МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Теория передачи сигналов»

Направление подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)
Сети связи и системы коммутации

Форма обучения
Заочная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теория передачи сигналов» является базовая подготовка в области основных закономерностей обмена информацией на расстоянии, её обработки, эффективной передачи и помехоустойчивого приема в инфокоммуникационных системах различного назначения.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Данная дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Она основывается на знаниях, полученных при изучении дисциплин математического, естественнонаучного цикла и цикла профессиональных дисциплин: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория электрических цепей (части 1 и 2)», «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей», «Теоретические основы радиотехники».

Знания и навыки, полученные при изучении данной дисциплины, будут востребованы при изучении дисциплин «Математические основы телекоммуникаций», «Теория телетрафика», «Цифровые системы передачи», ряда дисциплин по выбору, при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, а также последующей трудовой деятельности обучающихся.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области инфокоммуникаций, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области инфокоммуникаций	**Знать:** – физические свойства сообщений, сигналов, помех и каналов связи; – принципы и основные закономерности передачи информации по каналам связи; – теорию помехоустойчивости дискретных и аналоговых сообщений. **Уметь:** – составлять математические модели сообщений, сигналов, помех и каналов связи и использовать их в расчетах; – применять на практике методы формирования, преобразования и обработки сигналов в электрических цепях и устройствах; – применять на практике основные положения теории помехоустойчивости дискретных и аналоговых сообщений,

		пропускной способности дискретных и аналоговых каналов. **Владеть навыками:** – использования методов помехоустойчивого и статистического кодирования; – практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств связи, а также с современной телекоммуникационной аппаратурой.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

Заочная форма обучения

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Курс	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Теории случайных процессов в системах связи	3	1	1	1			15	Задание для самостоятельной работы
2	Оценка параметров сигналов	3	1		1	1		15	Задание для самостоятельной работы
3	Основы теории принятия решений	3	1			1		15	Задание для самостоятельной работы
4	Прохождение случайных сигналов через электрические цепи	3	1			1		15	Задание для самостоятельной работы
5	Теория помехоустойчивости систем связи	3	1					15	Задание для самостоятельной работы
6	Когерентный прием сигналов	3	1	1		1		15	Задание для самостоятельной работы
7	Некогерентный прием сигналов	3	1			1		15	Задание для самостоятельной работы
8	Оптимальная фильтрация	3	1					16	Задание для самостоятельной

	непрерывных сигналов								работы
9	Основы теории канального кодирования	3	1					16	Задание для самостоятельной работы
10	Эффективность систем связи	3	1					15	
	Всего	**3**	**10**	**2**	**2**	**5**		**152**	
		3				2	0,5	6,5	Экзамен
	Всего с экзаменом	**3**	**10**	**2**	**2**	**7**	**0,5**	**158,5**	

Содержание тем дисциплины

Тема № 1

Теория случайных процессов в системах связи

Случайные процессы и их вероятностные характеристики. Стационарные случайные процессы. Свойство эргодичности. Числовые характеристики случайных процессов. Свойства корреляционной функции случайного процесса. Спектральный анализ случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Примеры энергетических спектров стационарных случайных процессов.

Тема № 2

Оценка параметров сигналов

Оценка параметра. Свойства точечных оценок. Интервальная оценка. Метод максимального правдоподобия. Оценка Байеса. Среднеквадратичная оценка. Линейная среднеквадратичная оценка.

Тема № 3

Основы теории принятия решений

Основные определения теории проверки гипотез. Проверка гипотез и типы ошибок. Основные критерии проверки гипотез.

Тема № 4

Прохождение случайных сигналов через электрические цепи

Прохождение случайных сигналов через безынерционные нелинейные цепи. Прохождение случайных сигналов через линейные цепи. Узкополосные случайные процессы и их свойства.

Тема № 5

Теория помехоустойчивости систем связи

Основные задачи оптимального приема информации. Фильтрация сигналов. Обнаружение сигнала. Различение сигналов. Оценка параметра сигнала. Разрешение сигналов. Постановка задачи при оптимальном приеме дискретных сообщений. Основные критерии качества приема дискретных сообщений. Критерий идеального наблюдателя (критерий Котельникова). Критерий максимального правдоподобия. Критерий минимального среднего риска (критерий Байеса). Критерий Неймана-Пирсона. Сравнение основных критериев.

Тема № 6

Когерентный прием сигналов

Синтез оптимального демодулятора при известном ансамбле сигналов. Корреляционный когерентный прием. Согласованные фильтры и их основные свойства. Примеры согласованных фильтров. Согласованная фильтрация при когерентном приеме. Потенциальная помехоустойчивость когерентного приема. Сравнительный анализ потенциальной помехоустойчивости основных видов цифровой модуляции при когерентном приеме.

Тема № 7

Некогерентный прием сигналов

Синтез оптимального демодулятора в канале с неопределенной фазой. Корреляционный некогерентный прием. Согласованная фильтрация при некогерентном приеме. Потенциальная помехоустойчивость некогерентного приема в двоичной системе связи. Сравнительный анализ потенциальной помехоустойчивости основных видов цифровой модуляции при некогерентном приеме.

Тема № 8

Оптимальная фильтрация непрерывных сигналов

Постановка задачи оптимальной фильтрации. Фильтр Колмогорова-Винера. Понятие о фильтре Калмана.

Тема № 9

Основы теории канального кодирования

Основные понятия и определения. Теорема кодирования Шеннона для канала с шумами. Линейные блочные коды. Способность кода к обнаружению и исправлению ошибок. Циклические коды. Рекуррентные коды. Сверточные коды. Декодирование сообщений. Мягкое и жесткое декодирование.

Тема № 10

Эффективность систем связи

Показатели эффективности систем связи. Эффективность систем передачи дискретных сообщений. Эффективность систем передачи непрерывных сообщений. Способы повышения эффективности систем связи.

Список лабораторных работ

1. Генерация дискретного нормального случайного процесса (ДНСП) с заданными параметрами и исследование его свойств.
2. Исследование прохождения ДСНП через линейные цепи.
3. Исследование прохождения ДНСП через безынерциальные нелинейные цепи.
4. Исследование прохождения узкополосного ДНСП через амплитудный и фазовый детекторы.
5. Исследование прохождения смеси ДНСП и гармонического колебания (ГК) через нелинейные цепи.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения соответствующей дисциплине используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекциях и в результате самостоятельной подготовки знаний.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Консультация – занятие перед проведением экзамена, на котором проводится консультирование по изученному материалу, формам заданий итогового контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Брюханов Ю. А., Приоров А. Л. Общая теория связи: учеб. пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2014.
   http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=1529208&cat_cd=YARSU
   http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20140702.pdf

б) дополнительная литература

1. Акулиничев Ю.П. Теория электрической связи: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2010.
   http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=757080&cat_cd=YARSU
2. Телекоммуникационные системы и сети: Учеб. пособие в 3 томах. Т. 1. – Современные технологии / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов; Под ред. проф. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
   http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=304233&cat_cd=YARSU
3. Прокис Д. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000.
   http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=294100&cat_cd=YARSU

в) ресурсы сети «Интернет»:

Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

– учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
– учебные аудитории для проведения практических занятий;
– учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
– учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
– учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
– помещения для самостоятельной работы;
– помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для занятий лекционного типа больше либо равно списочному составу группы обучающихся.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий больше либо равно списочному составу группы обучающихся.

Автор:
Профессор кафедры инфокоммуникаций
и радиофизики, д.т.н. _____ А.Л. Приоров

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Теория передачи сигналов»

Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1 Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Коллоквиум

Для проведения коллоквиума по темам № 1–5 предлагается воспользоваться приведенным ниже списком вопросов к экзамену (вопросы 1–26).

Задания для самостоятельной работы

1. Дана дискретная случайная величина (ДСВ) *X*. Доказать следующие математические выражения:

а) $P(a < X \le b) = F_X(b) - F_X(a)$;

б) $P(a \le X \le b) = F_X(b) - F_X(a) + P(X = a)$;

в) $P(a < X < b) = F_X(b) - F_X(a) - P(X = b)$;

б) $P(a \le X < b) = P(X = a) + F_X(b) - F_X(a) - P(X = b)$.

2. Дана ДСВ *X*, описываемая следующим законом распределения ДСВ:

$$p_X(1) = 1/2,\ p_X(2) = 1/4,\ p_X(3) = 1/8,\ p_X(4) = 1/8.$$

Найти:

а) интегральную функцию распределения $F_X(x)$;

б) вероятности $P(X < 1)$, $P(1 < X \le 3)$, $P(1 \le X \le 3)$.

3. Проверить, что функция

$$p_X(x) = \begin{cases} \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1}{4}\right)^x, & x = 0, 1, 2, \ldots, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

является законом распределения ДСВ. Найти вероятности $P(X = 2)$, $P(X \le 2)$, $P(X \ge 1)$.

4. Пусть ДСВ *X* описывается распределением Пуассона с параметром λ:

$$p_X(k) = P(X = k) = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^k}{k!},\ k = 0, 1, \ldots$$

а) Доказать свойства функции $p_X(x)$.

б) Найти вероятность $P(X > 2)$ для $\lambda = 4$.

5. Пусть ДСВ X описывается распределением Бернулли:

$$p_X(k) = P(X = k) = p^k (1-p)^{1-k}, \ k = 0, 1.$$

Найти интегральную функцию распределения $F_X(x)$.

6. Пусть ДСВ X описывается биномиальным распределением:

$$p_X(k) = P(X = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}, \ k = 0, 1, \ldots, n,$$

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}.$$

Доказать свойства $p_X(x)$. Найти вероятность $P(X > 1)$ для $n = 6$, $p = 0.6$.

7. Дана ДСВ, описывающая число выпадения орла в эксперименте с подбрасыванием монетки три раза подряд. Найти и построить интегральную функцию распределения $F_X(x)$.

8. Доказать, что для непрерывной случайной величины (НСВ) X вероятность $P(X = x) = 0$.

9. Дана НСВ X с плотностью вероятностей

$$W_X(x) = \begin{cases} \frac{1}{3}, & 0 \le x < 1, \\ \frac{2}{3}, & 1 \le x < 2, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Найти интегральную функцию распределения $F_X(x)$.

10. Дана НСВ X с плотностью вероятностей

$$W_X(x) = \begin{cases} kx, & 0 \le x \le 1, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

а) Определить величину k.

б) Найти интегральную функцию распределения $F_X(x)$ и вероятность $P\left(\frac{1}{4} < X \le 2\right)$.

11. Дана НСВ X, описываемая гауссовской плотностью вероятности с параметрами m и σ^2:

$$W_X(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \ -\infty < x < \infty.$$

Доказать свойство нормировки плотности вероятностей $W_X(x)$. **Подсказка:** при доказательстве нужно вспомнить как вычисляется интеграл Эйлера–Пуассона, то есть $\int\limits_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$.

12. Дана функция $W(x) = e^{(-x^2+x-a)}$, $-\infty < x < \infty$. Найти величину a такую, что функция $W(x)$ является плотностью вероятностей НСВ X.

13. Дана НСВ X, описываемая распределением Рэлея:

$$W_X(x)=\begin{cases}\dfrac{x}{\sigma^2}e^{-x^2/(2\sigma^2)}, & x\ge 0\\ 0, & x<0.\end{cases}$$

Найти интегральную функцию распределения $F_X(x)$.

14. Дана НСВ X с плотностью вероятности

$$W_X(x)=\begin{cases}k(x-x^2), & 0<x<1,\\ 0, & \text{иначе},\end{cases}$$

где k – некоторая константа. Найти величину k и интегральную функцию распределения $F_X(x)$.

15. Дана НСВ X с плотностью вероятности $W_X(x)$:

$$W_X(x)=\begin{cases}k(2x-x^2), & 0<x<1,\\ 0, & \text{иначе},\end{cases}$$

где k – некоторая константа. Найти величину k и вероятность $P(X>1)$.

16. Рассмотрим интегральную функцию распределения случайной величины X

$$F_X(x)=\begin{cases}0, & x<0,\\ x+\dfrac{1}{2}, & 0\le x<\dfrac{1}{2},\\ 1, & x\ge\dfrac{1}{2}.\end{cases}$$

а) Доказать свойства функции $F_X(x)$.

б) Найти вероятности $P\left(X\le\dfrac{1}{4}\right)$, $P\left(0<X\le\dfrac{1}{4}\right)$, $P(X=0)$, $P\left(0\le X\le\dfrac{1}{4}\right)$.

в) Определить тип случайной величины.

17. Дана случайная величина X с интегральной функцией распределения

$$F_X(x)=\begin{cases}0, & x<0,\\ \dfrac{1}{2}x, & 0\le x<1,\\ 1, & x\ge 1.\end{cases}$$

а) Найти $P\left(\dfrac{1}{2}<X\le 1\right)$, $P\left(\dfrac{1}{2}<X<1\right)$ и $P(X>2)$.

б) Определить тип случайной величины.

18. Дана дискретная случайная величина (ДСВ) X, описываемая следующим законом распределения ДСВ:

$$p_X(x)=\begin{cases}1/3, & x=-1,0,1,\\ 0, & \text{иначе}.\end{cases}$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 ДСВ X.

19. Дана ДСВ X, описываемая следующим законом распределения ДСВ:

$$p_X(x) = \begin{cases} 1/3, x = -2, 0, 2, \\ 0, \quad \text{иначе.} \end{cases}$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 ДСВ X.

20. Дана ДСВ X, описывающая исход подбрасывания игральной кости. Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 ДСВ X.

21. Дана ДСВ X, описываемая геометрическим законом распределения ДСВ:

$$p_X(x) = P(X = x) = (1-p)^{x-1} \cdot p, \; x = 1, 2, 3, \ldots, \; 0 < p < 1.$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 ДСВ X.

22. Дана ДСВ X, описываемая биномиальным распределением с параметрами (n, p):

$$p_X(k) = P(X = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}, \; k = 0, 1, \ldots, n, \; 0 < p < 1,$$

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}.$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 ДСВ X.

23. Дана ДСВ X, описываемая распределением Пуассона с параметром λ:

$$p_X(k) = P(X = k) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!}, \; \lambda > 0, \; k = 0, 1, \ldots$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 ДСВ X.

24. Дана непрерывная случайная величина (НСВ) X, описываемая равномерной плотностью вероятности:

$$W_X(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a}, a \le x \le b, \\ 0, \qquad \text{иначе.} \end{cases}$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 НСВ X.

25. Дана НСВ X, описываемая экспоненциальной плотностью вероятности с параметром $\lambda > 0$:

$$W_X(x) = \begin{cases} \lambda \cdot e^{-\lambda x}, x \ge 0, \\ 0, \qquad \text{иначе.} \end{cases}$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 НСВ X.

26. Дана НСВ X, описываемая гауссовской плотностью вероятности с параметрами m и σ^2:

$$W_X(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \; -\infty < x < \infty.$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 НСВ X.

27. Дана НСВ X, описываемая плотностью вероятности Рэлея с параметром σ^2:

$$W_X(x)=\begin{cases}\dfrac{x}{\sigma^2}\cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x\ge 0,\\ 0, & \text{иначе.}\end{cases}$$

Найти математическое ожидание m_X и дисперсию σ_X^2 НСВ *X*.

Контрольная работа № 2

Вариант 1

Задача №1. Дан двоичный канал связи. Входной символ *X* канала может принимать два значения: 0 или 1. Аналогичные значения принимает выходной символ *Y*. Поскольку в канале присутствует шум входное значение 0 может быть преобразовано в выходное 1 и наоборот. Канал описывается вероятностями $p0$, $q0$, $p1$, $q1$ определенными следующим образом: $p0=P(y1\,|\,x0)$, $q0=P(y0\,|\,x0)$, $p1=P(y0\,|\,x1)$, $q1=P(y1\,|\,x1)$, где $x0$ и $x1$ представляют события $X=0$ и $X=1$, соответственно, а $y0$ и $y1$ события $Y=0$ и $Y=1$, соответственно. Кроме того, $p0+q0=1=p1+q1$ и $P(x0)=0{,}5$, $p0=0{,}1$, $p1=0{,}2$. Найти:

а) вероятность приема нуля $P(y0)$;

б) условную вероятность передачи нуля при условии, что ноль был принят $P(x0\,|\,y0)$;

в) вероятность того, что в приемнике переданный сигнал будет прочитан с ошибкой.

Задача №2. Даны два независимых случайных процесса $X_1(t)$ и $X_2(t)$, которые в момент времени t_1 описываются НСВ $X_1(t_1)$ и $X_2(t_1)$, соответственно. Пусть случайные величины $X_1(t_1)$ и $X_2(t_1)$ описывают вышеозначенные процессы в момент времени t_1, тогда двумерная плотность вероятности, связанная с этими случайными величинами, будет представима в виде произведения одномерных плотностей вероятностей для $X_1(t_1)$ и $X_2(t_1)$:

$$W_{X1X2}(x_1,x_2;t_1)=W_{X1}(x_1;t_1)W_{X2}(x_2;t_1).$$

Пусть случайный процесс $Y(t)=X_1(t)+X_2(t)$ описывается в момент времени случайной величиной $Y(t_1)$. Определить плотность вероятности $W_Y(y_1;t_1)=\int\limits_{-\infty}^{\infty}W_{X1}(x_1;t_1)W_{X2}(y_1-x_1;t_1)dx_1$ случайной величины $Y(t_1)$, если $W_{X1}(x_1;t_1)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x_1^2}{2}}$, а $W_{X2}(x_2;t_1)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{x_2^2}{2}}$.

Вариант 2

Задача №1. Дан двоичный канал связи. Входной символ *X* канала может принимать два значения: 0 или 1. Аналогичные значения принимает выходной символ *Y*. Поскольку в канале присутствует шум входное значение 0 может быть преобразовано в выходное 1 и наоборот. Канал описывается вероятностями $p0$, $q0$, $p1$, $q1$ определенными следующим образом: $p0=P(y1\,|\,x0)$, $q0=P(y0\,|\,x0)$, $p1=P(y0\,|\,x1)$, $q1=P(y1\,|\,x1)$, где $x0$ и $x1$

представляют события $X=0$ и $X=1$, соответственно, а $y0$ и $y1$ события $Y=0$ и $Y=1$, соответственно. Кроме того, $p0+q0=1=p1+q1$ и $P(x0)=0{,}5$, $p0=0{,}1$, $p1=0{,}2$. Найти:

а) вероятность приема единицы $P(y1)$;

б) условную вероятность передачи единицы при условии, что единица была принята $P(x1\,|\,y1)$;

в) вероятность того, что в приемнике переданный сигнал будет прочитан верно.

Задача №2. Дан случайный процесс $X(t)$, который в момент времени t_1 описывается НСВ $X(t_1)$, характеризуемой гауссовской плотностью вероятности с параметрами m и σ^2:

$$W_X(x_1;t_1)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x1-m)^2}{2\sigma^2}},\ -\infty<x_1<\infty.$$

Определить плотность вероятности $W_Y(y_1;t_1)$ случайной величины $Y(t_1)$, определяющей случайный процесс $Y(t)$ в момент времени t_1 и связанной с $X(t_1)$ следующим образом:

$$Y(t_1)=\begin{cases} a\{X(t_1)\}^2, & X(t_1)>0,\\ 0, & X(t_1)\le 0,\end{cases}$$

где a – положительная, вещественная константа.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для экзамена:

1. Случайные процессы и их вероятностные характеристики.
2. Стационарные случайные процессы.
3. Свойство эргодичности.
4. Числовые характеристики случайных процессов.
5. Свойства корреляционной функции случайного процесса.
6. Спектральный анализ случайных процессов.
7. Теорема Винера-Хинчина.
8. Примеры энергетических спектров стационарных случайных процессов.
9. Оценка параметра сигнала.
10. Свойства точечных оценок.
11. Интервальная оценка.
12. Метод максимального правдоподобия.
13. Оценка Байеса.
14. Среднеквадратичная оценка.
15. Линейная среднеквадратичная оценка.
16. Основные определения теории проверки гипотез. Проверка гипотез и типы ошибок.
17. Основные критерии проверки гипотез.
18. Прохождение случайных сигналов через безынерционные нелинейные цепи.
19. Прохождение случайных сигналов через линейные цепи. Узкополосные случайные процессы и их свойства.
20. Основные задачи оптимального приема информации.
21. Фильтрация сигналов. Обнаружение сигнала. Различение сигналов.
22. Оценка параметра сигнала. Разрешение сигналов.
23. Постановка задачи при оптимальном приеме дискретных сообщений.

24. Основные критерии качества приема дискретных сообщений. Сравнение основных критериев.
25. Критерий идеального наблюдателя (критерий Котельникова). Критерий максимального правдоподобия.
26. Критерий минимального среднего риска (критерий Байеса). Критерий Неймана-Пирсона.
27. Синтез оптимального демодулятора при известном ансамбле сигналов.
28. Корреляционный когерентный прием.
29. Согласованные фильтры и их основные свойства.
30. Примеры согласованных фильтров.
31. Согласованная фильтрация при когерентном приеме.
32. Потенциальная помехоустойчивость когерентного приема.
33. Сравнительный анализ потенциальной помехоустойчивости основных видов цифровой модуляции при когерентном приеме.
34. Синтез оптимального демодулятора в канале с неопределенной фазой.
35. Корреляционный некогерентный прием.
36. Согласованная фильтрация при некогерентном приеме.
37. Потенциальная помехоустойчивость некогерентного приема в двоичной системе связи. Сравнительный анализ потенциальной помехоустойчивости основных видов цифровой модуляции при некогерентном приеме.
38. Постановка задачи оптимальной фильтрации.
39. Фильтр Колмогорова-Винера.
40. Понятие о фильтре Калмана.
41. Основные понятия и определения.
42. Теорема кодирования Шеннона для канала с шумами.
43. Линейные блочные коды.
44. Способность кода к обнаружению и исправлению ошибок.
45. Циклические коды.
46. Рекуррентные коды.
47. Сверточные коды.
48. Декодирование сообщений. Мягкое и жесткое декодирование.
49. Показатели эффективности систем связи.
50. Эффективность систем передачи дискретных сообщений.
51. Эффективность систем передачи непрерывных сообщений.
52. Способы повышения эффективности систем связи.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	**Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)**	**Продвинутый уровень (на «хорошо»)**	**Высокий уровень (на «отлично»)**
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (не относящееся к вопросу не подлежит проверке)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдель-	Исчерпывающий полный ответ

	изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	ных элементов и тонкостей	

2. Описание процедуры выставления оценки

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Для подготовки ответа на вопрос билета отводится не менее 40 минут.

В зависимости от уровня сформированности компетенций по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины
«Теория передачи сигналов»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой усвоения учебного материала по дисциплине «Теория передачи сигналов» является самостоятельная работа студента, причем в достаточно большом объеме. По всем темам предусмотрены задания самостоятельной работы, на которых происходит закрепление изученного материала и отработка необходимых навыков.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Оценка выставляется на основании уровня сформированности указанных компетенций, который оценивается как средняя оценка по совокупности параметров: оценки за самостоятельные задания и ответы на вопросы билета.

Освоить вопросы данной дисциплины самостоятельно студенту достаточно сложно. Посещение всех предусмотренных лекций, практических занятий и занятий по выполнению лабораторных работ является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных самостоятельных занятий в течение семестра сдать экзамен практически невозможно.