

**Программа учебной дисциплины  
«Цифровые системы передачи и приема информации»**

Утверждена  
Академическим советом ОП  
Протокол №4 от 29.08.2019

Разработчик	Стукач О.В., профессор, департамент электронной инженерии МИЭМ НИУ ВШЭ
Число кредитов	6
Контактная работа (час.)	28
Самостоятельная работа (час.)	200
Курс, Образовательная программа	4 курс, Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

**1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты**

Целью дисциплины "Цифровые системы передачи и приема информации" (ЦСППИ) является изучение цифровых систем обработки информации, основных функциональных узлов станций цифровой связи, принципов разделения и мультиплексирования информации, анализа характеристик каналов цифровой связи.

В результате освоения дисциплины ЦСППИ студент должен:

- Знать принципы функционирования цифровых систем обработки информации, принципы работы базовых устройств цифровых систем.
- Уметь их проектировать на основе общей методологии проектирования систем.

Настоящая дисциплина относится к блоку базовой части дисциплин по выбору профессионального цикла Б.ПЦ.В.П.2, обеспечивающих подготовку бакалавра по направлению 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи".

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах (пререквизиты):

Теория электрических цепей.

Общая теория связи.

Электроника.

Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей.

Основы телевидения и радиосвязи.

Цифровая обработка сигналов.

Схемотехника телекоммуникационных устройств.

Итоговый контроль - экзамен в 1 модуле.

## 2. Содержание учебной дисциплины

Тема (раздел дисциплины)	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
Тема 1. Основные тенденции развития телекоммуникационных систем.	лк 2 ч.	Знает принципы построения и структуру взаимоувязанной сети связи. Ориентируется в основных тенденциях развития телекоммуникационных систем. Владеет методологией анализа работы систем передачи и приёма информации (СППИ).	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.) Домашнее задание.
	см 2 ч.		
	ср 28 ч.		
Тема 2. Сообщения и сигналы в цифровых системах передачи и приёма информации.	лк 2 ч.	Знает основные понятия электросвязи. Умеет находить основные характеристики СППИ. Владеет методами анализа сигналов в СППИ.	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.) Домашнее задание.
	см 2 ч.		
	ср 28 ч.		
Тема 3. Цифровые каналы передачи и их характеристики.	лк 2 ч.	Знает основные характеристики цифровых каналов СППИ. Умеет рассчитывать параметры подсистем СППИ. Владеет методиками расчёта.	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.) Домашнее задание.
	см 2 ч.		
	ср 28 ч.		
Тема 4. Многоканальная передача сообщений.	лк 2 ч.	Знает принципы многоканальной связи. Умеет проводить оценку работы цифровых систем. Владеет навыками составления структурных схем СППИ.	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.) Домашнее задание.
	см 2 ч.		
	ср 32 ч.		
Тема 5. Цифровые системы передачи данных.	лк 2 ч.	Понимает, что такое дискретизация, квантование, кодирование и умеет оценивать ошибки дискретизации и квантования. Ориентируется в схемах кодирования сигналов.	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.) Домашнее задание.
	см 2 ч.		
	ср 28 ч.		
Тема 6. Радиорелейные цифровые системы связи.	лк 2 ч.	Знает структуру радиорелейных систем связи с временным разделением каналов и цифровыми методами передачи. Ориентируется в особенностях применения цифровых методов передачи в радиорелейных системах.	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.) Домашнее задание.
	см 2 ч.		
	ср 28 ч.		
Тема 7. Цифровые системы связи 5 и 6 поколения.	лк 2 ч.	Знает отличия в теории и технике 1-6 поколений СППИ. Умеет определять ограничения в структуре и	Тестовый опрос на лекции (5 мин.) Самостоятельная работа на семинаре (10 мин.)
	см 2 ч.		
	ср 28 ч.		

Тема (раздел дисциплины)	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю в СППИ	Формы контроля
Часов по видам учебных занятий:	лк 14 ч.		
	см 14 ч.		
	ср 200 ч.		
<b>Итого часов:</b>	<b>228</b>		

Формы учебных занятий:

лк – лекции в аудитории;

см- семинары;

ср – самостоятельная работа студента.

### *Содержание разделов дисциплины:*

Тема 1. Основные тенденции развития телекоммуникационных систем. Принципы построения и структура взаимоувязанной сети связи. Основные тенденции развития телекоммуникационных систем.

Тема 2. Сообщения и сигналы в цифровых системах передачи и приёма информации. Информация, сообщения, сигналы. Сигналы электросвязи. Ширина полосы частот сигнала.

Тема 3. Цифровые каналы передачи и их характеристики. Типовые каналы передачи и их характеристики. Основные параметры и характеристики каналов. Организация двусторонних каналов. Коммутация каналов, сообщений и пакетов. Принципы построения систем коммутации.

Тема 4. Многоканальная передача сообщений. Принципы многоканальной передачи. Основы теории многоканальной передачи сообщений. Временное разделение каналов (ВРК), методы передачи. Принципы построения аппаратуры с ВРК.

Тема 5. Цифровые системы передачи данных. Цифровые сигналы: дискретизация, квантование, кодирование. Цифровые иерархии.

Тема 6. Радиорелейные цифровые системы связи. Радиорелейные системы связи с ВРК и цифровыми методами передачи. Особенности применения цифровых методов передачи на РРЛ. Основные виды манипуляции, применяемые в ЦРРЛ. Радиорелейные линии синхронной цифровой иерархии.

Тема 7. Цифровые системы связи 5 и 6 поколения. Классификация систем. Интернет вещей и цифровые СППИ, их взаимодействие.

### **3. Оценивание**

Блокирующие элементы не предусмотрены.

Преподаватель оценивает работу студентов на лекциях и практических занятиях. Итоговая оценка формируется как взвешенная сумма оценки, накопленной в течение курса, и оценки за экзамен.

*Накопленная оценка* ( $O_{\text{нак}}$ ) (максимум 10 баллов) включает оценку за выполнение заданий на семинарах занятиях. Значения накопленных оценок доводятся до студентов.

*Итоговый экзамен* ( $O_{\text{экз}}$ ) (максимум 10 баллов): письменный экзамен

Результирующая оценка ( $O_{рез}$ ) (максимум 10 баллов) по курсу определяется с учетом накопленной оценки  $O_{нак}$  (с весом 0,5) и оценки за экзамен в конце курса  $O_{экс}$  (с весом 0,5 по следующей формуле:

$$O_{рез} = 0,5 O_{нак} + 0,5 \cdot O_{экс}$$

В диплом выставляется результирующая оценка.

Все округления производятся в соответствии с арифметическим способом округления:

$\geq x,5$  – оценка округляется в большую сторону ( $x+1$ );

$< x,5$  – оценка округляется в меньшую сторону ( $x$ ).

Все оценки выставляются по десятибалльной шкале. Накопленная оценка определяется перед началом зачётно-экзаменационной сессии.

Максимальная оценка в 10 баллов выставляется по каждой отчётной единице при условии её сдачи в установленные сроки без ошибок и хорошем оформлении.

Штрафные баллы вычитаются из максимальной оценки: 1–2 балла за небрежное оформление, 1 балл за каждую повторную сдачу на проверку после исправления (на исправление предоставляется одна неделя), 1 балл за каждую просроченную неделю.

Экзамен проводится в письменной форме. На экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу), ответ на который оценивается в 1 балл.

Итоговая экзаменационная оценка по итогам изучения дисциплины автоматически (без сдачи экзамена) может быть проставлена студенту по итоговой накопленной оценке, если её значение равно или превышает 8 баллов. Если накопленная оценка меньше 8 баллов, студент обязан сдавать экзамен. Студент, которого не удовлетворяет автоматическая оценка за экзамен, имеет право сдавать экзамен.

Оценки за курс определяются по количественной десятибалльной и качественной шкалам.

Количество набранных баллов	Оценка по десятибалльной шкале	Оценка по пятибалльной шкале
9,5-10	10	Отлично
8,5-9,4	9	Отлично
7,5-8,4	8	Отлично
6,5-7,4	7	Хорошо
5,5-6,4	6	Хорошо
4,5-5,4	5	Удовлетворительно
3,5-4,4	4	Удовлетворительно
2,5-3,4	3	Неудовлетворительно
1,5-2,4	2	Неудовлетворительно
0–1,4	1	Неудовлетворительно

#### 4. Примеры оценочных средств

##### *Задачи семинарских занятий*

Объяснить, структура какой системы связи изображена на рисунке. Указать длительность цикла в типовой системе и содержание нулевого и 16 интервалов.

Объяснить, какой процесс происходит на рисунке, его назначение, преимущества и недостатки при использовании в цифровой системе связи.

Пояснить, для чего предназначена схема и чему должно быть равно сопротивление  $Z$  при работе в типовом тракте.

#### *Вопросы к экзамену*

Билеты содержат четыре задачи, составленные по вопросам (см. ниже) – две простые и две более сложные. Простые задачи (время на решение 2–3 минуты) требуют знания теории цифровых систем передачи и приёма информации, сложные – оценки процессов в цифровых системах. Без решения простых задач задание считается невыполненным.

#### Вопросы

Телекоммуникационные системы, определения и стандарты.

Принципы построения и структура взаимосвязанной сети связи РФ.

Основные принципы построения телекоммуникационных сетей.

Классификация инфокоммуникационных систем.

Первичная сеть.

Место первичных сетей в общесетевой иерархии.

Типовая структура инфокоммуникационных систем.

Основы построения и перспективы развития телекоммуникационных сетей.

Основные тенденции развития инфокоммуникационных систем.

Главные элементы сети сотовой связи GSM.

Архитектура сетей различных поколений.

Парадигма сетей P2P.

Тренды мобильных систем 5G и 6G.

Каналы, тракты, системы и сети передачи информации.

Иерархические признаки (территориальные).

Энергетические характеристики сигналов.

Временные и спектральные характеристики первичных сигналов электросвязи.

Параметры сигнала с точки зрения его передачи по каналу связи.

Сравнительная характеристика сигналов электросвязи.

Двусторонняя передача.

Двусторонняя передача с четырёхпроводным окончанием.

Каналы связи.

Типовые каналы.

Достоинства и недостатки цифровых методов передачи.

Системы связи с временным разделением каналов.

Формирование канальных и групповых сигналов.

Шумы и помехи в системах передачи.

Классификация помех.

Оценка действия помех.

Накопление собственных помех в линейном тракте.

Шумы дискретизации.

Шумы квантования.

Шумы незагруженного канала.

Шумы ограничения.

Разделение спектров направлений передачи в двухполосных системах.

Принципы многоканальной цифровой передачи информации.  
 Структурная схема цифровой передачи информации.  
 Мультиплексирование цифровых потоков.  
 Группообразование.  
 Линейное кодирование.  
 Модуляция.  
 Компандирование в ЦСП.  
 Синхронизация в ЦСП.  
 Тактовая синхронизация.  
 Цикловая синхронизация.  
 Формирование группового сигнала.  
 Межсимвольные искажения.  
 Первичный цифровой сигнал (ИКМ-30).  
 Объединение цифровых потоков.  
 Плезиохронная цифровая иерархия.  
 Синхронная цифровая иерархия.  
 Ввод плезиохронных цифровых потоков в синхронный транспортный модуль.  
 Распределение информации в цифровых системах передачи.  
 Коммутация каналов и коммутация пакетов.  
 Принципы построения систем коммутации.  
 Временная и пространственная коммутации.  
 Принципы построения радиорелейных линий прямой видимости.  
 Структура радиосистем передачи.  
 Многоствольные РРЛ. Планы распределения частот.  
 Аппаратура радиорелейных линий прямой видимости с частотным разделением каналов и частотной модуляцией.  
 Нормирование качества связи на РРЛ.  
 Принципы построения аппаратуры с ВРК.  
 Методы оценки помех в каналах РРЛ.

## 5. Ресурсы

### 5.1. Рекомендуемая основная литература

№п/п	Наименование
1.	Берлин А. Н. Телекоммуникационные сети и устройства : учеб. пособие. Горячая линия – Телеком. 2013. ISBN 978-5-947748-96-3. ID 19497.
2.	Величко В. В. Основы инфокоммуникационных технологий : учеб. пособие для вузов. Горячая линия-Телеком. ISBN 978-5-9912005-5-4. ID 20776.
3.	Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие. / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под ред. проф. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005 – 592 с. ID 119243.
4.	Гагарина Л. Г. Введение в инфокоммуникационные технологии : учеб. пособие для вузов. М.: ФОРУМ, ISBN 978-5-8199-0551-7, ID 57433.
5.	Шувалова В.П. Телекоммуникационные системы и сети : учеб. пособие

для вузов и колледжей: в 3 т. М.: Горячая линия-Телеком. ID 126105.
---

## 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№п/п	Наименование
1.	Битнер В.И. Принципы и протоколы взаимодействия телекоммуникационных сетей: учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком. 2008. ISBN 978-5-9912004-5-5. ID 14701.
2.	Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учеб. пособие для вузов, Питер, 2008. ISBN 978-5-911807-54-2. ID 191449.
3.	Галкин В.А. Телекоммуникации и сети : учеб. пособие для вузов. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. ISBN 5-7038-1961-Х. ID 89943.
4.	Гусева А.И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для вузов. Академия, 2014. ISBN 978-5-7695-5813-9. ID 40924.
5.	Зиатдинов С.И. Схемотехника телекоммуникационных устройств. Академия, 2013. ISBN 978-5-7695-9359-8, ID 33780.
6.	Казанский И.Н. Информационные сети и телекоммуникации : учебно - методическое пособие для самостоятельной работы студентов МИЭМ.2013. ISBN 978-5-945063-11-2. ID 36001.
7.	Казанский И.Н. Информационные сети и телекоммуникации. Ч.1: учеб. Пособие. МИЭМ, 2005. ISBN 5-945061-15-8. ID 29645.
8.	Казанский И.Н. Информационные сети и телекоммуникации. Ч.2: учеб. Пособие. МИЭМ, 2005. ISBN 5-945061-27-1. ID 29646.
9.	Крухмалев В.В. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учебник для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2008. ISBN 978-5-9912004-2-4. ID 13954.
10.	Пескова С.А. Сети и телекоммуникации: учеб. пособие для вузов.Академия 2008. ISBN 5-7695-1695-Х. ID 127441.
11.	Пятибратов А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учеб. пособие для вузов. М.: КноРус, 2013. ISBN 978-5-406-01118-8. ID 13070.
12.	Строганов М.П. Информационные сети и телекоммуникации : учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк. 2008. ISBN 978-5-06-005744-7. ID 16895.

## 5.3. Программное обеспечение

п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
	Microsoft Office Professional Plus	<i>Из внутренней сети университета</i>

2010	(договор)
------	-----------

5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
	БД «Лань»	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
	Библиотека НИУ ВШЭ	URL: <a href="https://library.hse.ru/">https://library.hse.ru/</a>

5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции и семинары проводятся в общеинститутских аудиториях, оснащённых проекционным оборудованием.

## **6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.