

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)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«20» апреля 2021 г. № 1

Рабочая программа дисциплины

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)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2021 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.17 «Теория электрической связи» относится к дисциплинам обязательной части ООП специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-11. Способен применять положения теории в области электрических цепей, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, кодирования, электрической связи, цифровой обработки сигналов для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-11.1. Знает: - виды модуляции сигналов - математические модели сигналов - методы спектрального и корреляционного анализа сигналов - спектральные и корреляционные характеристики аналоговых и дискретных детерминированных сигналов - принципы построения систем связи - методы представления сообщений, сигналов и помех - преобразование сигналов в каналах связи - основные понятия теории информации и кодирования: энтропия, взаимная информация, источники сообщений, каналы связи, коды - основные понятия оптимального кодирования источников информации и помехоустойчивого кодирования каналов связи - особенности распространения радиоволн различных диапазонов частот - основные методы анализа дискретных сигналов и систем	Знать основы теории электрической связи, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, необходимые для реализации алгоритмов обработки сигналов и позволяющие разрабатывать беспроводные системы подвижной связи и средства их защиты	Собеседование, контрольные вопросы, практические контрольные задания
	ОПК-11.2. Умеет: - строить математические модели типовых радиотехнических сигналов - выбирать эффективные модели сигналов и методы их формирования - применять корреляционный и спектральный анализ сигналов - выбирать статистические модели сигналов и помех - вычислять теоретико-информационные характеристики источников сообщений и каналов связи - строить и изучать математические модели систем передачи информации для решения расчетных и исследова-	Уметь использовать основы теории электрической связи, радиотехнических сигналов, распространения радиоволн, цифровой обработки сигналов, информации и кодирования, необходимые для реализации алгоритмов обработки сигналов и позволяющие разрабатывать беспроводные системы подвижной связи и средства их защиты	Собеседование, контрольные вопросы, практические контрольные задания

	<p>тельских задач</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать типовые параметры трасс распространения радиоволн - применять методы цифрового представления сигналов и систем обработки - использовать типовые пакеты прикладных программ для анализа и синтеза систем цифровой обработки сигналов 		
	<p>ОПК-11.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками экспериментального исследования типовых линейных и нелинейных электрических цепей - навыками расчета параметров элементов электрических цепей - навыками расчета параметров типовых радиотехнических сигналов - навыками формирования реализаций типовых радиотехнических сигналов - теоретически обоснованными методами оптимизации приемников сигналов на фоне помех - навыками определения основных параметров помехоустойчивых кодов - навыками реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов 	<p>Владеть аппаратом теории электрической связи, необходимым для реализации алгоритмов обработки данных</p>	<p>Собеседование, контрольные вопросы, практические контрольные задания</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
Общая трудоемкость	8 ЗЕТ	___ ЗЕТ	___ ЗЕТ
Часов по учебному плану	288		
в том числе			
аудиторные занятия (контактная работа):			
- занятия лекционного типа	64		
- занятия семинарского типа			
(практические занятия / лабораторные работы)	64		
самостоятельная работа	75		
КСР	4		
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	Экзамен		

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Раздел 1. Сигналы и их спектры	34	10		10	20	14
Раздел 2. Статистические свойства пространственных каналов связи	34	10		10	20	14
Раздел 3. Методы оценки пространственных каналов связи	34	10		10	20	14
Раздел 4. Кодирование/ декодирование, модуляция/ демодуляция сигналов в системах связи	34	10		10	20	14
Раздел 5. Передача и прием информации в системах связи с кодовым разделением пользователей и с ортогональным частотным мультиплексированием	38	12		12	24	14
Раздел 6. Методы обработки сигналов в системах связи с разнесенным приемом и/или разнесенной передачей	29	12		12	24	5
Итого	203	64		64	128	75

Лабораторные занятия

№п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Статистические характеристики амплитуды и фазы узкополосного сигнала, проходящего через многолучевой канал связи
2	2	Корреляционные и спектральные характеристики узкополосного сигнала, проходящего через многолучевой канал связи
3	4	Вероятность битовой ошибки в каналах с различными статистическими свойствами
4	6	Основные характеристики систем связи с разнесенным приемом

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках лабораторных занятий и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, компьютерных классах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и

контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

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

– контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п.5.2. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место	Имеется минимальный набор навыков для решения стан-	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с неко-	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без оши-	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных

	вследствие отказа обучающегося от ответа	грубые ошибки.	данных задач с некоторыми недочетами	торыми недочетами	бук и недочетов.	без ошибок и недочетов.	задач
--	--	----------------	--------------------------------------	-------------------	------------------	-------------------------	-------

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
Канальная модель Кларка и спектр Джейкса.	ОПК-11
Случайные узкополосные сигналы. Релеевское распределение амплитуды и замираний сигнала в многолучевом канале связи.	ОПК-11
Плоский канал связи. Частотно-селективный канал связи.	ОПК-11
Импульсная характеристика и передаточная функция многолучевого канала связи	ОПК-11
Оценка импульсной характеристики однолучевого канала связи	ОПК-11
Критерий максимума апостериорной вероятности и критерий максимального правдоподобия при детектировании сигналов. Оптимальный детектор для модуляции без памяти.	ОПК-11
Вероятность битовой и символьной ошибки в релеевском канале для сигналов фазовой и квадратурной амплитудной модуляций	ОПК-11
Физический смысл канального кодирования. Сверточный кодер. Решетчатая диаграмма сверточного кодера	ОПК-11
Ортогональные многомерные сигналы с частотным сдвигом. Формирование OFDM-сигнала.	ОПК-11
Обработка сигналов при пространственно-временной (схема Аламути) разнесенной передаче	ОПК-11

5.2.2 Практические контрольные задания

Задания	Код формируемой компетенции
Как следует определять асимптотическое поведение спектра энергии сигнала при больших частотах, если: а) сигнал имеет скачки только первой производной; б) сигнал имеет и скачки первой и второй производных?	ОПК-11
Каким образом преобразуется энергетический спектр сигнала при дифференцировании этого сигнала?	ОПК-11
Ширина спектра случайного процесса равна 1 МГц. Чему приблизительно равно время корреляции этого процесса.	ОПК-11
Найти скорость передачи данных в OFDM-системе, если заданы: полоса частот, длительность защитного интервала, скорость кодирования, модуляция, число пилотных поднесущих.	ОПК-11
Система связи использует когерентное суммирование сигналов в двух приемных антеннах. Найти весовые коэффициенты для первой и второй приемных антенн, если заданы канальные коэффициенты.	ОПК-11
Найти импульсную характеристику заданного сверточного кодера с заданными двумя векторами связи. Нарисовать данный кодер	ОПК-11

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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 госуниверситета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2014. 234 с.

б) дополнительная литература:

1. Тихонов В.И., Харисов И.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: *доска, проектор*.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Авторы _____ д.ф.-м.н., профессор А.Г. Флакман

_____ к.т.н., ст.преп. И.М. Аверин

Заведующий кафедрой
статистической радиофизики и
мобильных систем связи _____

д.ф.-м.н., профессор А.А. Мальцев

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «23» марта 2021 года, протокол № 02/21.