

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаранин Максим Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 17.03.2026 15:29:12
Уникальный программный ключ:
7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Квантовые коммуникации и сети

рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.05 СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ
Специализация Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта

Квалификация **инженер путей сообщения**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:
зачеты 9

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	уп	рп	уп	рп
Неделя	16 2/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Конт. ч. на аттест. в период ЭС	0,15	0,15	0,15	0,15
В том числе в форме практ.подготовки	16	16	16	16
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	32,15	32,15	32,15	32,15
Сам. работа	31	31	31	31
Часы на контроль	8,85	8,85	8,85	8,85
Итого	72	72	72	72

Программу составил(и):

Доцент, Васильев А.В.

Рабочая программа дисциплины

Квантовые коммуникации и сети

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 217)

составлена на основании учебного плана: 23.05.05-25-2-СОДПт.pli.plx

Специальность 23.05.05 СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ Направленность (профиль)

Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте

Зав. кафедрой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Формирование профессиональных компетенций в области квантовых коммуникаций с целью применения их в профессиональной деятельности при проектировании, эксплуатации, техническом обслуживании, монтаже, текущем ремонте и модернизации квантовых линий связи и оборудования квантового шифрования.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.14
-------------------	---------

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-2 Способен принимать управленческие решения при организации выполнения работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту объектов железнодорожной электросвязи проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта

ПК-2.1 Составляет планы-графики технического обслуживания проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта

ПК-2.3 Организует деятельность коллектива исполнителей в соответствии с планами работ по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту устройств проводных и беспроводных телекоммуникационных систем железнодорожного транспорта

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	-основные типы линейных сооружений железнодорожной связи, применяемые для организации квантовой линии связи, их конструктивные и --эксплуатационные характеристики и параметры, назначение и область эффективного применения;
3.1.2	-нормативную документацию в области проектирования, монтажа и обслуживания квантовых линий связи;
3.1.3	-основные протоколы квантового распределения ключей;
3.1.4	-методы и способы увеличения эффективности и производительности систем передачи квантовых ключей шифрования.
3.2	Уметь:
3.2.1	-работать с квантовыми линиями связи;
3.2.2	-выполнять расчеты точек расстановки оборудования квантового распределения ключей на реальных участках железной дороги, с учетом ограничений по расстояниям передачи квантовых ключей шифрования и состояния волоконно-оптических кабелей связи.
3.3	Владеть:
3.3.1	-навыками эксплуатации квантовых линий связи;
3.3.2	-навыками аргументированного выбора протокола шифрования для реализации требуемого уровня стойкости систем криптозащиты.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
	Раздел 1. Основы квантовых коммуникаций и построение квантовых сетей			
1.1	Основные принципы действия волоконных световодов. Параметры оптических волокон /Лек/	9	2	
1.2	Особенности, отличия и среда применения различных типов оптических волокон. /Пр/	9	2	Практическая подготовка
1.3	Оптические волокна и кабели. Классификация, характеристики и материалы /Лек/	9	2	
1.4	Особенности, отличия и среда применения различных типов волоконно-оптических кабелей связи /Пр/	9	2	Практическая подготовка
1.5	Строительство и монтаж волоконно-оптических линий связи /Лек/	9	2	
1.6	Основные положения и этапы проектирования и строительства волоконно-оптических линий связи /Пр/	9	2	Практическая подготовка
1.7	Основные принципы квантового распределения ключей /Лек/	9	2	
1.8	Основные принципы квантового распределения ключей. Системы квантового распределения ключа /Пр/	9	2	Практическая подготовка

	Раздел 2. Применение технологии квантовой коммуникации			
2.1	Протоколы квантового распределения ключа /Лек/	9	2	
2.2	Обзор основных протоколов КРК. Протокол BB84 с поляризационным кодированием /Пр/	9	2	Практическая подготовка
2.3	Квантовые коммуникации по ВОЛС /Лек/	9	2	
2.4	Построение квантовой сети, мультиплексирование в системах квантовой коммуникации. Квантовые коммуникации и передача данных по одному каналу /Пр/	9	2	Практическая подготовка
2.5	Актуальные задачи развития систем квантового распределения ключа /Лек/	9	2	
2.6	Рассмотрение способов увеличения скорости и дальности систем квантовой коммуникации, увеличения спектральной эффективности систем квантовой коммуникации фотонов /Пр/	9	2	Практическая подготовка
2.7	Квантовые коммуникации в свободном пространстве и в космосе /Лек/	9	2	
2.8	Рассмотрение способов организации квантовой коммуникации по атмосферному каналу связи в условиях прямой видимости, между движущимися и наземными объектами. /Пр/	9	2	Практическая подготовка
	Раздел 3. Контактные часы на аттестацию			
3.1	Зачет /КЭ/	9	0,15	
	Раздел 4. Самостоятельная работа			
4.1	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	9	16	
4.2	Подготовка к лекционным занятиям /Ср/	9	15	
5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ				
<p>Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.</p> <p>Формы и виды текущего контроля по дисциплине (модулю), виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.</p> <p>Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины (модуля) в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся. Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.</p>				
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.2 Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)				
6.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения				
6.2.1.1	Microsoft Office			
6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем				
6.2.2.1	База данных Росстандарта – https://www.gost.ru/portal/gost/			
6.2.2.2	База данных Государственных стандартов: http://gostexpert.ru/			
6.2.2.3	База данных «Железнодорожные перевозки» - https://cargo-report.info/			
6.2.2.4	Информационно-справочная система Консультант плюс http://www.consultant.ru			
6.2.2.5	Информационно-правовой портал Гарант http://www.garant.ru			
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации большой аудитории и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).			
7.2	Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное)			

7.3	Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.
7.4	Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ И СЕТИ

(наименование дисциплины(модуля))

Направление подготовки / специальность

23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

(код и наименование)

Направленность (профиль)/специализация

Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта

(наименование)

Содержание

1. Пояснительная записка.
2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций.
3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.

1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Формы промежуточной аттестации: зачет в 9 семестре

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции
ПК-2: Способен принимать управленческие решения при организации выполнения работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту объектов железнодорожной электросвязи проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта	ПК-2.1: Составляет планы-графики технического обслуживания проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта
	ПК-2.3: Организует деятельность коллектива исполнителей в соответствии с планами работ по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту устройств проводных и беспроводных телекоммуникационных систем железнодорожного транспорта

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные материалы (семестр 9)
ПК-2.1: Составляет планы-графики технического обслуживания проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта	Обучающийся знает: -основные типы линейных сооружений железнодорожной связи, применяемые для организации квантовой линии связи, их конструктивные и эксплуатационные характеристики и параметры, назначение и область эффективного применения; -нормативную документацию в области проектирования, монтажа и обслуживания квантовых линий связи;	Задания к зачету (№ 1 - № 5)
	Обучающийся умеет: работать с квантовыми линиями связи;	Задания к зачету (№ 12- № 14)
	Обучающийся владеет: -навыками эксплуатации квантовых линий связи.	Задания к зачету (№ 18- № 20)
ПК-2.3: Организует деятельность коллектива исполнителей в соответствии с планами работ по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту устройств проводных и беспроводных телекоммуникационных систем железнодорожного транспорта	Обучающийся знает: -основные протоколы квантового распределения ключей; -методы и способы увеличения эффективности и производительности систем передачи квантовых ключей шифрования.	Задания к зачету (№ 6 - № 11)
	Обучающийся умеет: - выполнять расчеты точек расстановки оборудования квантового распределения ключей на реальных участках железной дороги, с учетом ограничений по расстояниям передачи квантовых ключей шифрования и состояния волоконно-оптических кабелей связи.	Задания к зачету (№ 15- № 17)
	Обучающийся владеет: - навыками аргументированного выбора протокола шифрования для реализации требуемого уровня стойкости систем криптозащиты.	Задания к зачету (№ 21- № 23)

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение заданий в ЭИОС Университета.

2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций

2.1 Типовые вопросы (тестовые задания) для оценки знаниевого образовательного результата

Проверяемый образовательный результат

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.1: Составляет планы-графики технического обслуживания проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта	Обучающийся знает: -основные типы линейных сооружений железнодорожной связи, применяемые для организации квантовой линии связи, их конструктивные и эксплуатационные характеристики и параметры, назначение и область эффективного применения; -нормативную документацию в области проектирования, монтажа и обслуживания квантовых линий связи;
Примеры заданий к зачету:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите основные типы линейных сооружений, применяемых для организации квантовых линий связи. 2. Перечислите характеристики линий связи, влияющие на организацию квантовых каналов связи. 3. Назовите основные требования при организации строительства сетей связи ОАО «РЖД». 4. Назовите основные требования при текущей эксплуатации сетей связи ОАО «РЖД» (в т.ч. ВОЛС, по которым организуются квантовые линии связи). 5. Перечислите особенности, которые необходимо учитывать при строительстве квантовых линий связи. 	

ПК-2.3: Разрабатывает алгоритмы и программы реализации математических (в том числе имитационных) моделей, для описания функционирования и получения показателей работы телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта; применяет системы автоматизированного проектирования при разработке новых телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта для создания новой техники и новых технологий	Обучающийся знает: -основные протоколы квантового распределения ключей; -методы и способы увеличения эффективности и производительности систем передачи квантовых ключей шифрования.
Примеры заданий к зачету:	
<ol style="list-style-type: none"> 6. Перечислите основные известные протоколы квантового распределения ключей. 7. Опишите основные особенности протокола BB84 с поляризационным кодированием 8. Назовите известные способы увеличения скорости систем квантовой коммуникации. 9. Назовите известные способы увеличения дальности систем квантовой коммуникации. 10. Опишите принцип работы квантовых повторителей. 11. Назовите способы повышения эффективности источников и приемников одиночных фотонов. 	

2.2 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата

Проверяемый образовательный результат

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.1: Составляет планы-графики технического обслуживания проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта	Обучающийся умеет: - работать с квантовыми линиями связи.

Примеры заданий к зачету:

12. Перечислите основные данные для проектирования ВОЛС при организации квантовых линий связи.
13. Приведите основные критерии выбора помещений для размещения оборудования квантового распределения ключей.
14. Перечислите требования к электроснабжению для оборудования квантового распределения ключей.

ПК-2.3: Разрабатывает алгоритмы и программы реализации математических (в том числе имитационных) моделей, для описания функционирования и получения показателей работы телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта; применяет системы автоматизированного проектирования при разработке новых телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта для создания новой техники и новых технологий

Обучающийся умеет:

- выполнять расчеты точек расстановки оборудования квантового распределения ключей на реальных участках железной дороги, с учетом ограничений по расстояниям передачи квантовых ключей шифрования и состояния волоконно-оптических кабелей связи.

Примеры заданий к зачету:

15. Перечислите основные дефекты волоконно-оптических кабелей, препятствующих строительству квантовых линий связи.
16. Приведите примеры причин возникновения дефектов волоконно-оптических кабелей, препятствующих строительству квантовых линий связи.
17. Назовите критерии, обуславливающие точки расстановки оборудования квантового распределения ключей на реальных участках железной дороги

ПК-2.1: Составляет планы-графики технического обслуживания проводных и беспроводных телекоммуникационных систем, сетей железнодорожного транспорта

Обучающийся владеет:

- навыками эксплуатации квантовых линий связи.

Примеры заданий к зачету:

18. Перечислите основные проблемы и затруднения при строительстве квантовых линий связи и способы их решения.
19. Приведите требования, предъявляемые к квантовым линиям связи на стадии формирования исходных данных для проектирования.
20. Приведите требования, предъявляемые к квантовым линиям связи на стадии предпроектных изысканий. Назовите несколько протоколов квантового распределения ключа. Перечислите их особенности.

ПК-2.3: Разрабатывает алгоритмы и программы реализации математических (в том числе имитационных) моделей, для описания функционирования и получения показателей работы телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта; применяет системы автоматизированного проектирования при разработке новых телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта для создания новой техники и новых технологий

Обучающийся владеет:

-навыками аргументированного выбора протокола шифрования для реализации требуемого уровня стойкости систем криптозащиты.

Примеры заданий к зачету:

21. Приведите примеры практического использования протоколов квантового распределения ключей.
22. Какие требования устанавливаются для систем криптозащиты информации на железнодорожном транспорте.
23. Назовите порядок согласования и утверждения протоколов квантового распределения ключей для применения оборудования на действующих квантовых линиях связи.

2.3. Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации

1. Волны, частицы и электромагнитный спектр
2. Принцип действия волоконных световодов
3. Многомодовые и одномодовые оптические волокна из кварцевого стекла
4. Расчет параметров ВОК на основе общих требований к оптическим линиям связи
5. Особенности и организация строительства ВОЛС
6. Прокладка ОК в телефонной канализации
7. Прокладка ОК в грунт
8. Подвеска кабелей на опорах контактной сети и линий электропередачи
9. Оптические соединители, конструкции муфт ОК и особенности их монтажа
10. Интерференция света.
11. Опыт с интерференцией света на двух щелях.
12. Поляризация света. Виды поляризаций света.
13. Эллиптическая поляризация. Что такое сфера Пуанкаре?
- 14.7. Среды распространения оптического излучения.
- 15.8. Что такое кубит? Сфера Блоха.
- 16.9. Поляризационный светоделитель.
- 17.10. Основные методы шифрования. Квантовая криптография.
- 18.11. Протокол BB84, принцип работы.
19. Какие типы источников фотонов бывают и чем они отличаются?
20. Принцип работы источника лазерного излучения
21. Способы уширения линии генерации
22. Инверсная населенность. Схемы генерации.
23. Резонаторы.
24. Методы накачки.
25. Основное условие распространения оптического сигнала по волокну?
26. Принцип Гейзенберга
27. От чего зависит количество фотонов в лазерном импульсе?
28. На чем основана секретность квантового распределения ключа?
29. Что является признаком, по которому можно судить об атаке на квантовый канал?
30. Какие проблемы физики послужили предпосылками для создания квантовой механики? В чем они заключались?
31. В чем заключалась гипотеза Планка? Гипотеза Де Бройля?
32. Постулаты квантовой механики. Постулат о состояниях, постулат о наблюдаемых, постулат об эволюции. Правило Борна.
33. В чем преимущества квантовой криптографии перед классической?

3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90% от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76% от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75–60 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60% от общего объёма заданных вопросов.

Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий

«Отлично/зачтено» – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

«Хорошо/зачтено» – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

«Удовлетворительно/зачтено» – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

«Неудовлетворительно/не зачтено» – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

Виды ошибок:

- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*
- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*
- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*

Критерии формирования оценок по зачету

«Зачтено» - студент демонстрирует знание основных разделов программы изучаемого курса, его базовых понятий и фундаментальных проблем; приобрел необходимые умения и навыки, не допустил фактических ошибок при ответе, последовательно и логично излагает теоретический материал, допуская лишь незначительные нарушения последовательности изложения и некоторые неточности.

«Не зачтено» - студент демонстрирует фрагментарные знания основных разделов программы изучаемого курса, его базовых понятий и фундаментальных проблем; слабо выражена способность к самостоятельному аналитическому мышлению, имеются затруднения в изложении материала, отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки и незнание терминологии.