



Software Engineering Conference Russia

November 14-15, 2019. Saint-Petersburg

Методика моделирования квантовых алгоритмов, систем и предотвращения / устранения квантовых ошибок

Потапов Виктор

Южный федеральный университет

Цель и задачи

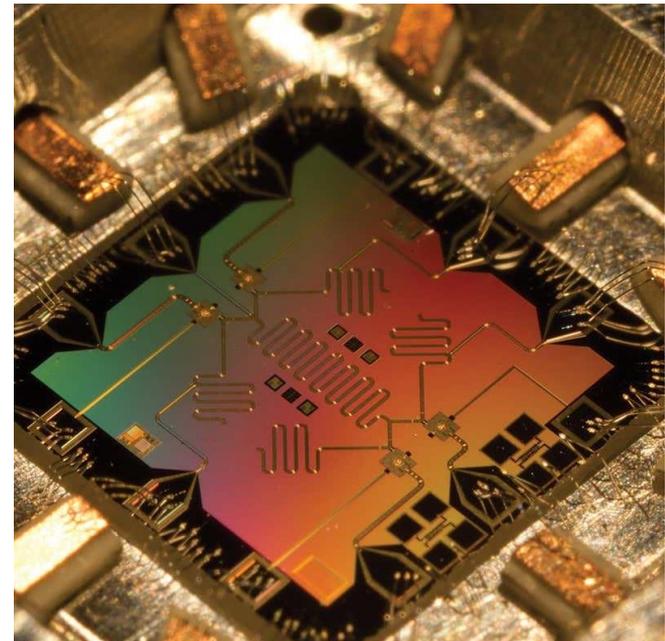
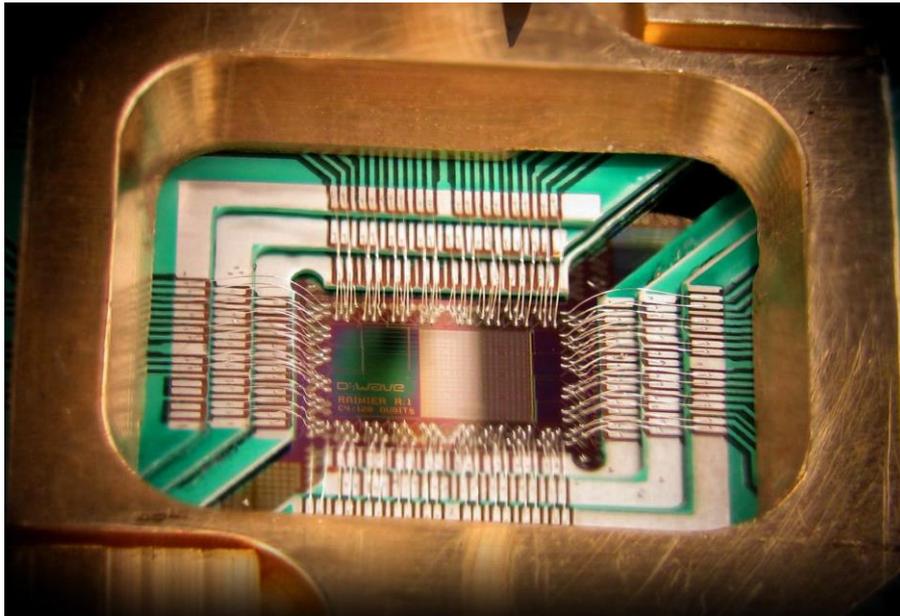
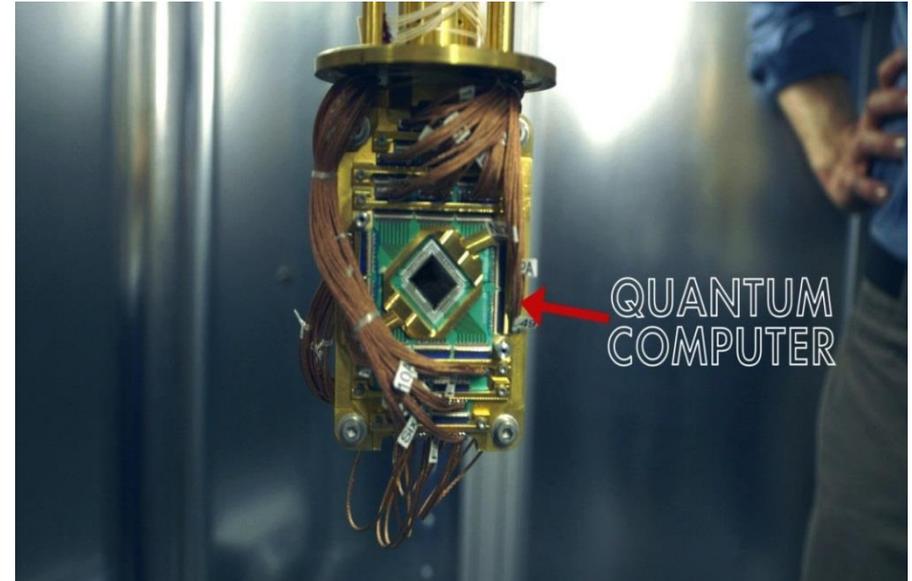
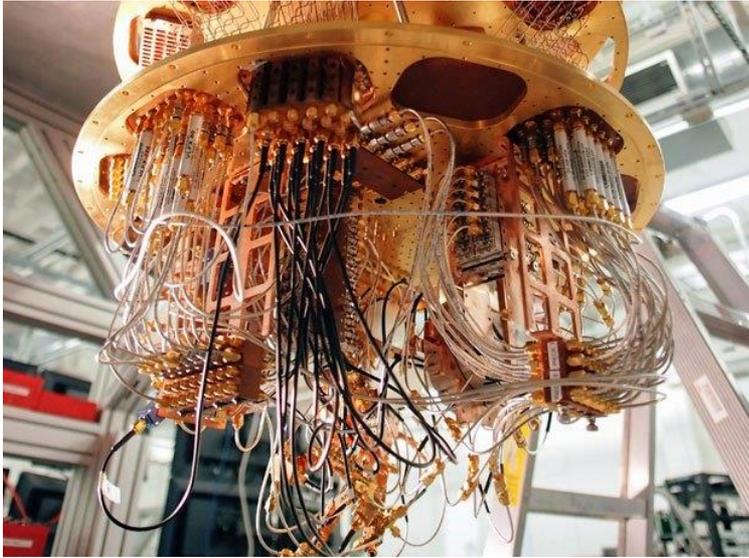
Что?

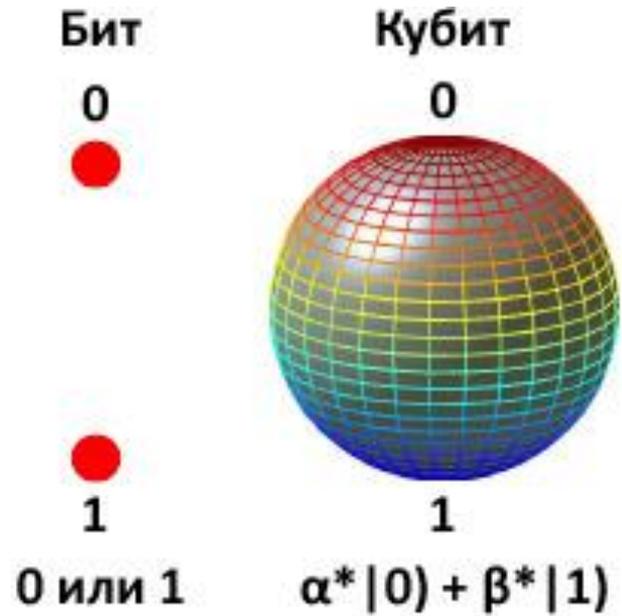
- Объяснение основ и базиса квантовой теории информации
- Разработка специализированного квантового ПО
- Решение задач различных классов сложности

Для чего?

- Понимание вариативности теорий информации
- Получение навыков в работе с «нестандартным» ПО

Квантовые алгоритмы и системы





Classical register

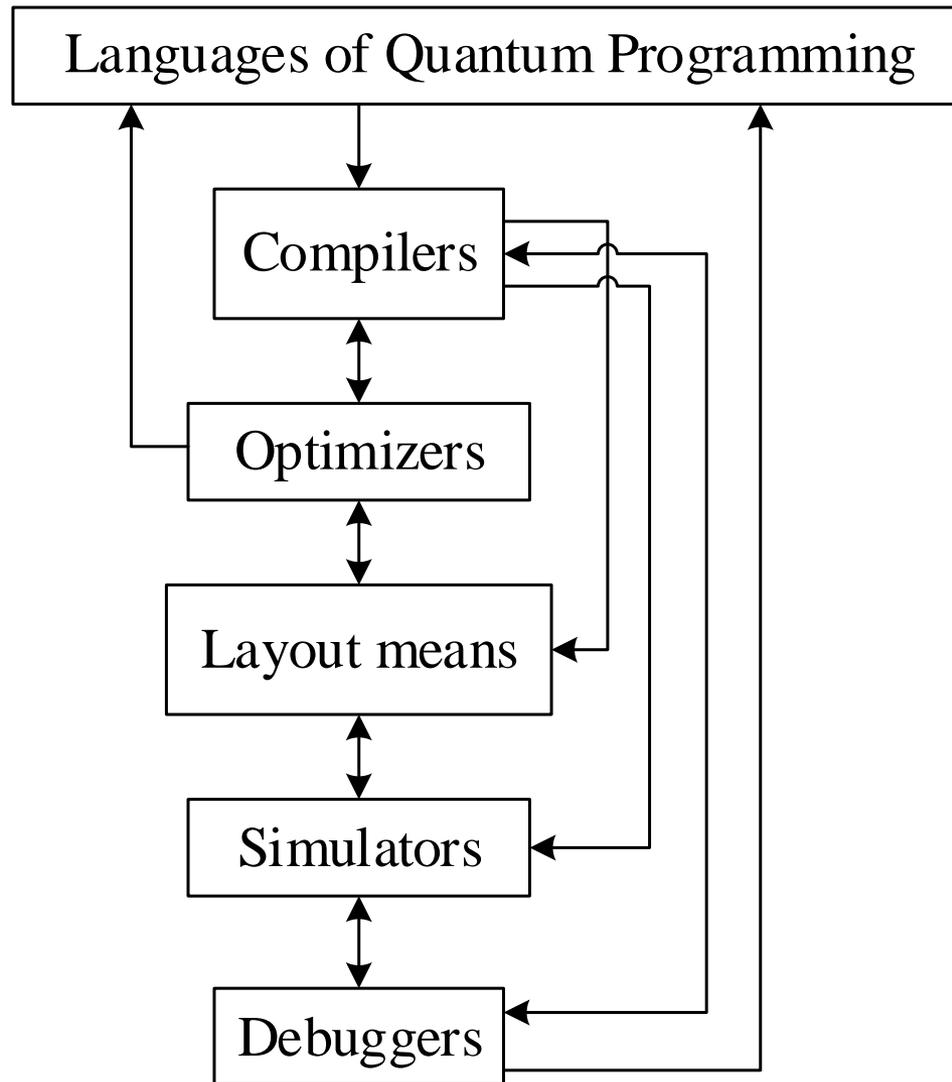
101

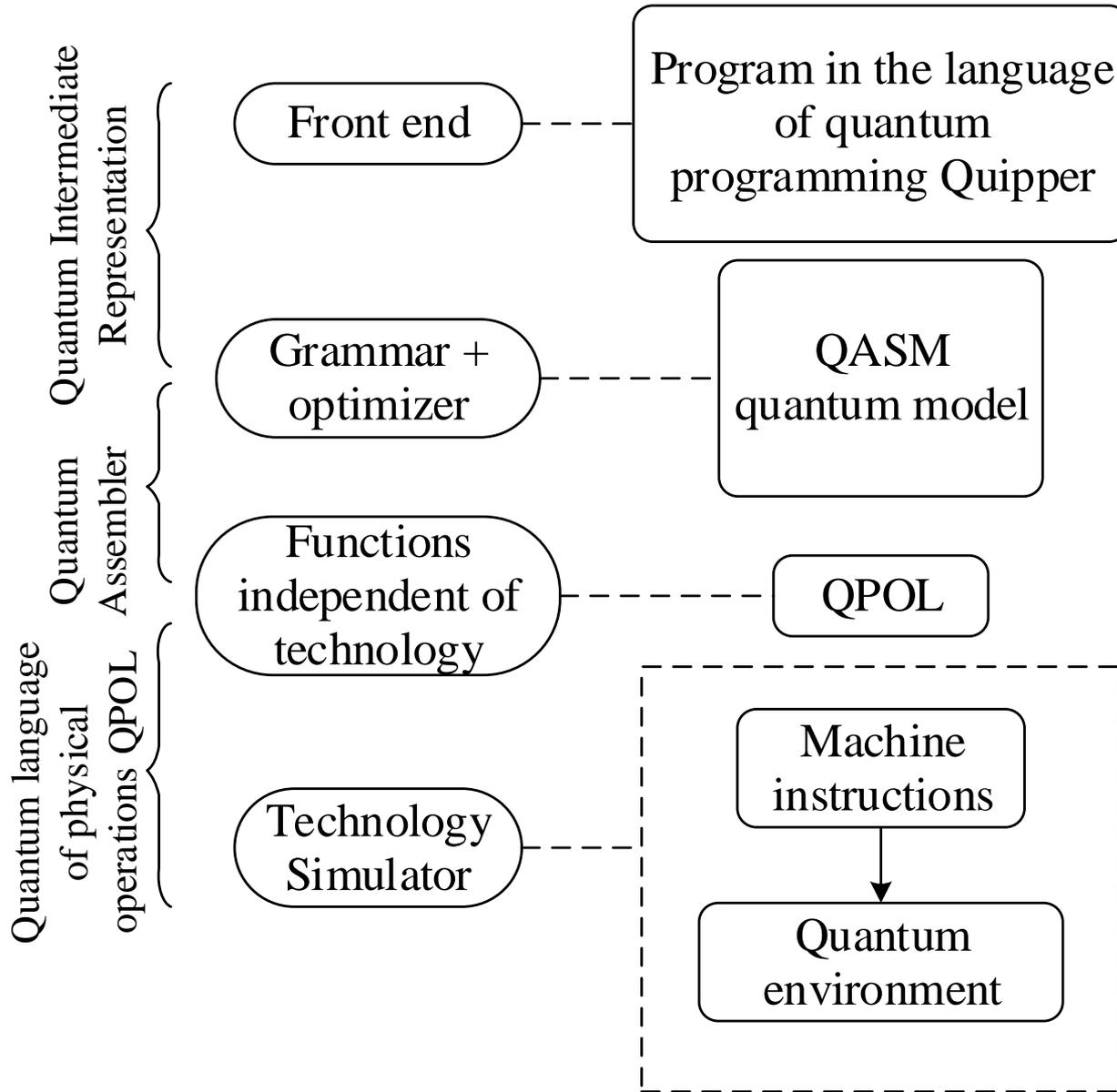


Quantum register

000 001 010 011
100 101 110 111

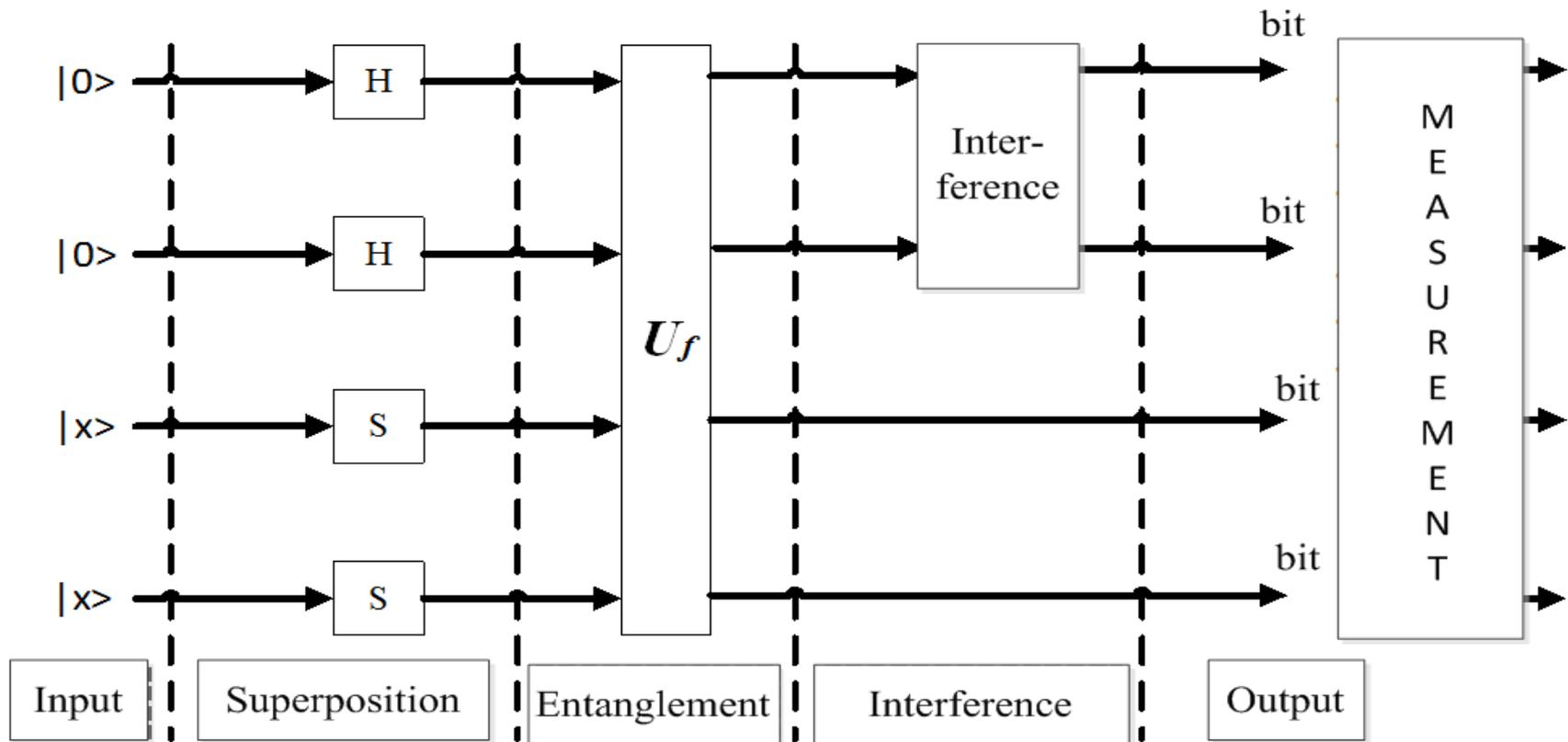
Моделирование квантовых алгоритмов и систем





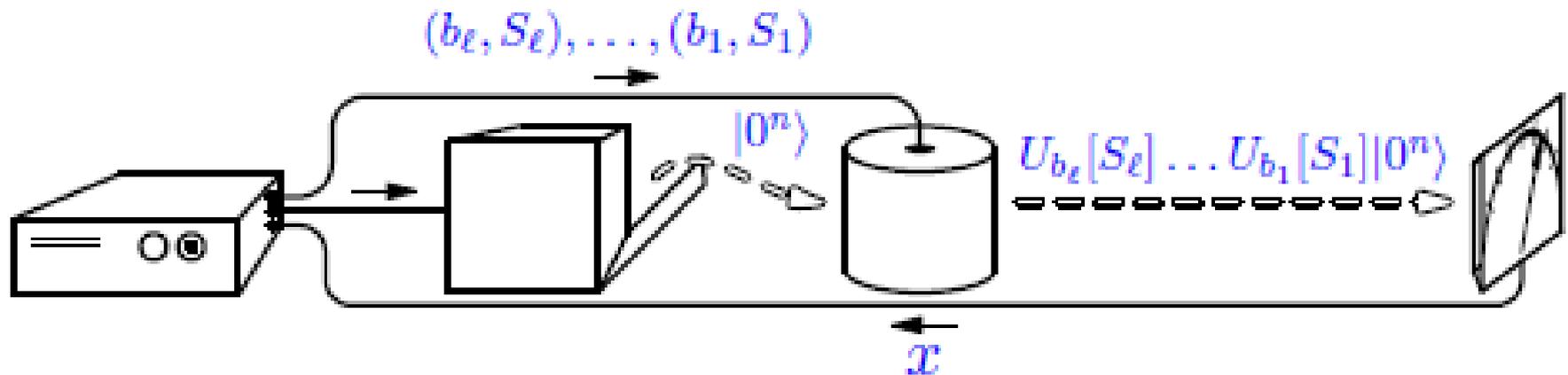
Квантовые алгоритмы отличаются от классических и базируются на следующих принципах.

1. Обратимость вычислений.



2. Квантовый параллелизм.

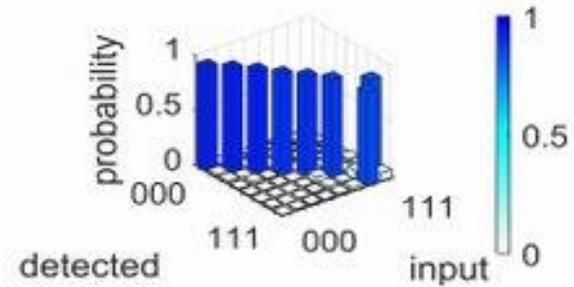
Параллельное решение одной и той же задачи для экспоненциально больших данных путем прохождения их через гейты унитарных преобразований.



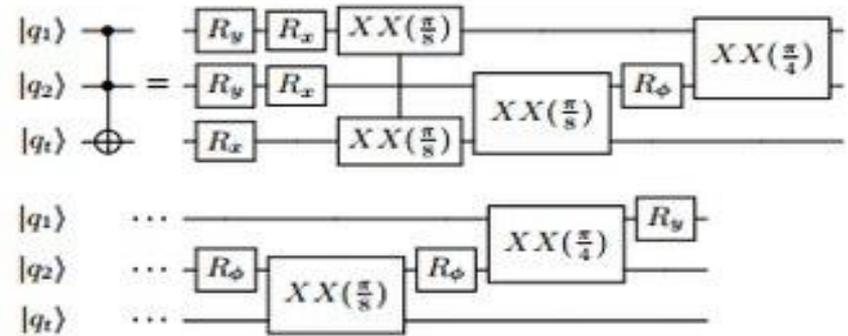
3. Интерференция.

Взаимное усиление требуемых результатов и ослабления нежелательных результатов.

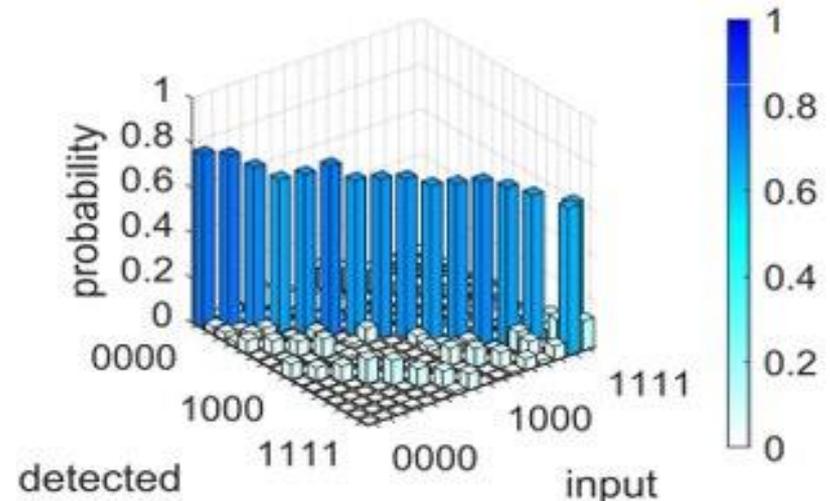
(a) Toffoli-3 Data



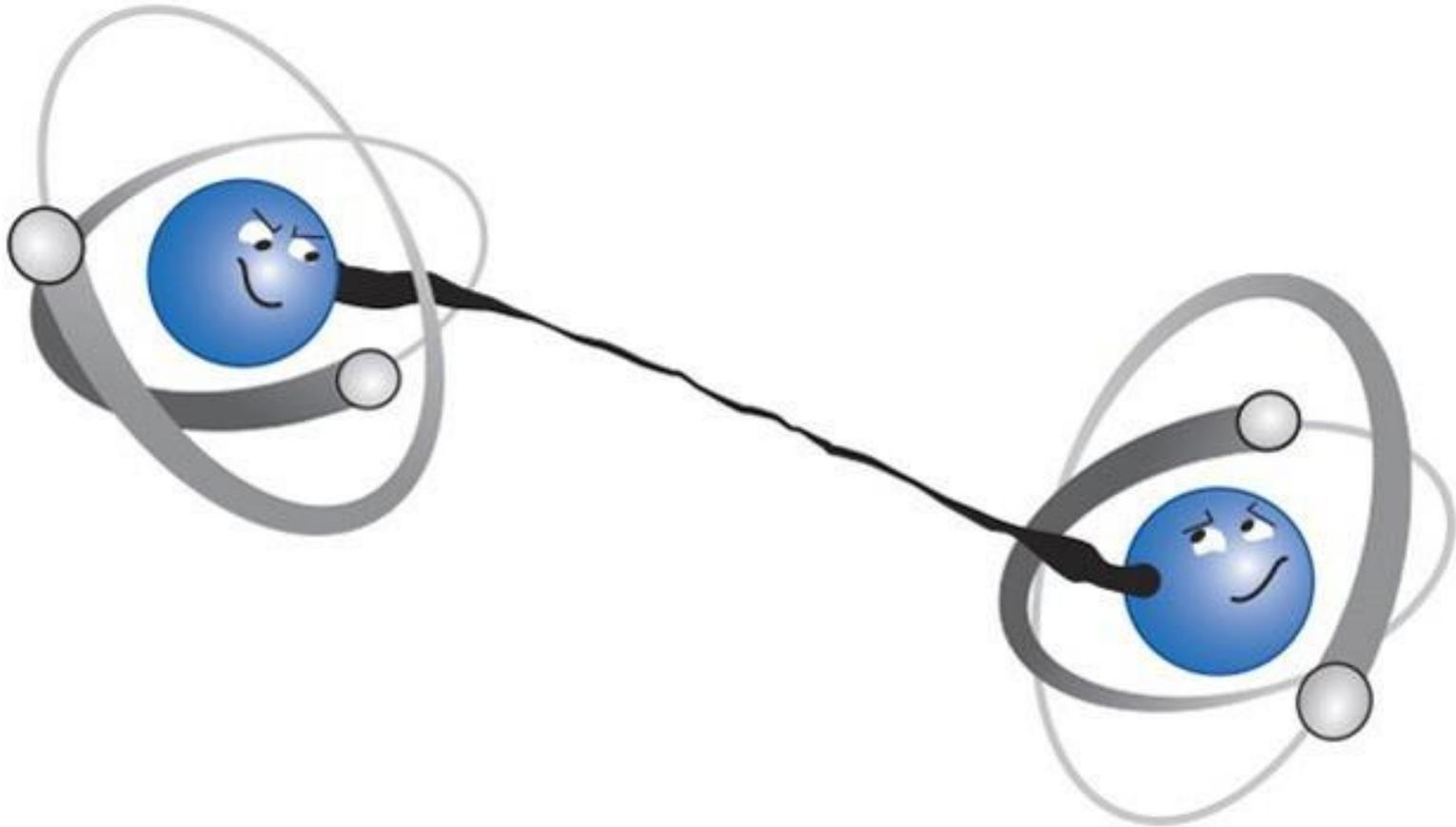
(b) Toffoli-3 Abbreviated Circuit



(c) Toffoli-4 Data



4. Квантовая запутанность



Модульная разработка модели квантового вычислительного устройства

The screenshot displays a quantum simulation software window titled "Model of quantum simulations". The interface includes a menu bar with "Файл" and "Настройка", a toolbar with navigation buttons, and a main workspace. The workspace is divided into several sections:

- Инициализация квантовой схемы:** A grid of quantum gates including Initialize qubits, Hademar, CNOT, NOT, Paul-Y, Paul-Z, S, T, Sqrt NOT, Toffoli, QFT, QFT(-1), Function, Grover, Measurement, and Delete last gate.
- Quantum Circuit:** A diagram showing multiple qubits (labeled $|0\rangle$) and gates labeled F-1, G, G, M, H, X, S, Y, and F.
- Состояние квантовых регистров:** A grid showing the state of the x-register (0 to 40) and y-register (0 to 24). The x-register shows a single red square at position 40, and the y-register shows a rainbow-colored bar.

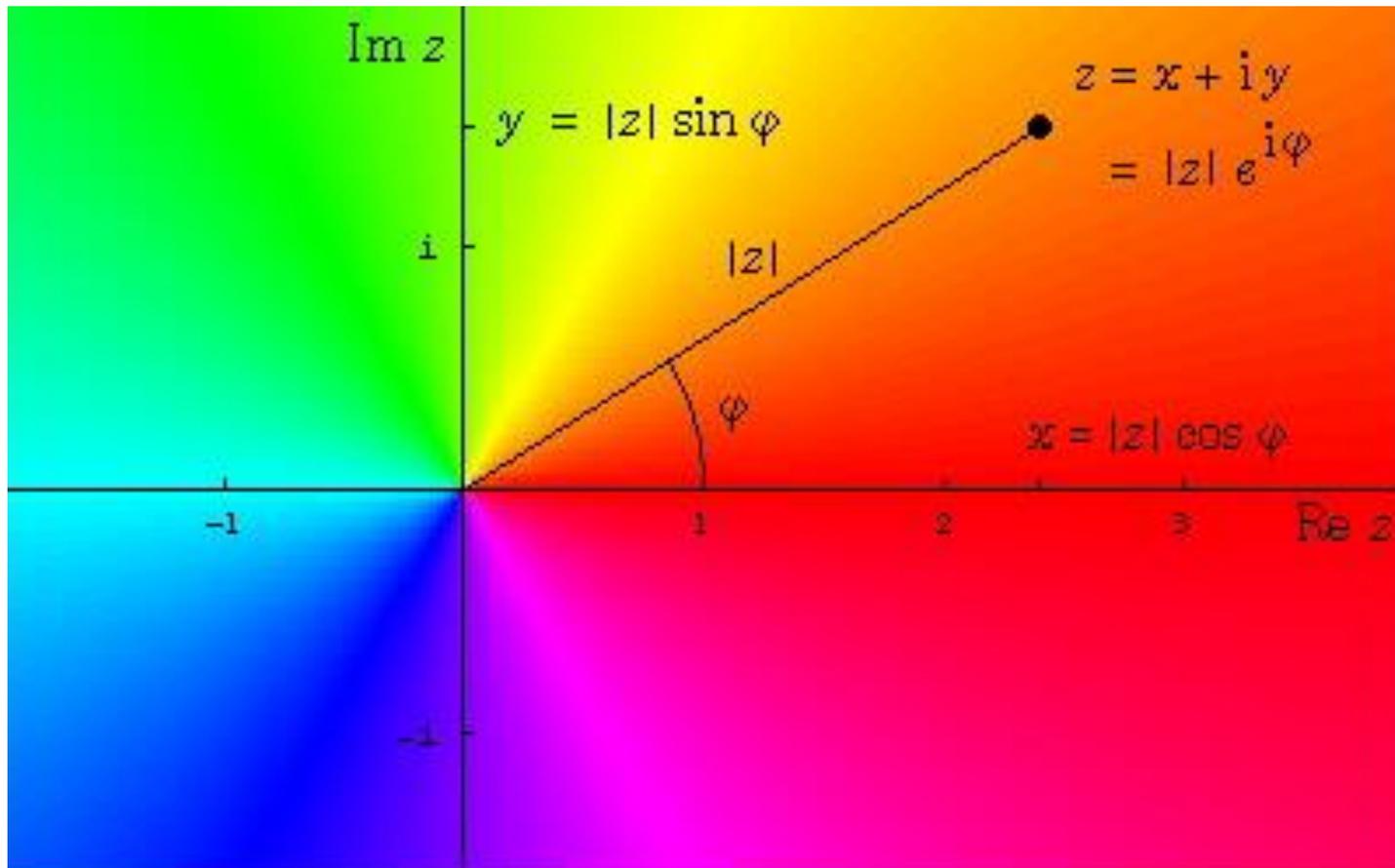
Пожалуйста, укажите размеры регистров:

x-регистр:

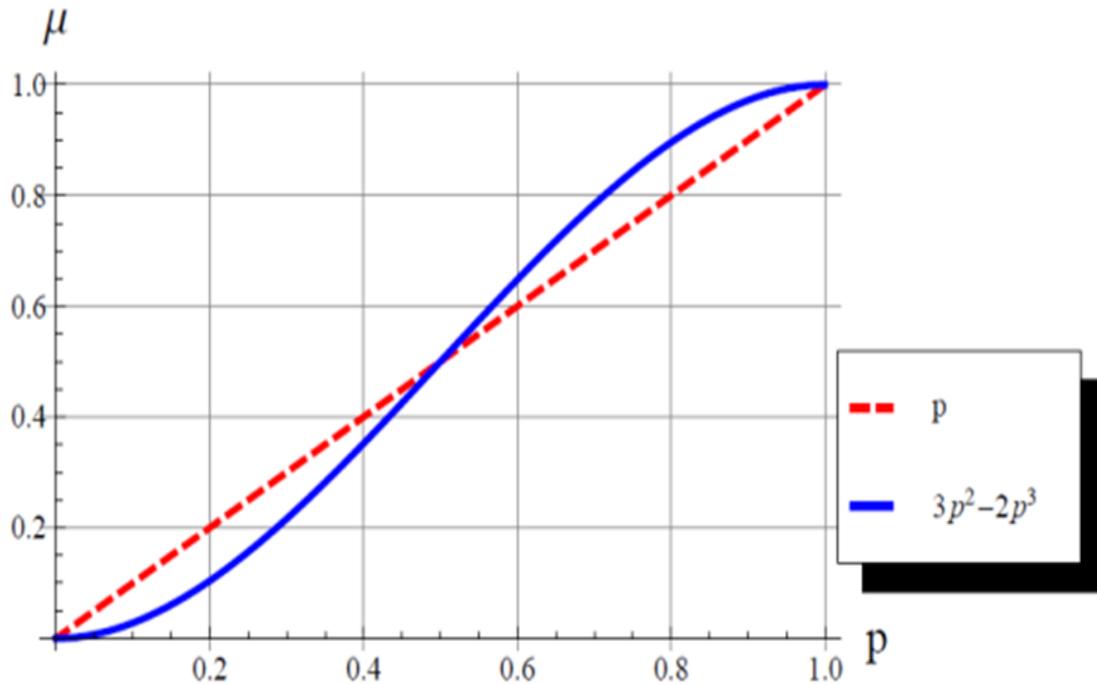
y-регистр:

Начальное состояние:

Результат моделирования отражается в форме цветовой совокупности пикселей. На слайде описана раскрашенная карта в комплексной плоскости. Цвет оттенка зависит от фазового значения ψ . Положительное значение представляется красным цветом пикселя, отрицательное – светло-голубым.



Препятствия на пути защиты канала от шума



1. Невозможность копирования информации

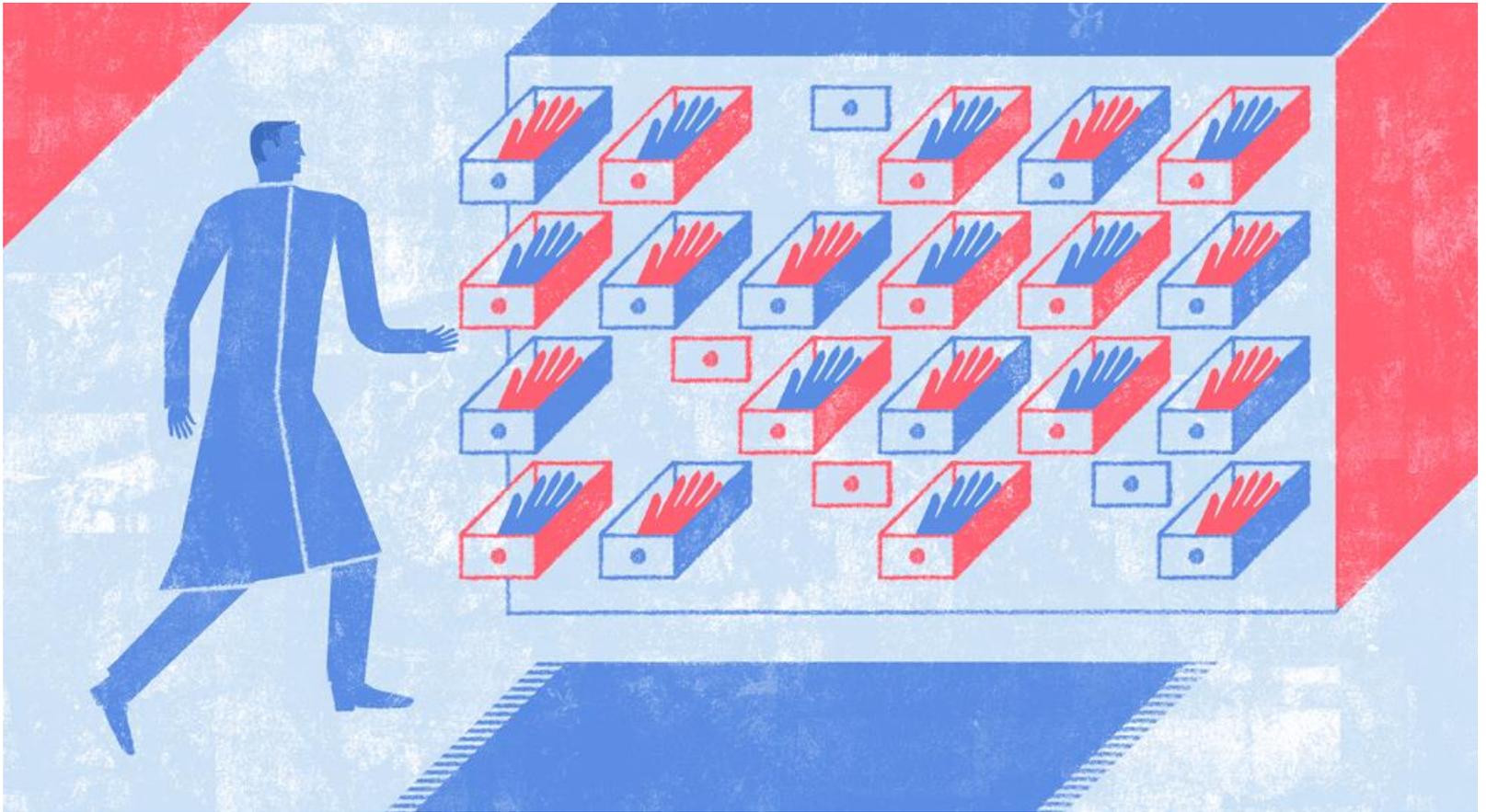
Невозможно клонировать квантовый бит по аналогии с классическим. Теорема о невозможности копирования гласит, что устройство копирования может копировать только те состояния, которые ортогональны друг другу.

2. Непрерывность ошибки

Множество возможных ошибок одного кубита является непрерывным. Определение того, какая ошибка произошла, потребует бесконечной точности и, следовательно, бесконечных ресурсов.

3. Разрушение квантовой информации при измерении

Согласно методу подсчета большинства голосов для выявления и исправления ошибок необходимо измерить биты в коде. Однако нельзя измерить кубиты, не разрушив закодированную там информацию.



Статьи в журналах, входящих в перечень ВАК:

1. Потапов, В.С. Понятие и структура квантового алгоритма / В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский // Информатизация и связь. – 2016, № 1. – С. 35 – 39.
2. Потапов, В.С. Система оценок количественных характеристик квантовой запутанности / В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский // Информатизация и связь. – 2016, № 2. – С.13 – 16.
3. Потапов, В.С. Количественные характеристики степени запутанности / В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский // Известия ЮФУ. Технические науки. Моделирование физических процессов и систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016, № 3. – С. 76 – 86.
4. Потапов, В.С. Роль квантовой запутанности в задачах теории игр / В.С. Потапов, С.М. Гушанский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №09(123).
5. Потапов В.С., Гузик В.Ф., Гушанский С.М. О производительности и вычислительной сложности квантовых алгоритмов // Информатизация и связь. – 2017, № 4. – С. 16 – 19.
6. Гушанский С.М., Потапов В.С. Оптимизация моделей квантовых вычислителей с использованием низкоуровневых квантовых схем и вариативности ядер и узлов // Известия ЮФУ. Технические науки. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2018, № 4. – С. 224 – 235.

Статьи в журналах, проиндексированных Scopus:

1. Potapov, V. Models of a quantum computer, their characteristics and analysis / V. Potapov, V. Guzik, S. Gushanskiy, M. Polenov // 9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). – Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015. – P. 583 – 587.
2. Potapov V., Gushanskiy S., Polenov M. The Methodology of Implementation and Simulation of Quantum Algorithms and Processes // 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). – Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. – P. 437 – 441.
3. Guzik V., Gushanskiy S., Polenov M., Potapov V. Development of Methodology for Entangled Quantum Calculations Modeling in the Area of Quantum Algorithms // 6th Computer Science On-line Conference 2017 (CSOS), Czech Republic, 2017. – P. 106 – 115.
4. Guzik V., Gushanskiy S., Polenov M., Potapov V. The Computational Structure of the Quantum Computer Simulator and Its Performance Evaluation // «Software Engineering and Algorithms in Intelligent Systems». Proceedings of 7th Computer Science On-line Conference 2018, Vol. 1. – Springer International Publishing Switzerland, 2018. – P. 198 – 207.
5. Samoylov A., Gushanskiy S., Polenov M., Potapov V. The Quantum Computer Model Structure and Estimation of the Quantum Algorithms Complexity // 2-nd Computational Methods in Systems and Software, Czech Republic, 2018. – P. 307 – 315.

Монографии:

1. В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский Исследование и разработка модели квантового вычислителя // LAP Lambert Academic Publishing, Germany. ISBN- 978-3-659-75872-0. – 2015. – 128 с.
2. В.С. Потапов Основы теории построения квантовых компьютеров и моделирование квантовых алгоритмов : монография / В. Ф. Гузик, С. М. Гушанский, Е. В. Ляпунцова, В.С. Потапов. – Москва : Физматлит, 2019. – 285 с.

Свидетельства о регистрации программных продуктов:

1. В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский Симулятор модели квантового вычислителя
2. В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский Среда моделирования квантовых алгоритмов и процессов
3. В.С. Потапов, В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский, М.Ю. Поленов Программный модуль для моделирования квантовых гейтов

Контакты

1. Потапов Виктор
2. Южный федеральный университет
3. VK: vitya91

