

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по направлению подготовки
02.03.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Квантовые сети и коммуникации

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии

Направленность (профиль): Квантовые вычислительные системы и сети

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ
(МИИТ)

ID подписи: 4196

Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис
Владимирович

Дата: 14.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины «Квантовые сети и коммуникации» является формирование у обучающихся комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для теоретического анализа и практического построения систем квантовой криптографии.

В курсе изложены необходимые сведения по классической теории информации, а также изучаются основы математического аппарата классической криптографии. В частности, рассматриваются системы симметричного и асимметричного шифрования, одноразовые ключи, критерий Шеннона абсолютной секретности. Изучаются основы аппарата квантовой оптики, необходимые для изучения систем квантовых коммуникаций, в частности, изучаются слабые когерентные и однофотонные состояния. Рассматриваются основные стадии квантовых протоколов распределения ключей. Изучается элементная база систем КРК и виды квантовых каналов связи: способы создания одиночных фотонов (ослабленных когерентных состояний?), детекторы одиночных фотонов, особенности распространения одиночных фотонов по оптоволоконным каналам связи. Освещаются основные протоколы квантового распределения ключей и изучается их реализация. Рассматриваются методы практической очистки первичных ключей и методы сжатия ключей (усиления секретности) в квантовой криптографии. Рассматриваются различные атаки на системы квантового распределения ключей, в частности, атака с расщеплением по числу фотонов, атака с подменой фазы в системах с фазовым кодированием, атака с ослеплением фотодетекторов. Изучаются методы борьбы с такими атаками. Проводится анализ стойкости квантовых протоколов распределения ключей.

Студенты должны научиться проектировать компьютерные сети с использованием современного сетевого оборудования в соответствии со стандартами и выполнять задачи по настройке оборудования и поддержке работоспособности сети.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучить основные принципы и подходы к построению систем квантовой коммуникации и распределенных защищенных сетей на их основе;
- освоить принципы формирования, передачи и регистрации квантовых сигналов в волоконно-оптических и атмосферных каналах передачи данных;
- изучить базовые протоколы, подходы к обоснованию их стойкости, методы экспериментальной реализации;

- овладеть навыками работы с экспериментальными системами квантовой коммуникаций;
- овладеть навыком самостоятельной работы с технической документацией устройств квантовой коммуникации.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-4 - Способность управлять планово-профилактическими работами и проводить техническое обслуживание на оборудовании компьютерной сети и участка сети квантовых коммуникаций;

ПК-5 - Способность выявлять и устранять технические проблемы в компьютерной сети и на участке сети квантовых коммуникаций;

ПК-6 - Способность проводить технологическое обеспечение технической эксплуатации оборудования компьютерной сети и участка сети квантовых коммуникаций.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- основные понятия и определения квантовых коммуникаций;
- системы квантовых коммуникаций;
- концепцию квантовой сети;
- мультиплексирование в системах квантовой коммуникации;
- квантовые коммуникации передача данных по одному каналу;
- квантовые повторители;
- основные параметры квантового канала связи;
- актуальные задачи развития систем квантового распределения ключа.

Уметь:

- осуществлять сварку оптического волокна;
- определять потери;
- работать с оптическим рефлектометром;
- собирать оптические схемы;
- проводить измерения основных параметров квантового канала связи.

Владеть:

- навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач;

- навыками современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения;

- навыками оптимального выбора пакетов прикладных программ для квантовых расчетов и математических инструментов для моделирования квантовой динамики.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 80 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Введение. Основы квантовых сетей и коммуникаций как учебная дисциплина Рассматриваемые вопросы: - Введение в учебную дисциплину. - Основные термины. - Концепция квантовой сети. - Квантовые принципы. - Квантовая метрология. - Квантовая информация: алгоритмы, протоколы, криптография. - Передача данных по одному каналу. - Квантовые повторители.
2	Задачи развития систем квантовых коммуникаций Рассматриваемые вопросы: - Увеличение скорости и дальность систем квантовой коммуникации. - Разработка квантовых повторителей.
3	Квантовые коммуникации в свободном пространстве Рассматриваемые вопросы: - Первый эксперимент по передаче квантовых ключей через атмосферный канал связи. - Квантовая коммуникация по атмосферному каналу связи в условиях прямой видимости. - Квантовая коммуникация между движущимся и наземными объектами.
4	Квантовые технологии Рассматриваемые вопросы: - Содержание квантовых технологий. - Квантовые электромеханические системы.
5	Основы теории квантовых вычислений Рассматриваемые вопросы: - Модели классических вычислений. - Основные понятия теории вычислительной сложности. - Измерения в квантовой теории.
6	Задачи квантовой обработки информации Рассматриваемые вопросы: - Разработка и создание новых материалов и базовых элементов для задач квантовой обработки информации. - Разработка и создание «квантовых проводов» для передачи квантового состояния между регистрами в квантовом компьютере. - Квантовая фотоника. - Квантовые симуляторы.
7	Концепция квантовой сети Рассматриваемые вопросы: - Особенности систем квантовой коммуникации. - Направления использования квантованных ВОЛС. - Квантовая коммуникационная сеть.
8	Мультиплексирование в системах квантовой коммуникации Рассматриваемые вопросы: - Спектральное уплотнение каналов (WDM). - Коэффициент квантовых ошибок. - Кодирование квантовых бит.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
9	Квантовые коммуникации и передача данных по одному каналу Рассматриваемые вопросы: - Скорости безопасного распределения квантовых бит. - Производительность КРК с дуплексным безошибочным гигабитным каналом передачи данных. - «Шумовые фотоны»
10	Квантовые повторители Рассматриваемые вопросы: - Протяженные квантовые каналы. - Принцип квантового повторителя. DLCZ протокол.
11	Каналы и пропускная способность Рассматриваемые вопросы: - Классическая и квантовая информация. - Передача классической информации по квантовому каналу. - Пропускная способность квантового канала. - Квантовая пропускная способность. - Алгоритмы сжатия квантовой информации.
12	Особенности оптического диапазона передачи информации Рассматриваемые вопросы: - Учет квантовых свойств излучения. - Флуктуации. Мощность. Оптические потери. - Условная энтропия, относительная энтропия и информация Шеннона.
13	Сцепленность квантовых состояний Рассматриваемые вопросы: - Квантовая сцепленность как информационный ресурс. - Тензорное произведение. - Расширение Наймарка. - Разложение Шмидта и очищение. - Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. - Неравенство Белла.
14	Увеличение скорости и дальности систем квантовой коммуникации Рассматриваемые вопросы: Параметры систем классических коммуникация. Потери в оптическом волокне систем квантовой коммуникации.
15	Увеличение спектральной эффективности систем квантовой коммуникации Рассматриваемые вопросы: - Спектральная эффективность систем квантовой связи. - Разработка квантовых повторителей. - Повышение эффективности источников и приёмников одиночных фотонов. - Разработка методов борьбы с атаками на квантовый канал, использующие несовершенство устройств.
16	Типы атак на системы квантового распределения ключа Рассматриваемые вопросы: - Индивидуальные атаки. - Коллективные атаки. - Когерентные атаки.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Определение характеристик ОВ по его маркировке в различных стандартах. Изучение конструкции ВОК различных марок В результате выполнения работы студент получит понимание о типах и марках оптических кабелей фирмы “СЕВКАБЕЛЬ-ОПТИК”, узнает элементы конструкций оптических кабелей и их назначение.
2	Неразъемное соединение оптического волокна. Сварка волокна В результате выполнения работы студент получит навыки сварки одномодовых волокон с последующей заделкой места сварки световодов при помощи термоусаживаемых гильз.
3	Монтаж волокна на сплайс-пластине В результате выполнения работы студент получит навыки работы с оптическим волокном, узнает элементы конструкций оптических кабелей и муфт и их назначение.
4	Монтаж оптических муфт В результате выполнения работы студент получит навыки монтажа оптических муфт, узнает элементы конструкций оптических кабелей и муфт и их назначение.
5	Универсальный соединитель оптического волокна Fibrlok II 2529 Универсальный соединитель оптического волокна Fibrlok II 2529.
6	Методы прокладки ВОК В результате выполнения работы студент получит практические навыки по оценке методов прокладки ВОК.
7	Изучение конструкции и проведение измерений оптическим рефлектометром В результате выполнения работы студент изучит принцип измерения параметров волоконно-оптического кабеля методом обратного рассеяния, изучит устройство и порядок использования оптического рефлектометра Топаз 9000.
8	Изучение конструкции и проведение измерений оптическим рефлектометром(продолжение) В результате выполнения работы студент изучит принцип измерения параметров волоконно-оптического кабеля методом обратного рассеяния, изучит устройство и порядок использования оптического рефлектометра Топаз 9000
9	Измерение основных параметров оптического волокна В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических параметров оптического волокна по прямым геометрическим и оптическим измерениям, которые демонстрируют структуру оптического волокна, что позволяет понять назначение и физический смысл вводимых физических параметров.
10	Измерение коэффициента затухание в оптическом волокне В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических явлений приводящих к затуханию света в оптических волокнах, получение навыков по измерению коэффициента затухания, выявление особенностей ввода излучения в волокно связанных с вытекающими модами.
11	Измерение параметров пассивного оптического элемента В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических принципов деления оптических потоков в оптических волокнах и измерение параметров оптического сплиттера, полученного методом сплавления.
12	Паразитные акустические модуляции и наводки в элементах волоконно-оптических сетей: спектральный анализ В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических принципов акустических паразитных модуляций и наводок в оптических потоках кабеля, измерение основных параметров, демонстрация канала утечки речевой информации на их основе.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
13	Паразитные акустические модуляции и наводки в элементах волоконно-оптических сетей: спектральный анализ (продолжение) В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических принципов акустических паразитных модуляций и наводок в оптических потоках кабеля, измерение основных параметров, демонстрация канала утечки речевой информации на их основе.
14	Паразитные акустические модуляции и наводки в элементах волоконно-оптических сетей: анализ артикуляционным методом В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических принципов акустических паразитных модуляций и наводок в оптических потоках кабеля, измерение основных параметров, демонстрация канала утечки речевой информации на их основе.
15	Паразитные акустические модуляции и наводки в элементах волоконно-оптических сетей?: анализ артикуляционным методом. (Продолжение) В результате выполнения работы студент получит практические навыки по изучению физических принципов акустических паразитных модуляций и наводок в оптических потоках кабеля, измерение основных параметров, демонстрация канала утечки речевой информации на их основе.
16	Составить интеллект – карту «Применение квантовых коммуникаций» В результате выполнения работы студент получит практические навыки по визуализации и структурированию информации по применению квантовых коммуникаций.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Разработать сеть передачи данных с использованием протоколов RIP, EIGRP, HSRP.
2	Разработать сеть передачи данных с использованием протоколов RIP, EIGRP, HSRP.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Желенков Б.В., Основы сетевых технологий. Физический уровень : метод. указ. к лаб. раб. по дисц. "Сети ЭВМ и телекоммуникации" для студ. IV курса спец. "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети" МИИТ. Каф. "Вычислительные системы и сети". - М. : МИИТ, 2007. - 43 с.	http://library.mii.ru/bookscatalog/metod/04-78203.pdf

2	Желенков Б.В. Работа коммутаторов Cisco в локальных сетях : учеб. пособие для студ. 4 курса спец. "Информатика и вычислительная техника" по дисц. "Сети ЭВМ и телекоммуникации" / Б.В. Желенков ; МИИТ. Каф. "Вычислительные системы и сети". - М. : МИИТ, 2007. - 92 с.	http://library.miit.ru/bookscatalog/upos/04-35255.pdf
3	Желенков Б.В., Канальный уровень модели OSI: метод. указ. к лаб. раб. по дисц. Сети ЭВМ и телекоммуникации для студ. 4 курса спец. Вычислительные машины, комплексы, системы и сети, напр. Информатика и вычислительная техника /; МИИТ. Каф. Вычислительные системы и сети. - М.: МИИТ, 2011. - 50 с. : а-ил. - Библиогр.: с. 49.	http://library.miit.ru/bookscatalog/metod/03-41547.pdf
4	Голдовский Я.М., Желенков Б.В., Цыганова Н.А. Маршрутизация в компьютерных сетях: Учебное пособие. - М.: РУТ (МИИТ), 2017. – 114 с.	http://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-407.pdf

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Научно-техническая библиотека РУТ(МИИТ) <http://library.miit.ru/>
Официальный сайт по поддержке решений Cisco <https://www.cisco.com/>
Форум специалистов по информационным технологиям <http://citforum.ru/>
Интернет-университет информационных технологий <http://www.intuit.ru/>
Тематический форум по информационным технологиям <http://habrahabr.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Windows
Microsoft Office
Интернет-браузер (Yandex и др.)

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебная аудитория для проведения учебных занятий (занятий лекционного типа, лабораторных работ):

- компьютер преподавателя, рабочие станции студентов, программно-аппаратный комплекс ViPNet, АПКШ «Континент», серверы доступа, коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны, мультимедийное оборудование, доска,

Аудитория подключена к сети «Интернет».

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

заведующий кафедрой, доцент, к.н.
кафедры «Вычислительные системы
и квантовые коммуникации»

Б.В. Желенков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВСиКК

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова