

**Экспериментальное
программное обеспечение управления АПК для технологии квантовых
вычислений на основе ионов**

v 1.1

Описание функциональных характеристик ПО

2022 г



лиц

Оглавление

Аннотация	2
Архитектура решения	3
Функциональные характеристики	4
Цели и назначение	4
Ключевые функции	4
Предоставление доступа через веб - интерфейс системы	4
Информирование пользователя о текущем состоянии системы	5
Обеспечение доступа к различным функционально совместимым квантовым архитектурам	5
Информирование пользователя о функциональных возможностях квантовой архитектуры	6
Возможность выбрать один из нескольких готовых квантовых алгоритмов;	7
Возможность реализовать собственный алгоритм	7
Возможность загрузки своих входных данных	8
Получение конечного результата через веб-интерфейс	9
Информация необходимая для эксплуатации ПО	11

Аннотация

Данный документ, описание функциональных характеристик ПО, представляет собой описание функциональных возможностей экспериментального программного обеспечения управления АПК для технологии квантовых вычислений на основе ионов, разработанного в рамках деятельности Лидирующего исследовательского центра «Квантовые вычисления» (далее - Система).

Правообладатель - Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр квантовой оптики и квантовых технологий» (ООО «МЦКТ»)

Архитектура решения

Система построена по трехуровневой модульной структуре (рис.1), позволяющей реализовать удобный абстрактный интерфейс для взаимодействия на высоком уровне, осуществить оптимизацию входных алгоритмов для конкретного вычислителя и отправить задачу непосредственно на квантовый вычислительный модуль.

Входные данные поступают через веб-интерфейс ОПКВ, обработка данных осуществляется одним из выбранных алгоритмов, после чего производится преобразование задачи. Преобразование состоит в трансляции переменных задачи на состояния кубитов (или кудитов), а операции с переменными в набор квантовых операций над кубитами (кудитами), которые далее передаются на обработку в ИКВ.



Рисунок 1. Общая архитектура системы

Функциональные характеристики

Цели и назначение

Основная цель разработки системы – обеспечение удаленного доступа к ионному квантовому компьютеру (ИКВ) с использованием веб-интерфейса облачной платформы квантовых вычислений (ОПКВ).

Назначение - система предназначена для реализации квантовых алгоритмов на ионном квантовом регистре с использованием базовых однокубитных и двухкубитных квантовых вентилях (гейтов).

Разработка проведена в соответствии с дорожной картой развития СЦТ “Квантовые технологии”. Данный проект напрямую связан с реализацией ключевой субтехнологии – квантовые вычисления (разработка квантового компьютера, построенного на архитектуре ионов в ловушках).

Ключевые функции

Система реализует следующие функции для конечного пользователя:

- предоставление доступа через веб-интерфейс;
- информирование пользователя о текущем состоянии системы;
- обеспечение доступа к различным функционально совместимым квантовым архитектурам;
- информирование пользователя о функциональных возможностях квантовой архитектуры;
- возможность выбрать один из нескольких готовых квантовых алгоритмов;
- возможность реализовать собственный алгоритм путем выполнения последовательности заранее запрограммированных однокубитных и двухкубитных операций;
- возможность загрузки своих входных данных через веб-интерфейс системы;
- получение конечного результата через веб-интерфейс

Предоставление доступа через веб - интерфейс системы

Новые пользователи могут зарегистрироваться на сайте, чтобы получить доступ к полному функционалу платформы

Регистрация нового пользователя

1. На странице авторизации перейдите по ссылке “Зарегистрироваться”
2. Введите свой e-mail, имя пользователя, пароль и подтверждение пароля
3. Зарегистрируйтесь по кнопке “Зарегистрироваться”
4. Перейдите по ссылке в письме, отправленном на указанный вами e-mail

Информирование пользователя о текущем состоянии системы

Предусмотрено информирование пользователя о текущем состоянии системы в разделе “Дашборд” (рис.2).

Данный раздел содержит сводную информацию:

- статистика запуска квантовых алгоритмов на универсальных квантовых вычислителях;
- статистика запуска квантовых алгоритмов на специализированных квантовых вычислителях;
- анализ доступности сервисов;
- статистика реализованных запусков квантовых алгоритмов

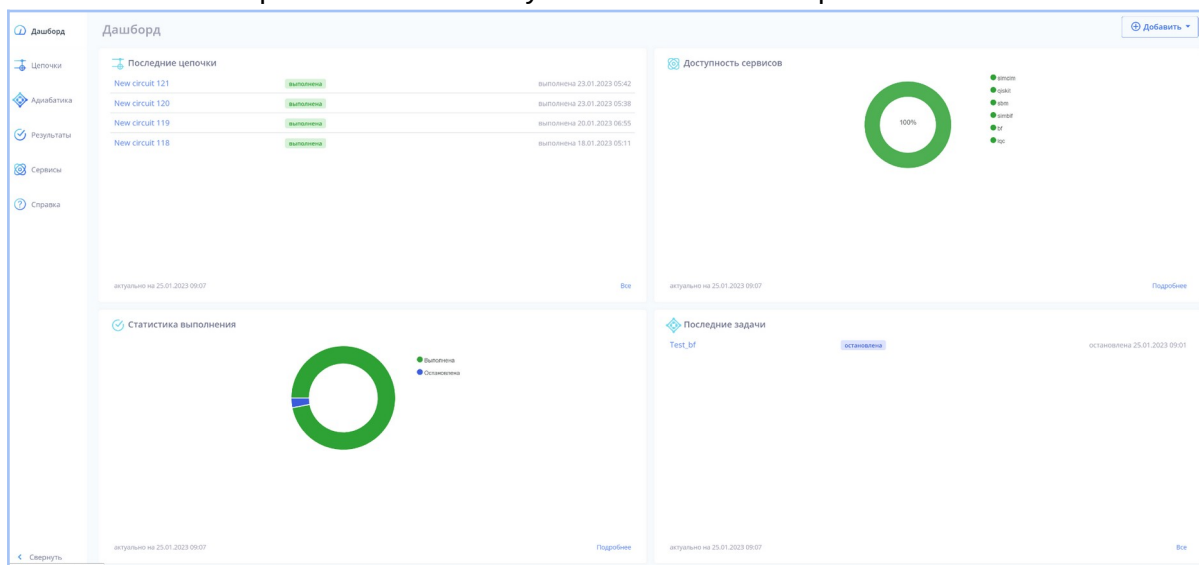


Рисунок 2. Визуализация раздела “Дашборд”

Обеспечение доступа к различным функционально совместимым квантовым архитектурам

Система обеспечивает доступ к различным архитектурам квантовых вычислителей - универсальные и специализированные. Список доступных квантовых бекэндов отражен в разделе “Сервисы” (рис. 3).

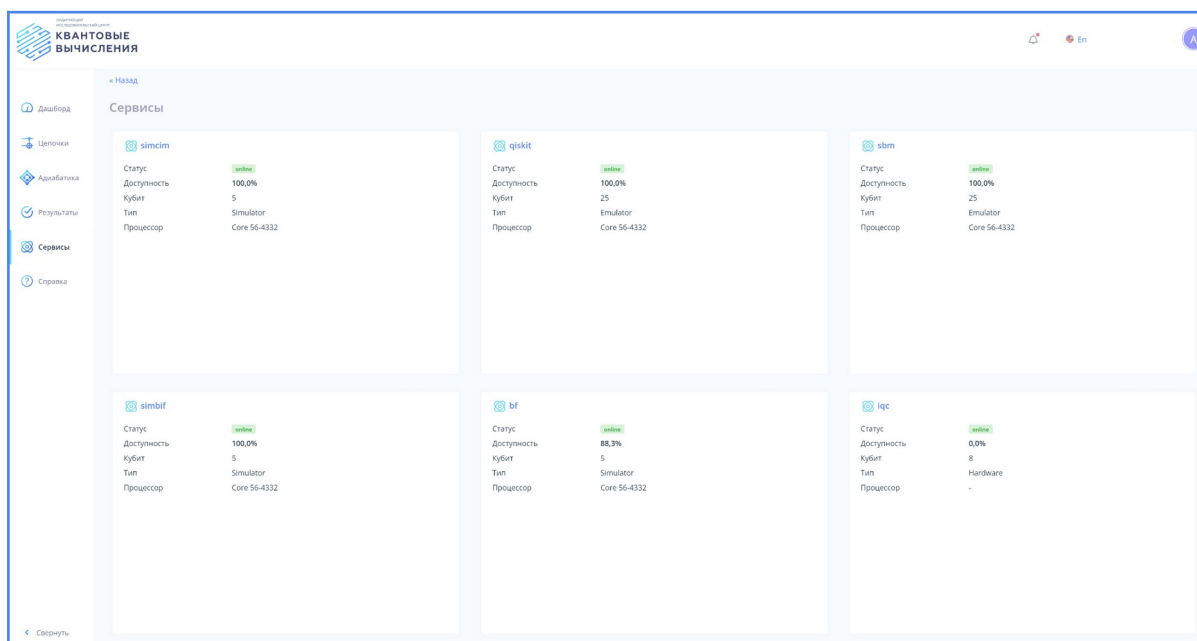


Рисунок 3. Визуализация раздела “Сервисы”

Реализовано подключение к различным квантовым бэкендам:

1. Универсальные квантовые компьютеры. Реализовано подключение к универсальным квантовым архитектурам - qiskit, ионному квантовому вычислителю (iqc).
2. Специализированные квантовые компьютеры. Реализовано подключение к адиабатическому квантовому симулятору - bf(brute-force).

Информирование пользователя о функциональных возможностях квантовой архитектуры

Функциональные возможности доступных квантовых архитектур представлены в разделе “ Сервисы” . Для каждого сервиса приводится следующая информация:

1. Статус
2. Доступность
3. Количество кубит
4. Тип
5. Процессор

Общая информация о квантовых архитектурах приведена в разделе “Справка”.

1. Универсальные квантовые компьютеры - способны реализовать произвольные квантовые алгоритмы.

2. Специализированные квантовые компьютеры - направлены на решение конкретной специфической задачи. Vf позволяет решать комбинаторные оптимизационные задачи методом полного перебора всех возможных вариантов.

Возможность выбрать один из нескольких готовых квантовых алгоритмов;

Реализована возможность выбора готовых квантовых алгоритмов Гровера и Бернштейна Вазирани. Для запуска готового алгоритма необходимо переключиться на вкладку “Код” раздела “Цепочки” и осуществить запуск кода для соответствующего алгоритма (рис. 4).

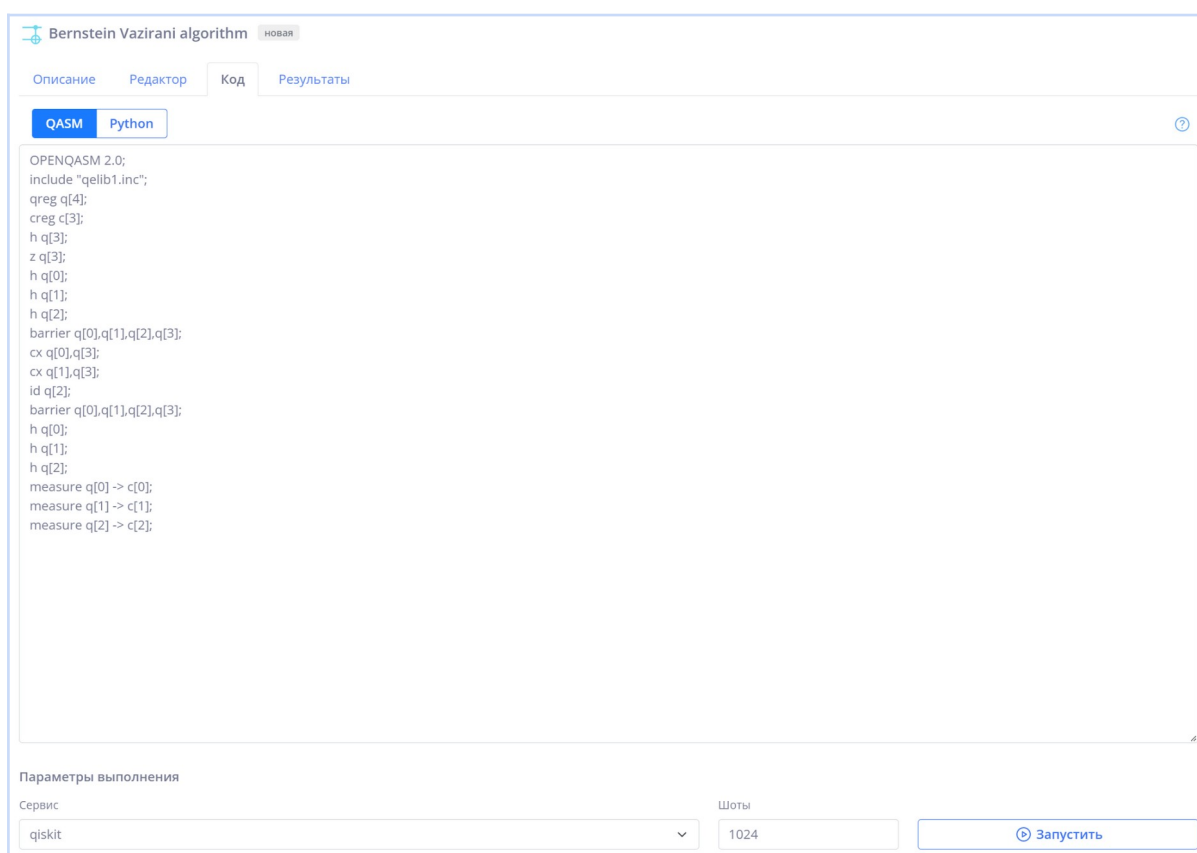


Рисунок 4. Визуализация раздела “код” среды разработки системы

Возможность реализовать собственный алгоритм

Квантовое представление зависит от выбранного квантового бэкенда и может быть реализовано в виде:

- матрица QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization или квадратичная бинарная оптимизация без ограничений), в случае использования адиабатического квантового бэкенда
- квантовая цепочка(схема) - последовательность вентильных операций, в случае с использованием универсального квантового бэкенда

Создание цепочки через визуальный или текстовый редактор

1. Зайдите на страницу списка цепочек “Цепочки”
2. Нажмите кнопку “Добавить цепочку”
3. Задайте название вашей цепочки в блоке “Описание” и сохраните кнопкой “Сохранить”
4. Перейдите во вкладку “Редактор” или “Код” для создания цепочки с помощью графического или текстового редактора соответственно
5. Опишите цепочку с использованием визуального набора гейтов или языка программирования OpenQASM, Python
6. Перейдите на вкладку “Описание” и нажмите “Сохранить”

Реализация пользовательского алгоритма с использованием адиабатического бэкенда осуществляется путем загрузки квантового представления входной задачи в виде матрицы QUBO.

1. Зайдите на страницу системы “Адиабатика”
2. Нажмите кнопку “Добавить задачу”
3. Задайте название вашей задачи в блоке “Описание” и сохраните кнопкой “Сохранить”
4. Загрузите QUBO матрицу в виде файла .pru
5. На вкладке “Описание” нажмите “Сохранить”

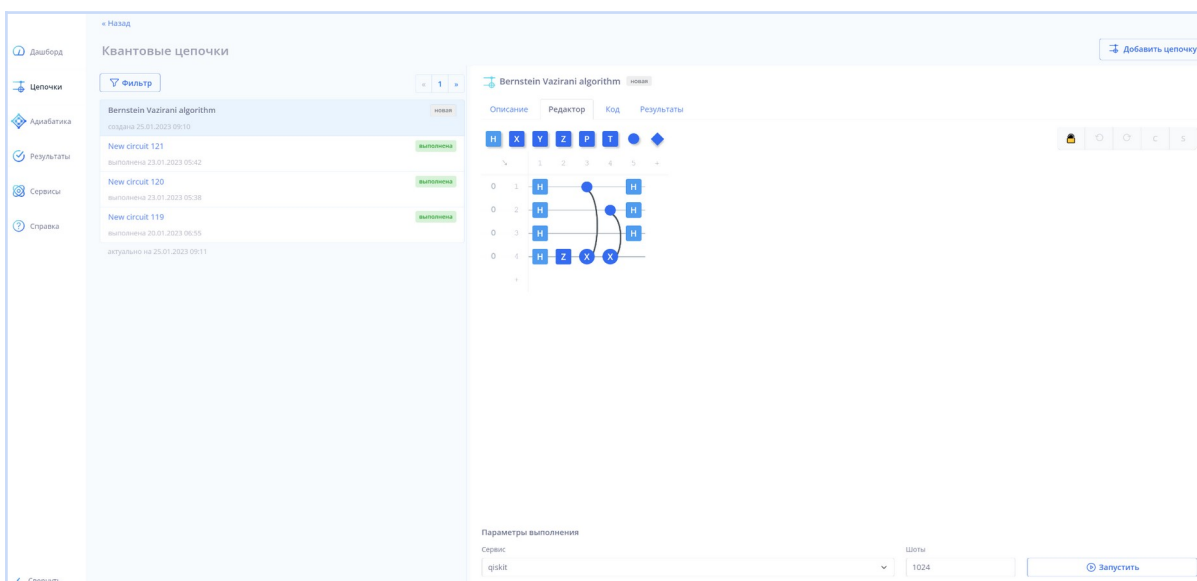


Рисунок 5. Визуализация раздела “Сервисы”

Возможность загрузки своих входных данных

Запуск вентильной задачи (рис.5)

1. Зайдите на страницу списка цепочек “Цепочки”
2. Задайте желаемую цепочку
3. На вкладке “Редактор” выберите доступный сервис в блоке “Сервис”
4. Задайте количество запусков в блоке “Шоты”

5. Запустите по кнопке “Запустить”

Запуск оптимизационной задачи (рис.6)

1. Зайдите на страницу списка адиабатических вычислений “Адиабатика”
2. На вкладке “Описание” выберете доступный сервис в блоке “Сервис”
3. Загрузите желаемую QUBO матрицу в виде файла .пру
4. Запустите по кнопке “Запустить”

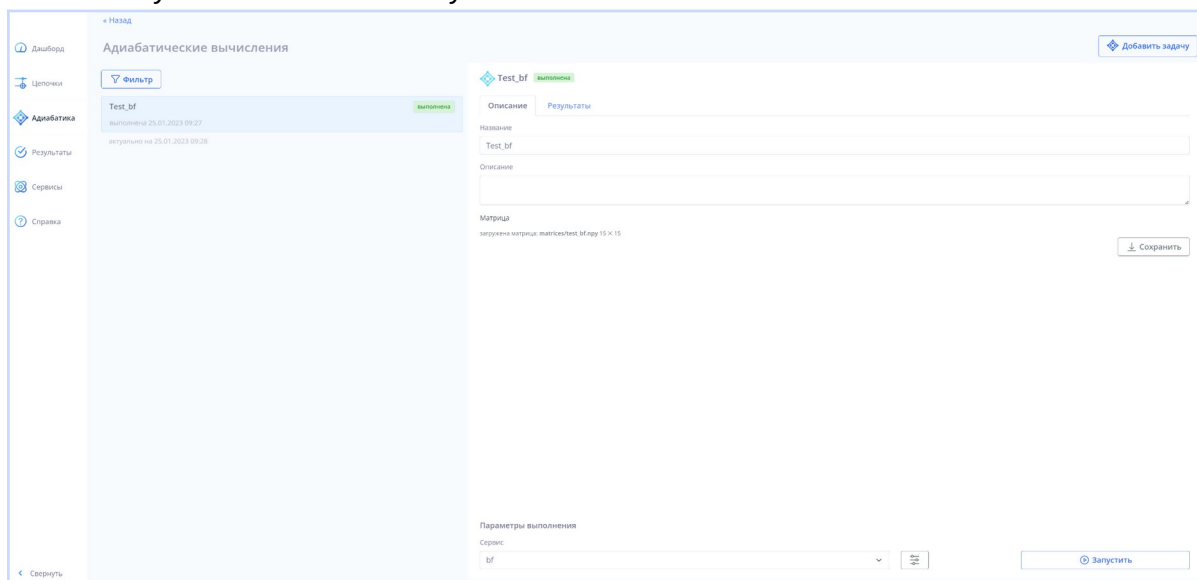


Рисунок 6. Визуализация раздела “Адиабатика”

Получение конечного результата через веб-интерфейс

Система предоставляет доступ к просмотру истории созданных и выполненных задач, а также возможность просмотра статистики по выполненным задачам.

Просмотр статистики выполненной задачи

1. Зайдите на страницу списка задач “Результаты”
2. Для просмотра конечного результата значение фильтра установите на “выполнено”
3. Выберете желаемую задачу
4. Просмотрите гистограмму распределения различных измерений

Для каждой запущенной задачи приводится следующая информация:

1. Наименование задачи
2. Статус запуска
3. Сервис, на котором был реализован запуск
4. Лог выполнения задачи
5. График распределения полученных результатов запуска

Дополнительно для каждой отдельной задачи, которая была реализована на универсальном или адиабатическом вычислителе, результаты отображаются на вкладке “Результаты” в соответствующем разделе системы.

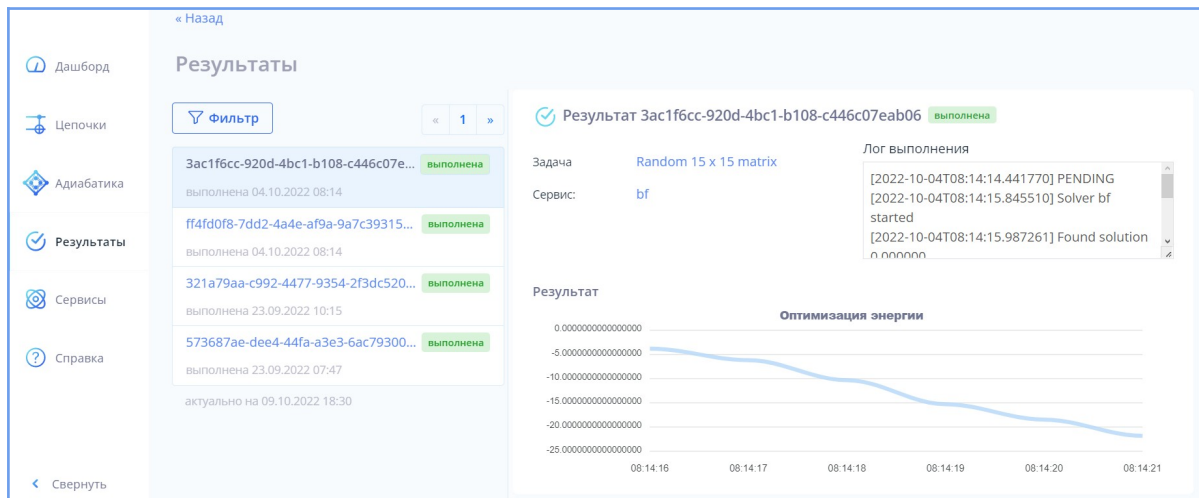


Рисунок 6. Визуализация раздела “Результаты”

Информация необходимая для эксплуатации ПО

Система распространяется в виде интернет-сервиса, специальные действия по установке на стороне пользователя не требуются.

Система представляет из себя сервис, который позволяет управлять квантовым регистром ионов в ловушке в режиме кубитов или кудитов для совершения квантовых вычислительных операций через платформу облачного доступа . С системой можно работать с любого устройства, подключенного к интернету. Для эксплуатации системы необходимо установить один из браузеров последних версий:

- Google Chrome;
- Apple Safari;
- Mozilla Firefox.