Конкурсное задание

## Introduction

Конкурсное задание включает в себя 5 модулей.

Данное задание предполагает выполнение полного спектра задач по формированию стабильного распределения квантового ключа при помощи устройств передачи («Алисы») и приема («Боба») квантовых состояний одиночных фотонов. Для правильного запуска работы системы данных устройств необходимо сформировать квантовый оптоволоконный канал и полностью определить его параметры, критические для квантового распределения ключа. Для этого в модуле А предлагается сварка оптического волокна квантового канала для его дальнейшего использования при передаче квантового ключа. Назначение модуля B - собрать двухпроходную оптоволоконную схему с автокомпенсацией Plug & Play на оптической платформе. Затем в модуле C участникам предлагается сформировать оптическую схему для приемных и передающих устройств и дополнительно откалибровать ее для работы приемопередатчиков квантовой связи. Модуль Е имеет дело с работой квантового компьютера. Задачи включают в себя реализацию нескольких алгоритмов. Реализация программ и их запуск выполняются на реальных квантовых процессорах IBM. Наконец, в модуле E участники должны представить результаты настройки системы распределения квантовых ключей.

Тестовый проект основан на следующих модулях:

Таблица 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование модуля | Время на задание |
| 1 | Модуль А: Монтаж волоконно-оптического квантового канала связи | 2 часа |
| 2 | Модуль В: Организация работы оптической части квантовых приемо-передающих устройств | 5 часа |
| 3 | Модуль С: Калибровка квантово-оптической линии и передача квантового ключа | 5 часов |
| 4 | Модуль D. Исследование харктеристик однофотоных детекторов | 2 час |
| 5 | Модуль E: Вычисления с помощью квантового компьютера. | 5 часа |
| 6 | Модуль F: Презентация результатов настройки квантово-оптической линии и передачи квантового ключа. | 1 час |

**Модуль А**

**Монтаж волоконно-оптического квантового канала связи**

**Лимит времени 2 часа.**

**Цель:** Изготовить волоконно-оптический квантовый канал связи, пригодный для распределения квантового ключа.

**Описание полученного продукта:** Волоконно-оптический квантовый канал длинной около 30 км, имеющий на концах оптические разъемы.

**Используемое оборудование:** Аппарат для сварки оптических волокон, скалыватель оптического волокна, стриппер, оптический рефлектометр, термоусадочные гильзы, спирт, салфетки, микроскоп, персональный компьютер, источник оптического излучения на коммуникационной длине волны, измеритель мощности.

**Средства индивидуальной защиты:** защитные очки, латексные перчатки (разрешается снимать при занесении результатов в отчет и при работе с компьютером)

**Подмодуль А.1 Сварка оптического квантового канала связи длиной около 30 км.**

1. Подготовить к сварке необходимое количество оптических пигтейлов и катушек оптоволокна.
2. Произвести сварку подготовленных элементов.
3. После сварки оптоволокна сфотографировать экран сварочного аппарата в режиме Hot Image.
4. Провести оптическую изоляцию квантового канала.

Стоп-Подозвать оценочную группу

**Подмодуль А.2 Определение основных параметров квантового канала связи**

1. Подключить оптический рефлектометр к полученному квантовому каналу

ВНИМАНИЕ: Необходимо обеспечить максимальную точность измерений.

1. Собрать оптическую схему для измерения полных оптических потерь и уровня обратных отражений в квантовом канале. Провести измерения.
2. Провести рефлектометрию квантового канала.

ВНИМАНИЕ: Все данные должны быть сохранены в пригодном для компьютерной обработки формате.

1. Определить целостность квантового канала и провести идентификацию всех потенциальных и наблюдаемых неоднородностей.
2. Определить общие параметры квантового канала (потери на сварных соединениях, длина соединенных сегментов, общая длина линии), и каждого сегмента и элементов квантового канала в отдельности.

Стоп-Подозвать оценочную группу

**Подмодуль А.3 Составление отчета**

1. Создать документ Microsoft Office (или аналогичный) для заполнения отчета, в названии должны присутствовать ФИО и дата.
2. Внести все измеренные величины и сохраненные данные из подмодулей A.1 и А.2

ВНИМАНИЕ: В отчете необходимо указать все критически важные параметры квантового канала (потери на сварных соединениях, длина соединенных сегментов, общая длина линии, общее затухание в линии). Величины, указанные в отчете, должны соответствовать точности измерений с учетом погрешности. Отчет должен давать возможность провести точную оценку и характеристику правильности измерения каждой величины.

**Модуль В**

**Организация работы оптической части квантовых приемо-передающих устройств.**

**Лимит времени 5 часа.**

**Цель:** Собрать на оптической платформе двухпроходную автокомпенсационную оптическую схему Plug&Play.

**Описание полученного продукта:** Устройство приемника «Боба» и передатчика «Алисы», содержащие оптические схемы, пригодные для осуществления декодирования и кодирования информационных битов в квантовые состояния одиночных фотонов.

**Используемое оборудование:** перестраиваемый оптическийаттенюатор, лазер, фазовый модулятор, набор пассивных волоконно-оптических элементов.

**Подмодуль В.1 Работа с оптическими схемами квантовых приемо - передающих устройств**

1. Собрать из имеющихся компонентов оптическую схему «Боба» на разъемных соединениях.

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Собрать из имеющихся компонентов оптическую схему «Алисы» на разъемных соединениях.

Стоп-Подозвать оценочную группу

ВНИМАНИЕ: При размещении элементов схемы предусмотреть возможность подключения квантового канала, лазера, детекторов одиночных фотонов, синхронного детектора и фазовых модуляторов, а так же возможность монтирования схемы в блоки генерации квантового ключа.

**Подмодуль В.2 Определение параметров оптических схем приемо-передающих устройств**

1. Подключить к собранной схеме «Боба» источник лазерного излучения.
2. Выбрать участки оптической схемы, на которых необходимо провести измерения мощности для оценки величины аттенюации, необходимой для заданного ослабления оптических импульсов. Провести измерения.
3. Измерить величину оптических потерь в оптической схеме «Алисы» и оптической схеме «Боба».

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Подключить устройства «Алисы» и «Боба» к квантовому каналу с использованием сваренной оптоволоконной линии.

Стоп-Подозвать оценочную группу

**Подмодуль В.3 Расчет параметров для запуска приемо-передающих устройств**

Вычислить следующие параметры:

1. Требуемый уровень средней оптической мощности для достижения 0,3 фотона на импульс на выходе оптической схемы «Алисы».
2. Значение ослабления на переменном оптическом аттенюаторе для достижения 0,3 фотона на импульс на выходе оптической схемы «Алисы».

**Модуль С**

**Калибровка квантово-оптической линии и передача квантового ключа**

**Лимит времени 5 часов**

**Цель:** Запуск системы квантового распределения ключа, позволяющей обмениваться секретной информацией по открытому каналу. А также первичная обработка квантовых ключей.

**Описание полученного продукта:** Битовая последовательность с допустимым уровнем ошибок (секретный криптографический ключ), распределяемая непрерывно между устройствами приемника и передатчика с помощью квантовых состояний одиночных фотонов.

**Используемое оборудование:** Приемо - передающие устройства квантовых ключей, изготовленный в модуле А квантовый канал (заменить катушку на новую при невыполнении участником сварочных операций), изготовленная в модуле В оптическая схема (заменить на рабочую схему, если выполненная участником является некачественной), секундомер, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением.

**Подмодуль С.1 Подключение приемо-передающих устройств с использованием квантового канала**

1. Вычислить следующие параметры:

А) Число импульсов в трейне. Задано: частота следования лазерных импульсов и длина накопительной линии.

Б) Период трейна. Задано: длина квантового канала и длина накопительной линии.

В) Окно ожидания прихода отражения в тактах. Задано: частота следования лазерных импульсов, длина квантового канала, длина накопительной линии.

Стоп-Подозвать оценочную группу

2. Произвести настройку периода ожидания импульсов на детекторы «Боба».

3. Определить время (номер такта) возврата импульса, отраженного от зеркала Фарадея.

Стоп-Подозвать оценочную группу

4. Подтвердить, что рефлекс, по которому выбиралось окно, верный.

**Подмодуль С.2 Установка параметров для работы устройств квантовых коммуникаций**

**Ввести в программу соответствующие параметры**

1. Найти напряжение полуволнового смещения на фазовом модуляторе устройства «Боб», соответствующее смещению фазы на π.

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Найти время задержки включения фазовой модуляции на устройстве «Алиса».

а) Сделать предварительную оценку времени задержки.

Стоп-Подозвать оценочную группу

б) В результате сканирования обнаружить трейн импульсов.

в) Экспериментально определить время задержки

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Найти напряжение полуволнового смещения на фазовом модуляторе устройств «Алиса», соответствующее смещению фазы на π.

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Определить оптимальное положение окна работы ДОФ. В разработанном ПО для каждого детектора индивидуально настраивается временное положение окна срабатывания.

Стоп-Подозвать оценочную группу

**Подмодуль С.3 Генерация квантового ключа**

1. Запустить процесс генерации квантового ключа, используя полученные значения параметров при помощи программ «Alice.vi» и «Bob.vi».

а) Ввести значения во все требуемые поля.

Стоп-Подозвать оценочную группу

б) Запустить генерацию ключа

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Произвести ручную настройку критических параметров для достижения максимальной длины ключа и минимального QBER.

**Модуль D. Исследование характеристик однофотонных детекторов**

1. Определить мертвое время детектора.

Собрать схему измерения.

Стоп-Подозвать оценочную группу

Настроить осциллограф и продемонстрировать результат

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Определить квантовую эффективность

Собрать схему измерения.

Стоп-Подозвать оценочную группу

Выполнить расчеты, предоставить результат

Стоп-Подозвать оценочную группу

1. Определить темновой ток.

Собрать схему измерения.

Стоп-Подозвать оценочную группу

Продемонстрировать работоспособность и показать результат

Стоп-Подозвать оценочную группу

**Модуль E.**

**Вычисления с помощью квантового компьютера.**

**Лимит времени 5 часа**

**Цель:** Реализация алгоритмов для поиска в несортированной базе данных на основе квантового алгоритма поиска. Реализация квантовых программ и запуск на реальных квантовых процессорах IBM.

**Описание полученного продукта:** Система поиска объекта в несортированной базе данных, реализованная на квантовом компьютере.

**Используемое оборудование:** Персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением и доступом в интернет.

* + - 1. Конкурсанты должны реализовать предложенные алгоритмы на платформа IBM Q Expirience

Эта часть задания является секретной

**Модуль F:** **Презентация результатов настройки и поиск неисправности**

**Лимит времени 1 час**

**Цель**: Представить результаты настройки системы квантового распределения ключа.

**Описание полученного продукта**: Создание отчета, о настройке и сборке системы квантового распределения ключа.

1. Провести заполнение листа параметров.

2. Подготовить презентацию отчета о настройке.

3. Обнаружить неисправность в системе. Устранить ее.

## Instructions to the Competitor

Для организации правильной работы в модулях В и С конкурсантам будут предоставлены методические материалы, которыми будет разрешено пользоваться как для подготовки к заданиям, так и при их выполнении.

## Equipment, machinery, installations and materials required

Все необходимое будет предоставлено по инфраструктурному листу.