

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 14.09.2023 10:47:23
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Беспроводные инфокоммуника-
ционные сети»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ»

для подготовки магистров

по направлению

11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

по программе

«Беспроводные инфокоммуникационные сети»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Шевченко М.Е.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РЭС
09.03.2022, протокол № 7

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	РЭС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	6
Курс	1
Семестр	2
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	51
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	147
Всего (академ. часов)	216
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	1

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ»

В дисциплине «Цифровая связь» рассматриваются основные принципы построения и функционирования систем цифровой связи различного назначения. Особое внимание уделяется изучению классических видов цифровых модуляций: линейной (амплитудная, фазовая, квадратурная) и нелинейной (частотная, частотная с непрерывной фазой, в том числе со сглаживанием). Методам приема в каналах с замираниями и межсимвольной интерференцией.

SUBJECT SUMMARY

«DIGITAL COMMUNICATION»

The discipline "Digital communication" considers the basic principles of construction and operation of digital communication systems for various purposes. Particular attention is paid to the study of classical types of digital modulation: linear (amplitude, phase, quadrature) and non-linear (frequency, frequency with continuous phase, including smoothing). Reception methods in channels with fading and inter-symbol interference.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями изучения дисциплины является приобретение теоретических знаний о принципах функционирования систем цифровой связи; знакомство с используемыми алгоритмами обработки сигнала, формирование практических умений и навыков проведения расчетов параметров таких систем и их моделирования.
2. Задачами изучения дисциплины является получение знаний об основных принципах построения систем цифровой связи, формирование умений для расчета параметров цифровых систем связи, формирование навыков использования алгоритмов обработки сигналов в таких системах и компьютерных моделей этих систем.
3. Знания основных принципов построения и функционирования систем цифровой связи, назначения и характеристик элементов систем связи.
4. Умения производить расчеты помехоустойчивости систем цифровой связи, использовать соответствующую научно-техническую и справочную литературу.
5. Навыки методов математического анализа и моделирования систем цифровой связи.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Основы построения широкополосных систем информационного обмена»
2. «Телекоммуникационные сети и системы»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Производственная практика (научно-исследовательская работа)»

2. «Моделирование микроволновых устройств»

3. «Устройства приема и обработки цифровых сигналов»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС, ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы с целью совершенствования и созданию новых перспективных инфокоммуникационных систем
<i>ПК-1.1</i>	<i>Знает технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники, действующие нормативные требования и государственные стандарты</i>
ПК-2	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные исследования для решения научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и методов исследования
<i>ПК-2.1</i>	<i>Знает методики сбора, анализа и обработки статистической информации инфокоммуникационных систем</i>
ПК-3	Способен самостоятельно собирать и анализировать исходные данные с целью формированию плана развития, выработке и внедрению научно обоснованных решений по оптимизации сети связи
<i>ПК-3.1</i>	<i>Знает рынок услуг связи, средства сбора и анализа исходных данных для развития и оптимизации сети связи</i>
СПК-4	Способен разрабатывать системы связи с подвижными объектами в соответствии с техническим заданием
<i>СПК-4.1</i>	<i>Знает принципы построения и функционирования систем связи с подвижными объектами, знает особенности радиоканала и вытекающих из них ограничений на характеристики систем беспроводной связи</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Основные понятия и математические модели каналов связи	7			12
3	Цифровые виды модуляции	7	4		20
4	Каналы с межсимвольной интерференцией	8			14
5	Каналы с замиранием и рассеянием	8	2		20
6	Методы модуляции с расширением спектра	5	4		18
7	Методы разделения каналов	4			14
8	Синхронизация	4	2		14
9	Помехоустойчивое кодирование	4	5		18
10	Примеры построения систем цифровой связи с множественным доступом	2	0		12
11	Заключение	1		1	5
	Итого, ач	51	17	1	147
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	216/6			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Задачи дисциплины. Место дисциплины в учебном плане.
2	Основные понятия и математические модели каналов связи	Общая структура системы цифровой связи. Специализированные и универсальные системы связи. Предположения о статистических свойствах битового потока. Скремблирование: аддитивное и мультипликативное. Важнейшие параметры систем цифровой связи. Алгоритм Витерби (обобщенно). Методы статистической радиотехники в системах цифровой связи. АБГШ-канал и его пропускная способность. Предельные соотношения между помехоустойчивостью и спектральной эффективностью

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Цифровые виды модуляции	Линейная цифровая модуляция: амплитудная, фазовая, квадратурная. Методы демодуляции и оценка помехоустойчивости в АБГШ-канале. Спектральные характеристики сигналов цифровой модуляции. Нелинейная цифровая модуляция: частотная, частотная с непрерывной фазой, в том числе со сглаживанием. Принципы когерентного и некогерентного приема, оценка помехоустойчивости в АБГШ-канале. Достижимые соотношения между помехоустойчивостью и спектральной эффективностью для некодированной модуляции.
4	Каналы с межсимвольной интерференцией	Причины возникновения межсимвольной интерференции (МСИ), математическая модель канала с МСИ. Оптимальный алгоритм приема сигнала (алгоритм Витерби). Линейный эквалайзер. Эквалайзер с обратной связью по решению. Многочастотная модуляция (технологии OFDM, DMT). Формирование и прием сигнала с помощью дискретного преобразования Фурье. Циклический префикс. Эквалайзер в частотной области. Достоинства и недостатки многочастотных систем.
5	Каналы с замиранием и рассеянием	Характеристики каналов с замиранием и рассеянием. Типы замираний. Многолучевое распространение сигналов. Математические модели каналов с замираниями. Мелкомасштабные и крупномасштабные модели замираний. Быстрые и медленные замирания. Оценка помехоустойчивости различных видов цифровой модуляции в рэлеевском канале связи. Разнесенный прием как метод борьбы с замираниями. Методы обработки принятых сигналов и помехоустойчивость основных видов модуляции при замираниях. Перемежение как способ борьбы с группированием ошибок. Блочные и сверточные перемежители. Понятие пространственно-временного кодирования.
6	Методы модуляции с расширением спектра	Понятие о расширении спектра. Достоинства систем с расширением спектра. Прямое расширение спектра. РАКЕ-приемник. Псевдослучайная перестройка частоты (программная перестройка рабочей частоты).
7	Методы разделения каналов	Понятие разделения каналов. Частотно-временной ресурс. Временное и частотное разделение каналов. Кодовое разделение каналов. Понятие о многопользовательском приеме.
8	Синхронизация	Задачи синхронизации. Ухудшение помехоустойчивости из-за ошибок синхронизации. Классификация алгоритмов синхронизации: замкнутые и разомкнутые, с использованием и без использования данных, отдельные и совместные. Фазовая синхронизация. Частотная синхронизация. Тактовая синхронизация

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
9	Помехоустойчивое кодирование	Роль помехоустойчивого кодирования в системах цифровой связи. Классификация кодов и способы оценки помехоустойчивости в системах с кодированием. Сигнально-кодовые конструкции: принципы построения и декодирования. Каскадные коды. Итерационное декодирование: турбо-коды и LDPC-коды
10	Примеры построения систем цифровой связи с множественным доступом	Стандарты GSM и CDMA
11	Заключение	Перспективы развития цифровой связи.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Виды линейной и нелинейной цифровой модуляции	4
2. Модели крупномасштабных и мелкомасштабных замираний	2
3. Методы расширения спектра в системах цифровой связи	4
4. Синхронизация физического уровня систем цифровой связи	2
5. Помехоустойчивое кодирование в системах цифровой связи	5
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	55

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	25
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	32
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	147

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение : монография / Б.Скляр; [Пер. с англ. Е.Г.Грозы и др.], 2003. - 1099 с. -Текст : непосредственный.	21
2	Основы теории мобильной связи [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / [В. П. Ипатов [и др.] ; под ред. В. П. Ипатова], 2012. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Вернер М. Основы кодирования : учеб. для вузов по направлению "Прикладные математика и физика" / М. Вернер; пер. с нем. Д.К. Зигангирова, 2004. -286 с.	24
4	Прокис, Джон. Цифровая связь : монография / Дж. Прокис; Пер. с англ. под ред. Д.Д.Кловского, 2000. -797 с.	19
Дополнительная литература		
1	Галкин, Вячеслав Александрович. Цифровая мобильная радиосвязь : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров 550400 -"Телекоммуникации" и по направлению подгот. диплом. специалистов 654400 -"Телекоммуникации" / В.А. Галкин, 2007. -432 с.	4
2	Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение : учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. "Прикладные математика и физика" и "Телекоммуникации" : пер. с англ. / Р. Морелос-Сарагоса ; пер. с англ. В.Б. Афанасьева, 2005. -319 с.	31
3	Рид, Ричард. Основы теории передачи информации : [пер. с англ.] / Р. Рид, 2005. -293 с.	60
4	Шевченко, Майя Евгеньевна. Основы систем сотовой связи : учеб. пособие : лабораторный практикум / М.Е. Шевченко, А.В. Пристинский, 2004. -42 с.	107

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Прокис Дж Цифровая связь https://djvu.online/file/Z2D1nrW9wMYvX
2	Скляр Б. Цифровая связь https://booktech.ru/books/elektronika/13757-cifrovaya-svyaz-2003-b-sklyar.html

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13939>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Цифровая связь» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

Для допуска на экзамен студент должен посетить не менее 80% практических занятий, на которых демонстрирует навыки работы с моделями цифровых систем связи. Экзамен проводится по билетам, содержащим два вопроса из списка.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Общая структура системы цифровой связи. Предположения о статистических свойствах битового потока. Важнейшие параметры систем цифровой связи.
2	АБГШ-канал и его пропускная способность. Предельные соотношения между помехоустойчивостью и спектральной эффективностью. Формирующие фильтры
3	ФМ-2, ФМ-4,-М. Методы демодуляции и оценка помехоустойчивости в АБГШ-канале.
4	Квадратурная модуляция со сдвигом. Относительная дифференциальная квадратурная модуляция
5	АФМ, КАМ-М. Методы демодуляции и оценка помехоустойчивости в АБГШ-канале
6	Нелинейная цифровая модуляция: частотная, частотная с непрерывной фазой, ЧМ-2, ЧМ-М. оценка помехоустойчивости в АБГШ-канале
7	Частотная модуляция со сдвигом. Гауссовская модуляция с минимальным частотным сдвигом(GMSK).
8	OFDM модуляция. Методы демодуляции
9	Методы разделения каналов. Принципы построения систем множественного доступа
10	Модуляция с расширением спектра. Прямое расширение спектра. Псевдослучайная перестройка частоты (программная перестройка рабочей частоты).
11	Каналы с межсимвольной интерференцией. Причины возникновения межсимвольной интерференции (МСИ), математическая модель канала с МСИ.
12	Назначение формирующих фильтров
13	Многолучевое распространение сигналов. Математические модели каналов с замираниями
14	Мелкомасштабные и крупномасштабные модели замираний Характеристики каналов с замиранием и рассеянием. Типы замираний. Быстрые и медленные замирания
15	Способы измерения параметров многолучевого канала
16	Разнесенный прием как метод борьбы с замираниями. Перемежение как способ борьбы с группированием ошибок. Rake-приемник
17	Типы эквалайзеров. Назначение и принципы работы

18	Принципы построения речевых кодеков
19	Схемы тактовой синхронизации в системах цифровой связи
20	Схемы фазовой синхронизации в системах цифровой связи

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Цифровая связь** ФРТ

1. Общая структура системы цифровой связи. Предположения о статистических свойствах битового потока. Важнейшие параметры систем цифровой связи.

2. OFDM модуляция. Методы демодуляции.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.Н. Малышев

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
8	Цифровые виды модуляции	
9		Практическая работа
11	Каналы с замиранием и рассеянием Методы модуляции с расширением спектра	
12		
13		Практическая работа

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, Маркерная или меловая доска	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, Маркерная или меловая доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА