

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____ Матросов В.В.

« 29 » _____ июня 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.Б.32 Теория электрической связи
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
специалитет
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Системы подвижной цифровой защищенной связи
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
специалист
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2020

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория электрической связи» относится к дисциплинам базовой части основной профессиональной образовательной программы по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», преподается в 6 и 7 семестрах.

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение основных принципов построения цифровых систем подвижной цифровой помехозащищенной связи;
- изучение основных статистических характеристик пространственных многолучевых каналов цифровой подвижной связи;
- изучение основных методов формирования, приема и обработки сигналов в системах подвижной цифровой помехозащищенной связи;
- знакомство с основными показателями качества беспроводных систем подвижной цифровой помехозащищенной связи.

В процессе изучения дисциплины студенты должны углубить знания по теоретическим основам формирования, приема и обработки сигналов, приобрести знания, необходимые для оценки основных показателей эффективности систем связи применительно к реальным окружающим условиям.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3. Способность применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач. (этап освоения: базовый)	З1 (ОПК-1): Знать основные положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи. У1 (ОПК-1): Уметь использовать основные положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач.

3. Структура и содержание дисциплины «Теория электрической связи»

Объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц, всего 288 часов, из которых 132 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 64 часа занятия лабораторного типа, в том числе 4 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа – мероприятия промежуточной аттестации), 156 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Раздел 1. Сигналы и их спектры.	44	10		10	20	24
Раздел 2. Статистические свойства пространственных каналов связи.	44	10		10	20	24
Раздел 3. Методы оценки пространственных каналов связи.	46	10		10	20	26
Раздел 4. Кодирование / декодирование, модуляция / демодуляция сигналов в системах связи.	46	10		10	20	26
Раздел 5. Передача и прием информации в системах связи с кодовым разделением пользователей и с ортогональным частотным мультиплексированием.	50	12		12	24	26
Раздел 6. Методы обработки сигналов в системах связи с разнесенным приемом и / или разнесенной передачей.	54	12		12	24	30
В т.ч. текущий контроль	4			4	4	
Промежуточная аттестация: экзамен						

4. Образовательные технологии

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий.

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Основными видами образовательных технологий курса «Теория электрической

связи» являются лекции с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), лабораторные работы и самостоятельная работа студента.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине.

Во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования:

ОПК-3: способность применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания <i>Знать</i> основные положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи	Отсутствие знаний основных положений теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи. Невозможность оценить полностью знания вследствие отказа обучающегося	Наличие грубых ошибок в знании основных положений теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи	Знание основных положений теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи с рядом ошибок	Знание основных положений теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи с рядом ошибок	Знание основных положений теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи с незначительными погрешностями	Знание основных положений теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи без ошибок и погрешностей	Знание основных и дополнительных теорий электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи без ошибок и погрешностей

	от ответа						
Умения Уметь применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач	Полное отсутствие умения применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Наличие грубых ошибок в умении применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач	Умение применить положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач с рядом ошибок	Умение применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач с незначительными ошибками	Умение применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач с незначительными погрешностями	Умение применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач	Умение свободно применять положения теории электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, электрической связи для решения профессиональных задач
Шкала оценок по проценту правильных контрольных заданий	0-20%	20-50%	50-70%	70-80%	80-90%	90-99%	100%

6.2. Описание шкал оценивания

Используется традиционная семибалльная шкала оценивания, утвержденная приказом ректора ННГУ от 10.10.2002 №229_ОД.

№ пп	Оценка, её обозначение и соответствующий ей числовой балл	Определение (уровень подготовки, характеризующийся оценкой)	Средний % студентов, получивших указанную оценку
1	Превосходно (прев; 5,5)	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями	10%
2	Отлично (отл; 5)	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками	25%
3	Очень хорошо (очхор; 4,5)	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок	30%

4	Хорошо (хор; 4)	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками	25%
5	Удовлетворительно (уд; 3)	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям	10%
6	Не удовлетворительно (неуд; 2)	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания	
7	Плохо (плох; 1)	Подготовка совершенно недостаточная	

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- *письменные и устные ответы на вопросы.*

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- *контрольные задания.*

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- *устное собеседование.*

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Примеры контрольных вопросов для аттестации по итогам освоения дисциплины (ОПК-3):

1. Канальная модель Кларка и спектр Джейкса.
2. Случайные узкополосные сигналы. Релеевское распределение амплитуды и замирания сигнала в многолучевом канале связи.
3. Плоский канал связи. Частотно-селективный канал связи.
4. Импульсная характеристика и передаточная функция многолучевого канала связи.
5. Оценка импульсной характеристики однолучевого канала связи.
6. Критерий максимума апостериорной вероятности и критерий максимального правдоподобия при детектировании сигналов. Оптимальный детектор для модуляции без памяти.
7. Вероятность битовой и символьной ошибки в релеевском канале для сигналов фазовой и квадратурной амплитудной модуляций.
8. Физический смысл канального кодирования. Сверточный кодер. Решетчатая диаграмма сверточного кодера.
9. Ортогональные многомерные сигналы с частотным сдвигом. Формирование OFDM-сигнала.
10. Обработка сигналов при пространственно-временной (схема Аламоути) разнесенной передаче.

Для оценки сформированности компетенции ОПК-3 служат практические контрольные задания. Примеры типовых заданий:

1. Как следует определять асимптотическое поведение спектра энергии сигнала при больших частотах, если а) сигнал имеет скачки только первой производной; б) сигнал имеет скачки первой и второй производных?
2. Каким образом преобразуется энергетический спектр сигнала при дифференцировании этого сигнала?

3. Ширина спектра случайного процесса равна 1 МГц. Чему приблизительно равно время корреляции этого процесса.
4. Найти скорость передачи данных в OFDM-системе, если заданы: полоса частот, длительность защитного интервала, скорость кодирования, модуляция, число пилотных поднесущих.
5. Система связи использует когерентное суммирование сигналов в двух приемных антеннах. Найти весовые коэффициенты для первой и второй приемных антенн, если заданы канальные коэффициенты.
6. Найти импульсную характеристику заданного сверточного кодера с заданными двумя векторами связи. Нарисовать данный кодер.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД.
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теория электрической связи»

а) основная литература:

1. Прокис Д. Цифровая связь. Пер. с англ. – М: Радио и связь, 2000. 800 с.
2. Ермолаев В.Т., Флакман А.Г. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах связи. Монография. – Нижний Новгород: ННГУ, 2011. – 368 с.
3. В.Т. Ермолаев, А.А. Мальцев, А.Г. Флакман, О.В. Болховская, А.В. Клюев. Мобильная связь: вопросы теории и типовые задачи. Учебное пособие. / Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2014. 234 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Автор (ы) _____ В.Т. Ермолаев

_____ А.Г. Флакман

Рецензент (ы) _____ И.Ю. Демин

Заведующий кафедрой _____ А.А. Мальцев

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» июня 2020 года, протокол № 03/20 .