МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«26» июня 2019 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль) образовательной программы
ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА

Квалификация

БАКАЛАВР

Формы обучения
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2019

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Пересмотренная рабочая программа утверждена на заседании учёного совета Балахнинского филиала ННГУ
10 июня 2020 г. Протокол № 6. Председатель учёного совета БФ ННГУ _____А.К. Балдин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры
Прикладной информатики, информационных технологий, радио- и электротехники БФ ННГУ

Протокол от 6 июня 2020 г. № 10
И.о. Зав. кафедрой _____Д.Н. Шуваев

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 2020 г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.15), ориентирована на подготовку выпускников к решению конструкторского типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПК-2, определяемое индикатором ПК-2.2.

Формирование компетенции ПК-2 начинается при изучении дисциплин Основы теории цепей (ПК-2.2), Аппаратные средства вычислительной техники (ПК-2.3, 2.4), Электрорадиотехнические цепи и устройства приёма и передачи сигналов (ПК-2.2, 2.5, 2.6), Сети и системы передачи информации (ПК-2.4), продолжается в процессе освоения настоящей дисциплины и будет завершено в ходе выполнения Технологической и Преддипломной практик и подготовки Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые 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**	
ПК-2. Способен участвовать в конструкторских работах по созданию электротехники и электрорадиотехнических систем	ПК-2.2. Демонстрирует знания и способности применять теорию электрической связи и электрических цепей.	Знает сущность и значение информации в развитии современного общества, осознаёт опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, Умеет соблюдать в профессиональной деятельности требования правовых актов в области информационной безопасности Владеет методами оптимизации параметров радиотехнических систем (устройств) с использованием различных методов исследований.	Вопросы к зачёту, Вопросы и задачи практических занятий, Вопросы для самоподготовки

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоёмкость дисциплины

	очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа - КСР	31 16 14 1
самостоятельная работа	77
Промежуточная аттестация – зачёт	

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	
	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная
1. Теория электрической связи. Сигналы и их спектры	29	6	2		8	21
2. Статистические свойства пространственных каналов связи	42	6	6		10	32
3. Методы оценки пространственных каналов связи	36	4	6		10	26
КСР	1				1	
Промежуточная аттестация – зачёт						
Итого	108	16	14		31	77

1. Теория электрической связи. Сигналы и их спектры.

Основные понятия и определения. Задачи теории. Информация и способы её передачи.

Три способа представления узкополосного сигнала. Принцип работы модулятора и демодулятора. Плоский канал связи. Частотно-селективный канал связи. Импульсная характеристика и передаточная функция многолучевого канала связи. Временная, частотная и угловая дисперсии в многолучевом канале связи.

2. Статистические свойства пространственных каналов связи. Критерии максимума апостериорной вероятности и максимального правдоподобия при детектировании сигналов. Физический смысл канального кодирования. Свёрточный кодер и его решетчатая диаграмма. Основные методы разделения пользователей. Формирование и приём OFDM-сигнала. Пропускная способность OFDM-системы. Случайные узкополосные сигналы. Релеевское и райсовское распределение амплитуды.

Оптимизация параметров каналов связи.

3. Методы оценки пространственных каналов связи. Основные модуляции, используемые в системах цифровой связи. Оценка импульсной характеристики однолучевого и многолучевого каналов связи. Оценка частотной передаточной функции многолучевого канала связи в OFDM системе связи. Принципы построения сотовых систем связи. Повторное использование частот. Процедура передачи пользователя от одной базовой станции к другой. Вероятность битовой ошибки в релеевском канале для сигналов основных модуляций. Вероятность битовой ошибки в релеевском канале при разнесённом приёме. Обработка сигналов при пространственно-временной разнесённой передаче.

Информационная безопасность. Проблемы и решения.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачёт).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к практическим, лабораторным и лекционным занятиям. Подготовка к прохождению и прохождение испытаний промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

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**
	Не зачтено		**Зачтено**				
Знания	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 ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объёме, превышающем программу подготовки.
Умения	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 объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочётами, выполнены все задания в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без недочётов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочётами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		**Уровень подготовки**
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»

	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. Вопросы к зачету

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Теория электрической связи. Основные понятия. Задачи теории	ПК-2
2. Случайные сигналы и шумы. Функция плотности распределения. Нормальный случайный процесс. Одномерный и двумерный случаи.	ПК-2
3. Гармонический сигнал со случайной фазой. Найти одномерную функцию плотности распределения.	ПК-2
4. Амплитудная модуляция, используемая в системах цифровой связи.	ПК-2
5. Фазовая модуляция, используемая в системах цифровой связи.	ПК-2
6. Квадратурная амплитудная модуляция, используемая в системах цифровой связи.	ПК-2
7. Импульсная характеристика и передаточная функция многолучевого канала связи.	ПК-2
8. Временная дисперсия в многолучевом канале связи, среднее значение и дисперсия задержки сигнала.	ПК-2
9. Частотная дисперсия в многолучевом канале связи, модель Кларка для многолучевого канала.	ПК-2
10. Каким образом преобразуется энергетический спектр сигнала при интегрировании этого сигнала?	ПК-2
11. Угловая дисперсия в многолучевом канале связи. Гауссова модель канала и ее сравнение с круговой моделью и моделью Кларка.	ПК-2
12. Оценка импульсной характеристики однолучевого канала связи.	ПК-2

13. Пространственная корреляция сигналов.	ПК-2
14. Оценка импульсной характеристики многолучевого канала при известной длине импульсной характеристики.	ПК-2
15. Оценка длины импульсной характеристики многолучевого канала.	ПК-2
16. Оценка частотной передаточной функции многолучевого канала связи в OFDM системе связи.	ПК-2
17. Принципы построения сотовых систем связи. Гексагональная структура сети. Повторное использование частот.	ПК-2
18. Процедура передачи пользователя от одной базовой станции к другой.	ПК-2
19. Спектр дискретного сигнала. Частота Найквиста. Эффект наложения спектра при дискретизации.	ПК-2
20. Восстановление сигнала по его временным выборкам. Теорема Котельникова.	ПК-2
21. Оптимизация параметров радиотехнических систем передачи информации. Цели и задачи.	ПК-2
22. Информационная безопасность. Технические и правовые аспекты.	ПК-2

5.2.2 Вопросы и задачи практических занятий (оценка компетенции ПК-2)

Вопросы	Код формируемой компетенции
Статистические характеристики амплитуды и фазы узкополосного сигнала, проходящего через многолучевой канал связи	ПК-2
Корреляционные и спектральные характеристики узкополосного сигнала, проходящего через многолучевой канал связи	ПК-2
Вероятность битовой ошибки в каналах с различными статистическими свойствами	ПК-2
Основные характеристики систем связи с разнесенным приемом	ПК-2

Задача 1. Задан энергетический спектр детерминированного сигнала. Можно ли однозначно определить сигнал?

Задача 2. Каким образом следует определять асимптотическое поведение спектра энергии сигнала при больших частотах, если а) сигнал имеет скачки первой производной только; б) сигнал имеет и скачки первой производной, и скачки второй производной?

Задача 3. Каким образом преобразуется энергетический спектр сигнала при дифференцировании этого сигнала?

Задача 4. Даны два сигнала и их спектральные плотности амплитуд. Как найти спектр энергии суммы сигналов?

Задача 5. На входе антенной решетки имеется сигнал и собственный шум. Известен вектор комплексных амплитуд S сигнала, корреляционная матрица собственного шума равна единичной матрице. Найти весовой вектор, который обеспечивает максимальное ОСШ на выходе антенной решетки. Чему равно максимальное ОСШ?

Задача 6. Приём сигнала в релеевском канале осуществляется двумя антеннами. Замирания в этих антеннах являются статистически независимыми. Сигналы суммируются с заданными весовыми коэффициентами. Найти среднее ОСШ. Каков характер замираний результирующего сигнала?

Задача 7. Спектр узкополосного сигнала является равномерным в полосе от f_1 до f_2. Чему равна минимальная частота дискретизации сигналов для их идеального восстановления

Задача 8. Какими свойствами обладают спектральная плотность амплитуды и спектр энергии, если сигнал является действительной функцией времени?

Задача 9. Амплитуда сигнала является случайной и имеет релеевскую функцию плотности вероятности. Как следует понимать медианное значение амплитуды?

Задача 10. Каким образом связаны между собой функция автокорреляции действительного сигнала и его спектр энергии?

Задача 11. Ширина спектра случайного процесса равна 1 МГц. Чему приблизительно равно время корреляции этого процесса.

Задача 12. Сигнал представлен в виде нечетной функции времени. Что можно сказать о спектральной плотности амплитуды? Чему равно значение спектра на нулевой частоте?

Задача 13. Необходимо уменьшить вероятность битовой ошибки с 10^{-x} до 10^{-y}, где $x<y$. На сколько дБ должна быть увеличена мощность передатчика в системе связи, использующей N приемных антенн с когерентным суммированием сигналов, если используется 2ФМ сигналы, среднее ОСШ $\rho>>1$, а замирания сигналов в приемных антеннах являются релеевскими и некоррелированными.

5.2.3. Вопросы для самоподготовки (оценка компетенции ПК-2)

1) Три способа представления узкополосного сигнала. Принцип работы модулятора и демодулятора.
2) Плоский канал связи. Частотно-селективный канал связи.
3) Импульсная характеристика и передаточная функция многолучевого канала связи.
4) Временная, частотная и угловая дисперсии в многолучевом канале связи.
5) Критерии максимума апостериорной вероятности и максимального правдоподобия при детектировании сигналов.
6) Физический смысл канального кодирования. Сверточный кодер и его решетчатая диаграмма.
7) Основные методы разделения пользователей.
8) Формирование и прием OFDM-сигнала. Пропускная способность OFDM-системы.
9) Случайные узкополосные сигналы. Релеевское и райсовское распределение амплитуды.
10) Основные модуляции, используемые в системах цифровой связи.
11) Оценка импульсной характеристики однолучевого и многолучевого каналов связи.
12) Оценка частотной передаточной функции многолучевого канала связи в OFDM системе связи.
13) Принципы построения сотовых систем связи. Повторное использование частот. Процедура передачи пользователя от одной базовой станции к другой.
14) Вероятность битовой ошибки в релеевском канале для сигналов основных модуляций.
15) Вероятность битовой ошибки в релеевском канале при разнесенном приеме.
16) Обработка сигналов при пространственно-временной разнесенной передаче.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Андреев Р.Н. Теория электрической связи: курс лекций [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Андреев Р.Н., Краснов Р.П., Чепелев М.Ю. – М.: Горячая линия - Телеком, 2014. – 230 с. - ISBN 978-5-9912-0381-4 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203814.html [26.09.2019]

2. Клюев Л.Л. Теория электрической связи: Учебник. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Новое знание, 2016. – 448 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт) ISBN 978-5-16-011447-7 –

Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/525236 [26.09.2019]

б) дополнительная литература

1. Землянухин П.А. Видео- и радиосигналы в системах передачи информации [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2017. – 119 с. - ISBN 978-5-9275-2394-8 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927523948.html [26.09.2019]

в) программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

– Операционная система Microsoft Windows
– Пакет прикладных программ Microsoft Office
– Правовая система «Консультант плюс»
– Браузер Google Chrome

г) Интернет-ресурсы

– Известия вузов «Радиоэлектроника», https://re.eltech.ru/jour#
– Известия вузов «Электромеханика», http://electromeh.npi-tu.ru/ru/archive/

д) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

– http://электротехнический-портал.рф/kniga.html
– http://elektromehanika.org
– Силовая электроника, http://www.multikonelectronics.com
– Радиотехнический сайт, https://radiotract.ru/link_sprav.html
– «Техэксперт» – профессиональные справочные системы http://техэксперт.рус/ [26.10.19]
– База данных «Электрик» http://www.electrik.org/ [26.10.19]
– ИС «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». Раздел: Электротехника http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.30 [26.10.19]
– Онлайн электрик: база данных https://online-electric.ru/dbase.php [26.10.19]
– База данных Energy & Power Source для профессионалов в области энергетики и исследователей - http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple [26.10.19]
– Радиоэлектроника http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=Радиоэлектроника [26.10.19]
– Список сайтов по радиоэлектронике http://radiostorage.net/page/3-spisok-sajtov-po-radioelektronike.html [26.10.19]

– Банк изобретений, технологий и научных открытий: http://www.ntpo.com [26.10.19]

– Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности https://gisee.ru/ [26.10.19]

– Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [26.10.19]

– База данных рецензируемой литературы Scopus https://www.scopus.com [26.10.19]

– База данных Web of Science https://apps.webofknowledge.com [26.10.19]

– ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал http://www.garant.ru/

– Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием (мультимедиа-проектор, экран, ноутбук).

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор: д.ф.-м.н., доцент Ф.И. Выборнов

Рецензент:
д.т.н., начальник отдела АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения
им. И. И. Африкантова" В.А. Панов

Программа утверждена на заседании объединённой методической комиссии Института открытого образования и филиалов университета, протокол № 13 от 29.04.2019 г.