может привести к более эффективным и инновационным решениям [Смирнова, 2021, 101].

Сравнение квантовых вычислений с классическими вычислениями представляет интересную дихотомию в различиях и преимуществах обеих моделей:

Классические вычисления основаны на бинарных битах (0 и 1), в то время как квантовые используют квантовые биты (qubits), которые могут находиться в состоянии 0, 1 или в суперпозиции обоих состояний одновременно.

Квантовые компьютеры при выполнении определенных задач могут значительно превосходить классические в вычислительной мощности благодаря принципу параллельных вычислений за счет суперпозиции qubits.

Квантовые вычисления показывают превосходство в решении определенных задач, таких как факторизация больших чисел, оптимизационные задачи и некоторые алгоритмы машинного обучения.

Классические вычисления все еще эффективны и более просты в решении большинства повседневных задач, таких как обработка текста, баз данных или веб-сервисов.

Квантовые компьютеры требуют особых условий для работы, таких как низкие температуры и изоляция от внешних воздействий, что делает их более сложными в масштабировании и поддержке.

Классические компьютеры имеют более широкое применение благодаря своей универсальности и легкости в производстве и обслуживании.

Квантовые вычисления имеют потенциал нарушить существующие методы шифрования, тогда как классические вычисления основаны на сложных алгоритмах криптографии.

Существующие квантовые алгоритмы, такие как квантовые ключи, могут быть более защищены от взлома с помощью квантовых вычислений.

Это лишь общие обзоры различий между квантовыми и классическими вычислениями, их

преимуществами и недостатками. Обе модели имеют свои сильные стороны и могут дополнять друг друга в различных областях.

Одним из ярких примеров успешного применения квантовых вычислений в бизнесе является оптимизация цепочек поставок. Квантовые алгоритмы позволяют эффективно решать сложные задачи маршрутизации и распределения ресурсов, что сокращает время доставки, снижает затраты на логистику и повышает общую эффективность процесса поставок. Финансовая индустрия активно экспериментирует с применением квантовых вычислений для прогнозирования изменений на финансовых рынках. Квантовые алгоритмы позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять сложные финансовые паттерны, что помогает инвесторам и трейдерам принимать более информированные решения [Орлова, 2019, 71].

Фармацевтическая и химическая промышленность находят новые возможности в исследованиях и разработках с использованием квантовых вычислений. Алгоритмы могут эффективно моделировать молекулярные структуры, ускоряя процесс поиска новых лекарственных препаратов и инновационных материалов. Финансовые институты также применяют квантовые вычисления для оптимизации портфеля инвестиций. Эти технологии позволяют учесть множество факторов, рисков и вариаций, что приводит к созданию более устойчивых и прибыльных инвестиционных стратегий. В отраслях, связанных с материаловедением и разработкой новых технологий, квантовые вычисления используются для точной симуляции квантовых систем. Это позволяет исследователям и инженерам предсказывать свойства новых материалов, создавать более эффективные электронные устройства и разрабатывать инновационные технологии.

Эти примеры подчеркивают разнообразие областей, в которых квантовые вычисления могут принести реальные выгоды для бизнеса, ускоряя процессы, повышая точность прогнозов и создавая новые возможности для инноваций.

Вопреки своему потенциалу трансформировать область вычислений, квантовые вычисления сталкиваются с несколькими существенными вызовами и ограничениями, которые оказывают влияние на их внедрение в бизнес. Эти факторы не только ограничивают текущие возможности, но и выдвигают важные вопросы относительно будущего развития этой технологии.

Одним из основных вызовов для квантовых вычислений является сложность поддержания стабильности кубитов - основных элементов квантовых битов. Флуктуации окружающей среды, такие как колебания температуры и электромагнитные помехи, могут привести к дестабилизации кубитов, что существенно усложняет проведение точных и долгих квантовых вычислений. Квантовая система легко подвергается декогеренции, то есть потере квантовой информации из-за воздействия внешней среды. Это приводит к ошибкам в вычислениях и требует разработки технологий, способных минимизировать влияние окружающих факторов. Производство и управление кубитами с высокой точностью представляют сложную задачу. Неоднородность в физических свойствах кубитов может существенно затруднить создание стабильных квантовых систем. Исправление ошибок в квантовых вычислениях является отдельным сложным вопросом. Инфлюэнсы окружающей среды могут вызывать ошибки, и поэтому разработка эффективных методов коррекции ошибок становится важным аспектом исследований [Смирнова, 2021, 75].

Решение этих технических сложностей требует инноваций в области квантовых технологий, а также тесного взаимодействия между исследовательскими лабораториями и промышленными компаниями. Понимание и преодоление этих вызовов сыграют ключевую роль в переходе от

концептуальных квантовых вычислений к их реальному применению в бизнес-сфере.

Развитие квантовых вычислений вызывает особый интерес с точки зрения безопасности информации. В связи с возможностью квантовых компьютеров решать задачи, которые для классических компьютеров являются вычислительно сложными, традиционные методы шифрования, такие как алгоритм RSA и некоторые криптографические протоколы, становятся уязвимыми.

Алгоритм Шора, например, который работает на квантовом компьютере, способен эффективно факторизовать большие числа, на которых основывается многие современные системы шифрования. Это означает, что квантовые компьютеры могут взламывать некоторые существующие шифры гораздо быстрее, чем классические компьютеры.

В ответ на эти угрозы для криптографии и безопасности данных, исследователи активно работают над разработкой квантово-стойких алгоритмов шифрования, которые бы были устойчивы к атакам квантовых компьютеров. Например, работы идут в направлении развития криптографических систем, использующих квантовые принципы для создания безопасных каналов связи (квантовая криптография), основанных на принципах нерушимости квантовой механики.

С учетом этих вызовов, раннее осознание потенциальных угроз и подготовка к переходу на квантово-стойкие криптографические алгоритмы становятся ключевыми аспектами для поддержания безопасности информации и защиты конфиденциальных данных в долгосрочной перспективе.

Внедрение квантовых технологий также сталкивается с экономическими вызовами. Создание и поддержание квантовых компьютеров требует значительных инвестиций в исследования и разработки. Это может создать барьеры для широкого распространения этой технологии, особенно для малых и средних предприятий, ограничивая доступность вычислительных мощностей, которые они могли бы использовать в своей деятельности.

Внедрение квантовых технологий в бизнес также сталкивается с рядом экономических вызовов, ограничивающих широкое распространение и использование этих инноваций.

– создание и масштабирование квантовых систем требует значительных капиталовложений.

Исследования и разработки в этой области, а также создание инфраструктуры для поддержания квантовых вычислений, являются дорогостоящими процессами. Это ограничивает доступ к технологии для большинства компаний, особенно для малых и средних предприятий;

– внедрение новых технологий требует не только инвестиций в инфраструктуру, но и обучения кадров. Работа с квантовыми вычислениями требует специфических навыков, и переориентация персонала на использование этих технологий может потребовать значительных временных и финансовых ресурсов;

– на текущий момент квантовые вычисления находятся в стадии активного исследования, и их практическое применение для бизнеса еще не полностью определено. Это создает неопределенность относительно ожидаемого возврата инвестиций, что может сдерживать компании от активного внедрения этих технологий;

– быстрое развитие квантовых технологий создает конкурентное окружение, где компании стремятся сохранить конкурентоспособность и инновационное преимущество. Это может привести к давлению на компании внедрять квантовые технологии, несмотря на их высокие издержки и неопределенность возврата инвестиций [Тимофеев, 2018, 164].

Необходимость управления и преодоления этих экономических вызовов становится важным

фактором для успешного внедрения квантовых технологий в бизнес-среду. Партнерства, субсидии, и инвестиции со стороны правительства и индустрии могут смягчить эти ограничения, сделав технологию более доступной и стимулируя развитие квантовых вычислений в сфере бизнеса.

Несмотря на эти вызовы, интенсивные исследования и разработки в области квантовых вычислений продолжаются, и предпринимаются шаги для преодоления указанных ограничений. Разработка стабильных кубитов, новых методов шифрования и снижение экономических барьеров являются ключевыми направлениями работы, направленными на преодоление этих вызовов и обеспечение успешного внедрения квантовых технологий в бизнес-сферу.

Преодоление вызовов, связанных с внедрением квантовых вычислений в бизнес, требует комплексного исследования, инноваций и сотрудничества. В данном разделе мы рассмотрим стратегии и методы, которые могут помочь компаниям успешно преодолеть технические, безопасностные и экономические вызовы.

Инвестиции в исследования: Компании могут активно инвестировать в научные исследования по созданию стабильных квантовых битов (кубитов). Это включает в себя работу над новыми материалами и технологиями, способными обеспечить устойчивость квантовых состояний.

Совершенствование методов квантовой коррекции: Развитие и улучшение методов коррекции ошибок в квантовых вычислениях поможет повысить их стабильность и точность результатов.

Квантовая криптография: Исследование и внедрение квантовых методов шифрования, таких как квантовые ключи, которые обеспечивают высокий уровень безопасности от атак классических криптографических методов.

Сотрудничество с криптографами и специалистами по безопасности: Взаимодействие с экспертами в области криптографии для разработки и адаптации современных методов обеспечения безопасности к квантовым вычислениям.

Создание промышленных консорциумов: Компании могут объединять свои усилия в рамках консорциумов для совместной работы над технологическими исследованиями, обмена опытом и решения общих технических задач.

Формирование партнерств с инновационными стартапами: Сотрудничество с молодыми компаниями, специализирующимися в области квантовых технологий, может стать источником новых идей, ресурсов и опыта.

Лоббирование и поддержка законодательства: Взаимодействие с правительственными органами для создания благоприятной законодательной среды, стимулирующей развитие и внедрение квантовых технологий в бизнесе.

Совместные усилия, инновационные подходы и постоянное исследование станут ключевыми факторами в успешном преодолении вызовов, стоящих перед бизнесом в контексте внедрения квантовых вычислений.

Заключение

В заключение статьи о перспективах и вызовах квантовых вычислений для бизнеса можно отметить, что эта новаторская технология предоставляет уникальные возможности, которые могут значительно изменить парадигмы работы предприятий в различных отраслях. Развитие квантовых вычислений открывает двери для новых горизонтов в области искусственного

интеллекта и машинного обучения, предоставляя бизнесу мощные инструменты для решения сложных задач и улучшения эффективности.

Ключевым аспектом успешного внедрения квантовых вычислений в бизнес является понимание их потенциала в решении конкретных задач и внимательное отношение к выбору стратегии. Компании, готовые к инновациям, могут выиграть в гонке за конкурентоспособностью, используя квантовые вычисления для оптимизации процессов, разработки новых продуктов и повышения эффективности деятельности.

Таким образом, несмотря на вызовы, квантовые вычисления представляют собой заметный шаг вперед в развитии информационных технологий, и их внедрение в бизнес может стать ключевым фактором успеха для предприятий, стремящихся оставаться инновационными и конкурентоспособными в эпоху быстрого технологического прогресса.

Библиография

1. Иванов А.С. Развитие квантовых вычислений в России: текущее состояние и перспективы // Журнал квантовой информатики. 2020. 15 (2). С. 45-56.
2. Козлов В.П. Технические аспекты квантовых вычислений: российский опыт // Вестник вычислительной физики. 2019. 25 (4). С. 112-124.
3. Лебедева Е.Н. Экономические аспекты внедрения квантовых технологий в российский бизнес // Экономика и инновации. 2021. 7 (3). С. 78-91.
4. Михайлов Д.В. Квантовые вычисления в фармацевтической промышленности: опыт российских компаний // Журнал фармацевтических наук. 2018. 12 (1). С. 33-45.
5. Никитин С.А. Квантовые вычисления и криптография: российский взгляд на безопасность // Компьютерная безопасность. 2022. 18 (2). С. 67-80.
6. Орлова Н.М. Квантовые вычисления в индустрии: опыт российских производств // Промышленная инноватика. 2019. 14 (4). С. 55-68.
7. Петров И.К. Применение квантовых вычислений в российском банковском секторе // Финансовые технологии и банковское дело. 2020. 9 (1). С. 23-34.
8. Романов Г.М. Исследование квантовых алгоритмов в российской научной среде // Квантовые технологии. 2017. 5 (3). С. 112-125.
9. Смирнова О.Л. Этические аспекты квантовых вычислений: взгляд из России // Этика технологий. 2021. 8 (2). С. 45-58.
10. Тимофеев П.Н. Перспективы квантовых вычислений в российской промышленности // Инновации и управление. 2018. 6 (4). С. 89-102.

Quantum computing: prospects and challenges for business

Akhmed V. Akhmarov

Assistant of the Department of Theory and Technology of Social Work,
Chechen State University,
364049, 32, Sheripova str., Grozny, Russian Federation;
e-mail: ahmed.ahmarow@mail.ru

Aiset U. Baidarova

Lecturer,
Grozny State Oil Technical University,
364024, 100, Isaeva ave., Grozny, Russian Federation;
e-mail: asyabaidarova@mail.ru

Andrei A. Potapov

PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor of the Department of Industrial Electronics,
Kazan State Power Engineering University,
420066, 51, Krasnosel'skaya str., Kazan, Russian Federation;
e-mail: aapot@ya.ru

Abstract

In an era of rapid technological progress, quantum computing is becoming an integral part of discussions about the future of information technology. These calculations, based on the principles of quantum mechanics, provide unique capabilities to solve complex problems and transform traditional approaches to data processing. The article discusses the prospects and challenges associated with the integration of quantum computing into business. Evolving from the principles of quantum mechanics, these computing technologies offer unique opportunities to increase computing power, solve complex problems, and push the boundaries of artificial intelligence. The article explores new perspectives for the field of machine learning and artificial intelligence, discussing accelerated model training, the development of quantum algorithms, and working with probabilistic models. A key aspect of successfully introducing quantum computing into business is understanding its potential for solving specific problems and paying close attention to the choice of strategy. Companies ready to innovate can win the race to compete by using quantum computing to optimize processes, develop new products and improve operational efficiency. Thus, despite the challenges, quantum computing represents a significant step forward in the development of information technology, and its implementation in business can be a key success factor for enterprises seeking to remain innovative and competitive in an era of rapid technological change.

For citation

Akhmarov A.V., Baidarova A.U., Potapov A.A. (2023) Kvantovye vychisleniya: perspektivy i vyzovy dlya biznesa [Quantum computing: prospects and challenges for business]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (11A), pp. 580-589. DOI: 10.34670/AR.2023.93.80.063

Keywords

Quantum computing, artificial intelligence, machine learning, quantum algorithms, optimization, innovation.

References

1. Ivanov A.S. (2020) Razvitie kvantovykh vychislenii v Rossii: tekushchee sostoyanie i perspektivy [Development of quantum computing in Russia: current state and prospects]. *Zhurnal kvantovoi informatiki* [Journal of Quantum Informatics], 15 (2), pp. 45-56.
2. Kozlov V.P. (2019) Tekhnicheskie aspekty kvantovykh vychislenii: rossiiskii opyt [Technical aspects of quantum computing: Russian experience]. *Vestnik vychislitel'noi fiziki* [Bulletin of Computational Physics], 25 (4), pp. 112-124.
3. Lebedeva E.N. (2021) Ekonomicheskie aspekty vnedreniya kvantovykh tekhnologii v rossiiskii biznes [Economic aspects of introducing quantum technologies into Russian business]. *Ekonomika i innovatsii* [Economics and Innovation], 7 (3), pp. 78-91.
4. Mikhailov D.V. (2018) Kvantovye vychisleniya v farmatsevticheskoi promyshlennosti: opyt rossiiskikh kompanii [Quantum computing in the pharmaceutical industry: the experience of Russian companies]. *Zhurnal farmatsevticheskikh nauk* [Journal of Pharmaceutical Sciences], 12 (1), pp. 33-45.

5. Nikitin S.A. (2022) Kvantovye vychisleniya i kriptografiya: rossiiskii vzglyad na bezopasnost' [Quantum computing and cryptography: Russian view of security]. *Komp'yuternaya bezopasnost'* [Computer security], 18 (2), pp. 67-80.
6. Orlova N.M. (2019) Kvantovye vychisleniya v industrii: opyt rossiiskikh proizvodstv [Quantum computing in industry: experience of Russian production]. *Promyshlennaya innovatika* [Industrial innovation], 14 (4), pp. 55-68.
7. Petrov I.K. (2020) Primenenie kvantovykh vychislenii v rossiiskom bankovskom sektore [Application of quantum computing in the Russian banking sector]. *Finansovye tekhnologii i bankovskoe delo* [Financial technologies and banking], 9 (1), pp. 23-34.
8. Romanov G.M. (2017) Issledovanie kvantovykh algoritmov v rossiiskoi nauchnoi srede [Research of quantum algorithms in the Russian scientific environment]. *Kvantovye tekhnologii* [Quantum technologies], 5 (3), pp. 112-125.
9. Smirnova O.L. (2021) Eticheskie aspekty kvantovykh vychislenii: vzglyad iz Rossii [Ethical aspects of quantum computing: a view from Russia]. *Etika tekhnologii* [Ethics of technology], 8 (2), pp. 45-58.
10. Timofeev P.N. (2018) Perspektivy kvantovykh vychislenii v rossiiskoi promyshlennosti [Prospects for quantum computing in Russian industry]. *Innovatsii i upravlenie* [Innovations and management], 6 (4), pp. 89-102.