

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «*Электрическая связь*»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Дисциплины

**Б1.В.04 ТЕОРИЯ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ**

для специальности

**23.05.05 Системы обеспечения движения поездов**

по специализациям

«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта»

«Радиотехнические системы на железнодорожном транспорте»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург  
2025

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Электрическая связь»

Протокол № 5 от 24 декабря 2024 г.

Заведующий кафедрой  
«Электрическая связь»  
24 декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_

*Е.В. Казакевич*

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
«Телекоммуникационные системы и сети  
железнодорожного транспорта»,  
24 декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_

*Е.В. Казакевич*

Руководитель ОПОП ВО  
«Радиотехнические системы на  
железнодорожном транспорте»  
24 декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_

*Д.Н. Роенков*

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Теория передачи сигналов» (Б1.В.04) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов» (далее – ФГОС ВО), утвержденного 27 марта 2018 г., приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 217, с учетом профессионального стандарта 17.018 «Работник по техническому обслуживанию и ремонту объектов железнодорожной электросвязи» (утвержден 1 апреля 2024 г., приказ Минтруда России № 162н).

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний об основных математических моделях сигналов и помех, методах кодирования, модуляции, оптимального приема сигналов, умения чтения схем аналогового и цифрового оборудования устройств железнодорожной электросвязи, и навыков их применения при ремонте и эксплуатации телекоммуникационных и радиотехнических систем на железнодорожном транспорте.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение основных понятий и моделей теории сигналов, используемых при ремонте и эксплуатации аналогового и цифрового оборудования устройств железнодорожной электросвязи,
- знание методов временного и частотного представлений детерминированных и случайных непрерывных, импульсных и цифровых сигналов; помехоустойчивого кодирования и модуляции; задачи помехоустойчивого приема при обнаружении, различении, оценки параметров сигналов, фильтрации сигналов;
- знание потенциальных возможностей способов корректирующего кодирования, модуляции и оптимального приема сигналов; примеров реализации в телекоммуникационных и радиотехнических системах железнодорожного транспорта;
- умение использовать данные о сигналах и помехах, методы оценки помехоустойчивости при анализе работы аналогового и цифрового оборудования устройств железнодорожной электросвязи;
- умение пользоваться современной научно-технической информацией по методам обработки и преобразования сигналов, оценки помехоустойчивости телекоммуникационных и радиотехнических систем на железнодорожном транспорте.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

В рамках изучения дисциплины осуществляется практическая подготовка обучающихся к будущей профессиональной деятельности. Результатом обучения по дисциплине является формирования у обучающихся практических навыков:

- применение основных положений теории передачи сигналов для анализа работы телекоммуникационных и радиотехнических систем железнодорожного транспорта;
- инженерных расчётов и анализа характеристик аналогового и цифрового

оборудования устройств железнодорожной электросвязи.

Индикатор достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> Техническое обслуживание объектов железнодорожной электросвязи	
<b>ПК-1.1.2.</b> Знает устройство, правила эксплуатации, технические характеристики, конструктивные особенности объектов железнодорожной электросвязи	Обучающийся знает: – методы анализа детерминированных и случайных сигналов; помехоустойчивого кодирования/декодирования сообщений; модуляции, оптимального приема когерентных и некогерентных сигналов, условий неискаженной передачи сигналов через линейные элементы системы передачи, основные характеристики источников и каналов передачи информации.
<b>ПК-2</b> Ремонт объектов железнодорожной электросвязи	
<b>ПК-2.2.2.</b> Умеет читать схемы, соответствующие обслуживаемым объектам железнодорожной электросвязи	Обучающийся умеет: – оценить качество работы приемника при обнаружении и различении сигналов; – оценить пропускную способность дискретных и непрерывных каналов передачи данных; – анализировать работу передатчика и приемника, согласованных с передаваемыми и принимаемыми сигналами известной формы.
<b>ПК-2.3.2.</b> Имеет навыки устранения выявленных неисправностей объектов железнодорожной электросвязи методом замены (регулировки)	Обучающийся владеет навыками: – применения основных положений теории передачи сигналов для анализа, синтеза, разработки и проектирования систем и устройств телекоммуникаций железнодорожного транспорта; – инженерных расчётов, проектирования и анализа характеристик элементов и устройств железнодорожной электросвязи.

### 3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Модули	
		1	2
Контактная работа (по видам учебных занятий)	134	64	70
В том числе:			
– лекции (Л)	60	32	28
– практические занятия (ПЗ)	14	-	14

Вид учебной работы	Всего часов	Модули	
		1	2
– лабораторные работы (ЛР)	60	32	28
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	114	44	70
Контроль	40	36	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)		Э	3, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	288/8	144/4	144/4

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Модули	
		1	2
Контактная работа (по видам учебных занятий)	36	16	20
В том числе:			
– лекции (Л)	16	8	8
– практические занятия (ПЗ)	4		4
– лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	239	119	120
Контроль	13	9	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)		Э	3, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	288/8	144/4	144/4

Примечание: «Форма контроля» – экзамен (Э), курсовая работа (КР).

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
Модуль 1			

1	Общая характеристика сигналов	<p><b>Лекция 1.</b> Цель и задачи учебной дисциплины в формировании инженерных знаний, связь с другими учебными дисциплинами. Содержание теории передачи сигналов. Рекомендации по самостоятельной работе. Литература. Основные понятия и определения: информация, сообщение, первичные сигналы, видеосигналы, радиосигналы, помехи и искажения. Математические модели и классификация сигналов. Основные параметры сигналов. Структурная схема цифровой системы передачи информации.</p> <p><b>Лекция 2.</b> Методы представления сигналов: временное, частотное и векторное представления сигналов. Энергетические характеристики сигналов, примеры.</p> <p><b>СРС.</b> Энергия и мощность сигналов, когерентные и некогерентные сигналы, примеры.</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p>
---	-------------------------------	--	--

2	Спектральный анализ сигналов	<p><b>Лекция 3.</b> Гармонический анализ периодических и непериодических сигналов: ряд Фурье, основные свойства, примеры. Преобразование Фурье основные свойства, примеры. Равенство Парсеваля, теорема Рэлея.</p>	ПК-1.1.2
		<p><b>Лекция 4.</b> Сигналы с ограниченным спектром, теорема Котельникова, практическое значение. Параметры узкополосного сигнала.</p>	ПК-1.1.2
		<p><b>Лабораторная работа 1.</b> Исследование временных характеристик детерминированных сигналов</p>	ПК-2.2.2
		<p><b>Лабораторная работа 2.</b> Исследование частотных характеристик детерминированных сигналов</p>	ПК-2.3.2
		<p><b>Лекция 5.</b> Методы оценивания спектральной плотности мощности сигнала. Дискретное преобразование Фурье, алгоритмы быстрого преобразования Фурье. Дискретное преобразование Лапласа, z-преобразование. Примеры применения.</p> <p><b>СРС.</b> Преобразования Фурье в классических базисах.</p>	ПК-1.1.2

3	Преобразование сигналов в каналах систем передачи.	<p><b>Лекция 6.</b> Импульсная и переходная характеристики системы, интеграл Дюамеля (интеграл свертки). Комплексная передаточная функция системы. Примеры</p> <p><b>Лекция 7.</b> Условие неискаженной передачи сигналов через линейный четырехполюсник системы передачи. Прохождение сигналов через каналы систем передачи: преобразование детерминированных сигналов через линейные и нелинейные элементы системы передачи. Примеры.</p> <p><b>Лабораторная работа 3.</b> Исследование характеристик амплитудного детектора.</p> <p><b>Лабораторная работа 4.</b> Исследование аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования сигналов.</p> <p><b>Лабораторная работа 5.</b> Нелинейное преобразование частоты.</p> <p><b>Лабораторная работа 6.</b> Усиление сигналов.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.1</p> <p>ПК-2.3.2</p>
4	Основные характеристики случайных сигналов	<p><b>Лекция 8.</b> Стационарные и эргодические случайные процессы. Вероятностные характеристики. Гармонические колебания со случайной амплитудой, фазой и частотой. Гауссовский случайный процесс.</p> <p><b>Лекция 9.</b> Спектральная плотность мощности и функция автокорреляции случайного процесса, теорема Хинчина-Винера. Узкополосный шум. Хаотические импульсные последовательности.</p> <p><b>Лабораторная работа 7.</b> Исследование числовых характеристик случайных величин и случайных процессов.</p> <p><b>СРС.</b> Основные классы случайных процессов. Процессы с независимыми приращениями: винеровский, пуассоновский случайные процессы. Марковский случайный процесс.</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2</p>

5	<p>Дискретные источники информации. Энтропия. Избыточность.</p>	<p><b>Лекция 10.</b> Понятие информации. Типы дискретных источников информации, их характеристики. Мера количества информации, энтропия. Избыточность сообщений, способы уменьшения. <b>СРС.</b> Систематизация методов сжатия данных. Алгоритмы сжатия без потерь и с потерями: алгоритм Лемпеля-Зива, арифметическое кодирование, алгоритм Барроуза-Вилера, алгоритм JPEG, форматы сжатия видеоизображений MPEG.</p>	<p>ПК-1.1.2  ПК-2.2.2  ПК-2.3.2</p>
6	<p>Дискретные каналы передачи информации. Теоремы Шеннона.</p>	<p><b>Лекция 11.</b> Дискретные каналы передачи информации: характеристики. Пропускная способность. Пропускная способность двоичного, многоуровневого симметричных каналов. Примеры. Теоремы Шеннона. <b>СРС.</b> Модель потока ошибок в дискретном канале. Независимые ошибки и пакеты ошибок.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2  ПК-1.1.2 ПК-2.2.2  ПК-2.3.2</p>
7	<p>Непрерывные источники и каналы передачи сигналов.</p>	<p><b>Лекция 12.</b> Непрерывный источник информации и его энтропия. Гауссовский канал и его пропускная способность. Объем сигнала и объем канала, способы его деления: системы передачи с частотным, временным, кодовым разделением каналов. <b>СРС.</b> Дифференциальная энтропия случайных процессов, обладающих конечной мощностью и различным распределением</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2  ПК-1.1.2</p>

8	Помехоустойчивое (корректирующее) кодирование	<p><b>Лекция 13.</b> Основные характеристики помехоустойчивых <math>(n, k)</math> кодов. Представление <math>(n, k)</math> кодов с помощью матриц, совершенные коды Хэмминга, Голея. Циклические <math>(n, k)</math> коды. Алгоритмы кодирования, структурные схемы кодеров.</p> <p><b>Лекция 14.</b> Декодирование помехоустойчивых <math>(n, k)</math> кодов. Генератор синдромов циклического <math>(n, k)</math> кода. Структурная схема декодера циклического <math>(n, k)</math> кода, принцип работы. CRC-коды, коды Файра, коды БЧХ. Сверточные коды. Способы задания, алгоритмы декодирования. Алгоритм Витерби. Примеры применения.</p> <p><b>ПЗ 1.</b> Изучение алгоритма декодирования Витерби сверточных кодов (2 часа).</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
9	Узкополосные модулированные сигналы	<p><b>Лекция 15.</b> Общие сведения о модулированных сигналах. Амплитудная, балансная, однополосная модуляция. Радиосигналы с угловой модуляцией. Форма и спектр сигнала при сложных видах частотной и амплитудно-фазовой модуляции.</p> <p><b>Лекция 16.</b> Детектирование амплитудно-модулированных сигналов, сигналов с балансной и однополосной модуляцией. Детектирование сигналов с угловой модуляцией.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
Модуль 2			

10	Дискретная модуляция	<p><b>Лекция 17.</b> Основные виды дискретной модуляции. Дискретная амплитудная, частотная, фазовая, квадратурная амплитудная модуляции.</p> <p><b>Лекция 18.</b> Дискретная частотная модуляция с непрерывной фазой, минимальным сдвигом. Обработка ММС-сигналов. Широотно-импульсная, временная (фазовая) импульсная модуляции. Импульсно-кодовая, дифференциальная импульсно-кодовая, дельта модуляции.</p> <p><b>Лабораторная работа 9.</b> Исследование спектров амплитудно и частотно модулированных колебаний.</p> <p><b>Лабораторная работа 10.</b> Исследование оптимальных когерентных демодуляторов АМ и ЧМ сигналов</p> <p><b>Лабораторная работа 11.</b> Исследование оптимальных когерентных демодуляторов ФМ и ОФМ сигналов</p> <p><b>Лекция 19.</b> Модулированные сигналы с расширенным спектром Широкополосные сигналы с непосредственным расширением спектра, со скачками частоты, с линейным изменением частоты. Многомерные сигналы. Сложные сигналы. Разновидности сигналов сложной формы. Сигнально-кодовые конструкции.</p> <p><b>ПЗ 2.</b> Определение спектра частотно-модулированного сигнала при индексе модуляции больше единицы. Изучение принципа квадратурно - амплитудной модуляции при <math>m=6</math> (4 часа).</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
----	----------------------	---	---

11	Прием цифровых, непрерывных сигналов.	<p><b>Лекция 20.</b> Оптимальный прием сигналов. Критерии минимума среднего риска. Критерии и правила принятия решения. Синтез оптимального приемника двоичных сообщений. Когерентный прием полностью известных сигналов (алгоритмы приема сигналов на фоне белого шума, корреляционный приемник, согласованный фильтр, влияние систем синхронизации). Некогерентный прием сигналов (алгоритмы приема сигналов с неопределенной фазой, прием в условиях флуктуации фаз и амплитуд сигналов).</p> <p><b>Лекция 21.</b> Оптимальная линейная фильтрация случайных сигналов: фильтр Колмогорова-Винера. Фильтр Калмана, оценка погрешности линейной фильтрации.</p> <p><b>Лабораторная работа 10.</b> Моделирование и исследование работы согласованного фильтра (4 часа).</p> <p><b>Лабораторная работа 8.</b> Расчет аналоговых фильтров Баттерворта, фильтров Чебышева первого и второго рода.</p> <p><b>ПЗ 3.</b> Синтез оптимального демодулятора: разработка алгоритма оптимальной обработки входного сигнала и принятия решения. Оценка помехоустойчивости приема (4 часа).</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p>
12	Помехоустойчивость систем передачи дискретных сообщений	<p><b>Лекция 22.</b> Помехоустойчивость оптимального когерентного приема: вероятность ошибки при приеме полностью известных цифровых сигналов с амплитудной, фазовой, относительной фазовой и частотной манипуляцией, оценка энергетического проигрыша при неточной синхронизации.</p> <p><b>Лекция 23.</b> Помехоустойчивость оптимального некогерентного приема: вероятность ошибки при приеме ортогональных сигналов с неизвестной случайной фазой, цифровых сигналов с амплитудной, фазовой, относительной фазовой и частотной манипуляцией.</p> <p><b>СРС.</b> Применение пакета прикладных программ MATLAB для оценки помехоустойчивости систем передачи с различными видами модуляции при воздействии гауссовской аддитивной и мультипликативной помехи.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>

13	Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений	<p><b>Лекция 24.</b> Помехоустойчивость оптимального приема амплитудно -, частотно -, фазо - модулированных сигналов. Эффективность различных видов модуляции.</p> <p><b>Лекция 25.</b> Помехоустойчивость оптимального приема аналоговых импульсных радиосигналов: оценка вероятности появления аномальной погрешности и дисперсии нормальной погрешности при оптимальном приеме сигналов АИМ-ЧМ и ФИМ-АМ, оптимизация их параметров.</p> <p><b>СРС.</b> Синхронизация модулированных сигналов: тактовая, частотная, фазовая синхронизация. Прием модулированных сигналов в условиях фединга: оптимальный прием в широкополосных и узкополосных многолучевых каналах.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.1 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
14	Адаптивное подавление помех	<p><b>Лекция 26.</b> Основы адаптивного подавления помех. Подавление периодической помехи, подавление стационарных помех.</p> <p><b>Лекция 27.</b> Адаптивные алгоритмы и структуры: адаптивный следающий фильтр, следающий накопитель, режекторный фильтр.</p> <p><b>СРС.</b> Применение z-преобразования в адаптивной обработке сигналов. Примеры реализации фильтров.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>

15	<p>Многоканальные системы передачи, оценка эффективности систем передачи информации</p>	<p><b>Лекция 28.</b> Принципы построения многоканальных систем передачи: с частотным разделением каналов, с временным разделением каналов, с кодовым разделением каналов. Показатели эффективности систем передачи. Предел Шеннона.</p> <p><b>Лекция 29.</b> Эффективность аналоговых и цифровых систем передачи. Оценка эффективности радиотехнических систем передачи.</p> <p><b>Лекция 30.</b> Повышение эффективности систем передачи: выбор сигналов, методов модуляции и корректирующего кодирования.</p> <p><b>ПЗ 4.</b> Оценка эффективности телекоммуникационных и радиотехнических систем передачи, применяемых на железнодорожном транспорте.</p> <p>Методика оценки эффективности систем передачи, использующих различные методы кодирования и модуляции. Примеры (4 часа).</p>	<p>ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
----	---	---	---

Для заочной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
Модуль 1			
1	Общая характеристика сигналов	<p><b>Лекция 1.</b> Цель и задачи учебной дисциплины в формировании инженерных знаний, связь с другими учебными дисциплинами. Содержание теории передачи сигналов. Рекомендации по самостоятельной работе. Литература. Основные понятия и определения: информация, сообщение, первичные сигналы, видеосигналы, радиосигналы, помехи и искажения. Математические модели и классификация сигналов. Структурная схема цифровой системы передачи информации.</p> <p><b>СРС.</b> Методы представления сигналов: временное, частотное и векторное представления сигналов. Динамическое представление сигналов. Нормированное, метрическое пространство сигналов, понятие нормы, физический смысл нормы, квадрата нормы: энергетические характеристики сигналов, примеры. Базисные системы сигналов, примеры. Обобщенный ряд Фурье.</p> <p><b>СРС.</b> Нормированные, метрические, линейные пространства непрерывных, дискретных сигналов. Физический смысл нормы, квадрата нормы. Взаимная энергия и мощность двух сигналов, когерентные и некогерентные сигналы, примеры.</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p>

2	Спектральный анализ сигналов	<p><b>Лекция 2.</b> Гармонический анализ периодических и непериодических сигналов: ряд Фурье, преобразование Фурье. Примеры. Свойства преобразования Фурье. Равенство Парсеваля, теорема Рэлея.</p> <p><b>СРС.</b> Понятие взаимной и автокорреляционной функций. Автокорреляционные функции периодического и непериодического сигналов, их взаимосвязь с энергетическими спектрами. Интервал корреляции и эффективная ширина спектра сигнала. Примеры.</p> <p><b>Лабораторная работа 1.</b> Исследование временных характеристик детерминированных сигналов.</p> <p><b>Лабораторная работа 2.</b> Исследование частотных характеристик детерминированных сигналов.</p> <p><b>СРС.</b> Методы оценивания спектральной плотности мощности сигнала. Дискретное преобразование Фурье, алгоритмы быстрого преобразования Фурье. Дискретное преобразование Лапласа, z-преобразование. Примеры применения.</p> <p><b>СРС.</b> Преобразования Фурье в классических и обобщенных базисах, быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов на статических и скользящих интервалах времени. Корреляция и свертка (линейная, циклическая).</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.2.2 ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2</p>
3	Преобразование сигналов в каналах систем передачи.	<p><b>СРС.</b> Условие неискаженной передачи сигналов через линейный четырехполюсник системы передачи. Прохождение сигналов через каналы систем передачи: преобразование детерминированных сигналов через линейные и нелинейные элементы системы передачи. Примеры. Импульсная характеристика, интеграл свертки.</p> <p><b>Лекция 3.</b> Сигналы с ограниченным спектром, теорема Котельникова, практическое значение. Аналитический сигнал. Преобразование Гильберта. Параметры узкополосного сигнала.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.3.2</p>

4	Основные характеристики случайных сигналов	<p><b>Лекция 4.</b> Стационарные и эргодические случайные процессы. Вероятностные характеристики. Гармонические колебания со случайной амплитудой, фазой и частотой. Гауссовский случайный процесс.</p> <p><b>СРС.</b> Спектральная плотность мощности и функция автокорреляции случайного процесса, теорема Хинчина-Винера. Узкополосный шум. Хаотические импульсные последовательности.</p> <p><b>СРС.</b> Основные классы случайных процессов. Процессы с независимыми приращениями: винеровский, пуассоновский случайные процессы. Марковский случайный процесс.</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2</p>
5	Дискретные источники информации. Энтропия. Избыточность.	<p><b>СРС.</b> Понятие информации. Типы дискретных источников информации, их характеристики. Мера количества информации, энтропия. Избыточность сообщений, способы уменьшения.</p> <p><b>СРС.</b> Систематизация методов сжатия данных. Алгоритмы сжатия без потерь и с потерями: алгоритм Лемпеля-Зива, арифметическое кодирование, алгоритм Барроуза-Вилера, алгоритм JPEG, форматы сжатия видеоизображений MPEG.</p>	<p>ПК-1.1.1</p> <p>ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p>
6	Дискретные каналы передачи информации. Теоремы Шеннона.	<p><b>СРС.</b> Дискретные каналы передачи информации: характеристики. Пропускная способность. Пропускная способность двоичного, многоуровневого симметричных каналов. Примеры. Теоремы Шеннона.</p> <p><b>СРС.</b> Модель потока ошибок в дискретном канале. Независимые ошибки и пакеты ошибок. Канал Гильберта-Эллиотта.</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p>
7	Непрерывные источники и каналы передачи сигналов.	<p><b>СРС.</b> Непрерывный источник информации и его энтропия. Гауссовский канал и его пропускная способность. Объем сигнала и объем канала, способы его деления: системы передачи с частотным, временным, кодовым разделением каналов.</p> <p><b>СРС.</b> Дифференциальная энтропия случайных процессов, обладающих конечной мощностью и различным распределением</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2</p>

Модуль 2			
8	Помехоустойчивое (корректирующее) кодирование	<p><b>Лекция 5.</b> Основные характеристики помехоустойчивых <math>(n, k)</math> кодов. Представление <math>(n, k)</math> кодов с помощью матриц, совершенные коды Хэмминга, Голея. Циклические <math>(n, k)</math> коды. Алгоритмы кодирования, структурные схемы кодеров.</p> <p><b>СРС.</b> Декодирование помехоустойчивых <math>(n, k)</math> кодов. Генератор синдромов циклического <math>(n, k)</math> кода. Структурная схема декодера циклического <math>(n, k)</math> кода, принцип работы. CRC-коды, коды Файра, коды БЧХ. Сверточные коды. Способы задания, алгоритмы декодирования. Алгоритм Витерби. Примеры применения.</p> <p><b>СРС.</b> Изучение алгоритма декодирования Витерби сверточных кодов.</p>	<p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
9	Узкополосные модулированные сигналы	<p><b>Лекция 6.</b> Общие сведения о модулированных сигналах. Амплитудная, балансная, однополосная модуляция. Радиосигналы с угловой модуляцией. Форма и спектр сигнала при сложных видах частотной и амплитудно-фазовой модуляции.</p> <p><b>СРС.</b> Детектирование амплитудно-модулированных сигналов, сигналов с балансной и однополосной модуляцией. Детектирование сигналов с угловой модуляцией.</p> <p><b>Лабораторная работа 9.</b> Исследование спектров амплитудно и частотно модулированных колебаний.</p> <p><b>Лабораторная работа 10.</b> Исследование оптимальных когерентных демодуляторов АМ и ЧМ сигналов</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>

10	Дискретная модуляция	<p><b>Лекция 7.</b> Основные виды дискретной модуляции. Дискретная амплитудная, частотная, фазовая, квадратурная амплитудная модуляции.</p> <p><b>СРС.</b> Дискретная частотная модуляция с непрерывной фазой, минимальным сдвигом. Обработка ММС-сигналов. Широтно-импульсная, временная (фазовая) импульсная модуляции. Импульсно-кодовая, дифференциальная импульсно-кодовая, дельта модуляции.</p> <p><b>СРС.</b> Моделирование и исследование дискретных видов модуляции.</p> <p><b>СРС.</b> Модулированные сигналы с расширенным спектром Широкополосные сигналы с непосредственным расширением спектра, со скачками частоты, с линейным изменением частоты. Многомерные сигналы. Сложные сигналы. Разновидности сигналов сложной формы. Сигнально-кодовые конструкции.</p> <p><b>ПЗ 1.</b> Определение спектра частотно-модулированного сигнала при индексе модуляции больше единицы. Изучение принципа квадратурно - амплитудной модуляции при <math>m=6</math>.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2 .</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
----	----------------------	--	---

11	Прием цифровых, непрерывных сигналов.	<p><b>Лекция 8.</b> Оптимальный прием сигналов. Критерии минимума среднего риска. Критерии и правила принятия решения. Синтез оптимального приемника двоичных сообщений. Когерентный прием полностью известных сигналов (алгоритмы приема сигналов на фоне белого шума, корреляционный приемник, согласованный фильтр, влияние систем синхронизации). Некогерентный прием сигналов (алгоритмы приема сигналов с неопределенной фазой, прием в условиях флуктуации фаз и амплитуд сигналов).</p> <p><b>СРС.</b> Оптимальная линейная фильтрация случайных сигналов: фильтр Колмогорова-Винера. Фильтр Калмана, оценка погрешности линейной фильтрации, минимизация дисперсии погрешности, квазиоптимальные линейные фильтры.</p> <p><b>СРС.</b> Моделирование и исследование работы согласованного фильтра.</p> <p><b>СРС.</b> Моделирование и исследование работы оптимального линейного фильтра.</p> <p><b>СРС.</b> Синтез оптимального демодулятора: разработка алгоритма оптимальной обработки входного сигнала и принятия решения. Оценка помехоустойчивости приема.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-2.3.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p>
12	Помехоустойчивость систем передачи дискретных сообщений	<p><b>СРС.</b> Помехоустойчивость оптимального когерентного приема: вероятность ошибки при приеме полностью известных цифровых сигналов с амплитудной, фазовой, относительной фазовой и частотной манипуляцией, оценка энергетического проигрыша при неточной синхронизации.</p> <p><b>СРС.</b> Помехоустойчивость оптимального некогерентного приема: вероятность ошибки при приеме ортогональных сигналов с неизвестной случайной фазой, цифровых сигналов с амплитудной, фазовой, относительной фазовой и частотной манипуляцией.</p> <p><b>СРС.</b> Применение пакета прикладных программ MATLAB для оценки помехоустойчивости систем передачи с различными видами модуляции при воздействии гауссовской аддитивной мультипликативной помехи.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>

13	Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений	<p><b>СРС.</b> Помехоустойчивость оптимального приема амплитудно-, частотно-, фазомодулированных сигналов. Эффективность различных видов модуляции.</p> <p><b>СРС.</b> Помехоустойчивость оптимального приема аналоговых импульсных радиосигналов: оценка вероятности появления аномальной погрешности и дисперсии нормальной погрешности при оптимальном приеме сигналов АИМ-ЧМ и ФИМ-АМ, оптимизация их параметров.</p> <p><b>СРС.</b> Синхронизация модулированных сигналов: тактовая, частотная, фазовая синхронизация. Прием модулированных сигналов в условиях фединга: оптимальный прием в широкополосных и узкополосных многолучевых каналах.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>
14	Адаптивное подавление помех	<p><b>СРС.</b> Основы адаптивного подавления помех. Подавление периодической помехи, подавление стационарных помех.</p> <p><b>СРС.</b> Адаптивные алгоритмы и структуры: адаптивный следающий фильтр, следающий накопитель, режекторный фильтр.</p> <p><b>СРС.</b> Применение z-преобразования в адаптивной обработке сигналов. Примеры реализации фильтров.</p>	<p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-1.1.2 ПК-2.2.2</p> <p>ПК-2.2.2</p>

15	Многоканальные системы передачи, оценка эффективности систем передачи информации	<p><b>СРС.</b> Принципы построения многоканальных систем передачи: с частотным разделением каналов, с временным разделением каналов, с кодовым разделением каналов. Показатели эффективности систем передачи. Предел Шеннона.</p> <p><b>СРС.</b> Эффективность аналоговых и цифровых систем передачи. Оценка эффективности радиотехнических систем передачи.</p> <p><b>СРС.</b> Повышение эффективности систем передачи: выбор сигналов, методов модуляции и корректирующего кодирования.</p> <p><b>ПЗ 2.</b> Оценка эффективности телекоммуникационных и радиотехнических систем передачи, применяемых на железнодорожном транспорте.</p> <p>Методика оценки эффективности систем передачи, использующих различные методы кодирования и модуляции. Примеры.</p>	ПК-2.2.2
			ПК-1.1.2 ПК-2.2.2
			ПК-1.1.2 ПК-2.2.2
			ПК-2.2.2

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Общая характеристика сигналов	4	-	-	8	12
2	Спектральный анализ сигналов	6	-	10	8	24
3	Преобразование сигналов в каналах систем передачи	4	-	16	8	28
4	Основные характеристики случайных сигналов	4	-	6	8	18
5	Дискретные источники информации. Энтропия. Избыточность.	2	-	-	8	10
6	Дискретные каналы передачи информации. Теоремы Шеннона	2	-	-	8	10
7	Непрерывные источники и каналы передачи сигналов.	2	-	-	8	10
8	Помехоустойчивое (корректирующее) кодирование	4	2	-	8	14
9	Узкополосные модулированные сигналы	4	-	-	6	10
10	Дискретная модуляция	6	4	14	8	32
11	Прием цифровых, непрерывных сигналов	4	4	14	8	30
12	Помехоустойчивость систем передачи дискретных сообщений	4	-	-	6	10

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
13	Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений	4	-	-	8	12
14	Адаптивное подавление помех	4	-	-	6	10
15	Многоканальные системы передачи, оценка эффективности систем передачи информации	6	4	-	8	18
	<b>Итого</b>	60	14	60	114	252
<b>Контроль</b>						40
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						288

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Общая характеристика сигналов	2	-	-	15	17
2	Спектральный анализ сигналов	2	-	4	15	21
3	Преобразование сигналов в каналах систем передачи	2	-	4	15	21
4	Основные характеристики случайных сигналов	2	-	-	15	17
5	Дискретные источники информации. Энтропия. Избыточность.	-	-	-	15	15
6	Дискретные каналы передачи информации. Теоремы Шеннона	-	-	-	15	15
7	Непрерывные источники и каналы передачи сигналов.	-	-	-	15	15
8	Помехоустойчивое (корректирующее) кодирование	2	-	-	15	17
9	Узкополосные модулированные сигналы	2	-	-	15	17
10	Дискретная модуляция	2	2	4	15	23
11	Прием цифровых, непрерывных сигналов	2	-	4	17	23
12	Помехоустойчивость систем передачи дискретных сообщений	-	-	-	17	17
13	Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений	-	-	-	17	17
14	Адаптивное подавление помех	-	-	-	17	17
15	Многоканальные системы передачи, оценка эффективности систем передачи информации	-	2	-	21	23
	<b>Итого</b>	16	4	16	239	275
<b>Контроль</b>						13
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						288

## **6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

## **8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине**

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата/специалитета/магистратуры, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория «Теория линейных электрических цепей», «Теория передачи сигналов» кафедры «Электрическая связь» (ауд. 7-410) оборудованная следующими приборами/специальной техникой/установками используемыми в учебном процессе:

- учебные лабораторные установки по курсам "Теория передачи сигналов" и "Теория линейных электрических цепей – 12 шт;
- осциллографы GDS-71062A – 4 шт;
- генераторы сигналов специальной формы AFG-7212 – 4 шт;
- системный блок Некс Оптима E5400(BOX) + ЖК монитор Philips 223E1SB;
- мультимедийный проектор NEC NP410 (205) – 12 шт;
- Экран Da-Lite Model B 178\*178 , (205) -1 шт.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 7-412) оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский.

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

– Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». Раздел: теория связи – URL: [http://window.edu.ru/app.php/catalog/resources?p\\_rubr=2.2.75.20.15](http://window.edu.ru/app.php/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.20.15)— Режим доступа: свободный.

– Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

– Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- международный союз электросвязи [электронный ресурс]. – URL: <https://www.itu.int/ru> - Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

- Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте [Текст] : Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Г. В. Горелов [и др.]. - М. : Транспорт, 1999. - 416 с.;

- Котов, В. К. Математические методы обработки сигналов в системах железнодорожной автоматики и связи [Текст] : учебное пособие / В. К. Котов, О. Д. Останькович, Д. Ю. Сидорович. - Санкт-Петербург : ПГУПС, 2013. - 53 с.;

- Котов, В. К. Определение параметров сигналов и устройств системы передачи информации [Текст] : учеб. пособие к курс. работе по дисциплине "Теория передачи сигналов" / В. К. Котов ; ФГБОУ ВО ПГУПС. - Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. - 61 с.;

**Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

- Мощерский, Ю.В. Теоретические основы радиотехники. Сигналы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Мощерский, А.С. Нечаев. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 216 с. – URL : <https://e.lanbook.com/reader/book/177838/#32> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. пособие для вузов / И. С. Гоноровский . - 5-е изд., испр. . - М. : Дрофа, 2006. - 719 с.
- Исследование временных и частотных характеристик детерминированных сигналов [Текст] : метод. указания к лаб. работе № 1 по курсу "Теория передачи сигналов" / ПГУПС, каф. "Электр. связь" ; сост.: В. К. Котов, Д. Ю. Сидорович, Е. А. Тулугурова. - СПб. : ПГУПС, 2004. - 12 с.
- Исследование процессов дискретизации и восстановления непрерывных сигналов [Текст] : метод. указания к лаб. работе № 2 по курсу "Теория передачи сигналов" / ПГУПС, каф. "Электр. связь" ; сост.: В. К. Котов, Д. Ю. Сидорович, Е. А. Тулугурова. - СПб. : ПГУПС, 2004. - 8 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

- Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Разработчик рабочей программы,  
доцент кафедры «Электрическая связь»  
24 декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_ Д.Н. Роенков