

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Радиоуправления и связи»

СОГЛАСОВАНО

Директор института
магистратуры и аспирантуры

_____ О.А. Бодров
«__» _____ 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной
работе

_____ П.В. Бабаян
«__» _____ 2021 г.

Руководитель ООП

_____ В.Т. Дмитриев
«__» _____ 2021 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

дисциплины

«Статистическая радиотехника»

Специальность 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы
связи»

«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная, заочная

г. Рязань 2024 г.

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях и лабораторных работах. При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ по каждому модулю определено графиком, утвержденным заведующим кафедрой.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4
	Модуль 1. Основные понятия теории вероятностей		
1.1	Понятие вероятности. Количественная характеристика вероятностной закономерности	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен
1.2	Правило сложения вероятностей	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен

1.3	Правило умножения. Априорная вероятность. Апостериорная вероятность	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен
	Модуль 2. Случайные величины	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен
2.1	Интегральный закон распределения и его свойства	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен
2.2	Плотность распределения вероятностей и ее свойства	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен
2.3	Числовые характеристики случайных величин. Их свойства	ОПК-3 ОПК-5	Экзамен
	Модуль 3. Случайные процессы		
3.1	Понятие случайного процесса. Классификация случайных процессов	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	Экзамен
3.2	Интегральный закон распределения случайных процессов	ОПК-3 ОПК-6	Экзамен
3.3	Плотность распределения вероятностей случайного процесса	ОПК-3 ОПК-5	Экзамен
3.4	Корреляционная функция и энергетический спектр случайного стационарного процесса	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	Экзамен
3.5	Нормальный случайный процесс	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	Экзамен
3.6	Белый шум	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
	Модуль 4. Синтез оптимальных решающих устройств цифровых систем передачи		
4.1	Функция правдоподобия		Экзамен
4.2	Корреляционный приемник.	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	Экзамен
4.3	Вычисление вероятностей перепутывания символов	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	Экзамен
	Модуль 5. Моделирование случайных величин	ОПК-3	
5.1	Датчики псевдослучайных чисел	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	Экзамен

5.2	Основные методы моделирования случайных величин	ОПК-3 ОПК-4	Экзамен
5.3	Специальные методы моделирования	ОПК-4 ОПК-5	Экзамен
	Модуль 6. Моделирование случайных процессов		
6.1	Моделирование случайных гауссовских процессов	ОПК-4 ОПК-5 ОПК-6	Экзамен
6.2	Моделирование случайных негауссовских процессов	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-5	Экзамен

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5) Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме бальной отметки:

«Отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или

приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Типовые контрольные задания или иные материалы

МОДУЛЬ 1

Вопросы к экзамену

1. Понятие эксперимента. Основные понятия и определения.
2. Статистическая закономерность. Классификация событий. Понятие вероятности
3. Правило сложения вероятностей
4. Правило умножения вероятностей
5. Условная и безусловные вероятности
6. Априорная и апостериорная вероятности
7. Формула полной вероятности. Формула Байеса

План практических занятий

1. Элементарный символ возникает с вероятностью P . С какой вероятностью будет обнаружена группа, состоящая из N элементарных символов
2. Совместные и несовместные события.
3. Условные и безусловные вероятности
4. Практическое значение формулы Байеса

МОДУЛЬ 2

Вопросы к экзамену

1. Определение случайной величины. Дискретные и непрерывные случайные величины.
2. Интегральный закон распределения. Основные свойства
3. Плотность распределения вероятностей. Основные свойства
4. Начальные и центральные моменты случайной величины
5. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины
6. Коэффициенты асимметрии и эксцесса
7. Центральная предельная теорема

План практических занятий

1. Задана случайная величина с экспоненциальной плотностью распределения вероятностей. Найти интегральный закон распределения.
2. Задана случайная величина с равномерной плотностью распределения. Найти интегральный закон распределения.
3. Задана нормальная случайная величина. Определить интегральный закон распределения.
4. Заданы случайные величины с нормальной, экспоненциальной и равномерной плотностью распределения вероятностей. Определить центральные и начальные моменты.
5. Заданы случайные величины с нормальной, экспоненциальной и равномерной плотностью распределения вероятностей. Определить коэффициенты асимметрии и эксцесса.
6. Физические основы центральной предельной теоремы
7. Определить плотность распределения вероятностей суммы двух случайных величин с равномерным распределением

Ответ на 2 вопрос. Предположим, что случайная величина ζ может принимать любые действительные значения в интервале от $-\infty$ до $+\infty$. Данное предположение не ограничивает общности, так как изменение случайной величины в ограниченном интервале значений будет означать, что вероятность попадания ее в любую область числовой оси вне указанного интервала будет равна нулю.

Используем простейшее правило разбиения: фиксируется некоторый уровень x , и область возможных значений случайной величины делится на две части. К одной из них относятся значения ζ , не превосходящие x , а к другой – остальные. Функция

$$F(x) = P(\zeta \leq x),$$

показывающая, как зависит от величины выбранного уровня x вероятность того, что значения случайной величины не превосходят этот уровень, называется интегральной функцией распределения вероятностей.

Укажем основные свойства интегральных функций распределения. Значения этих функций, представляющих вероятности, должны находиться в пределах от 0 до 1, причем

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = F(-\infty) = P\{\zeta \leq -\infty\} = 0$$

как вероятность невозможного события, а

$$\lim_{x \rightarrow \infty} F(x) = F(\infty) = P\{\zeta \leq \infty\} = 1$$

как вероятность достоверного события. Свойство, выраженное последним равенством, аналогично равенству полной группы событий.

Если случайная величина лежит ниже уровня $x_2 > x_1$, то имеются две взаимно несовместимые возможности: либо эта случайная величина находится ниже уровня x_1 , либо она находится между уровнями x_1 и x_2 . Тогда применяя правило сложения вероятностей, получим

$$P\{x_1 < \zeta \leq x_2\} = P\{\zeta \leq x_2\} - P\{\zeta \leq x_1\}.$$

Учитывая определение интегральной функции распределения, получим

$$P\{x_1 < \zeta \leq x_2\} = F(x_2) - F(x_1).$$

Таким образом, вероятность того, что случайная величина заключена в определенных пределах, равна разности значений интегральной функции распределения в верхнем и нижнем пределах.

Так как левая часть последнего равенства не может быть отрицательной, то при $x_2 > x_1$

$$F(x_2) \geq F(x_1).$$

Выполнение указанных свойств (условий) необходимо и достаточно для того, чтобы функция, удовлетворяющая этим условиям, была интегральной функцией распределения случайной величины.

МОДУЛЬ 3

Вопросы к экзамену

1. Понятие случайного процесса. Реализация случайного процесса. Классификация случайных процессов.
2. Стационарные и эргодические случайные процессы.
3. Одномерный интегральный закон распределения случайного процесса
4. Многомерный интегральный закон распределения случайного процесса
5. Условный интегральный закон распределения случайного процесса
6. Плотность распределения случайного процесса.
7. Моментные функции
8. Корреляционная функция случайного процесса
9. Энергетический спектр случайного процесса. Теорема Винера - Хинчина
10. Нормальный закон распределения
11. Определение и свойства белого шума. Дискретный белый шум

План практических занятий

1. Экспериментальное определение интегрального закона распределения.
2. Экспериментальное определение плотности распределения вероятностей
3. Задан случайный процесс с экспоненциальной корреляционной функцией. Определить энергетический спектр случайного процесса
4. Задан случайный процесс с гауссовой формой энергетического спектра. Определить корреляционную функцию случайного процесса
5. Задан случайный процесс с корреляционной функцией в виде дельта-функции. Определить энергетический спектр случайного процесса
6. Определить дисперсию дискретного белого шума с нулевым математическим ожиданием.

Ответ на 11 вопрос. Рассмотрим энергетический спектр случайного процесса, имеющего широкую полосу. Пусть спектральная плотность $F(\omega)$ средней мощности процесса сохраняет постоянное значение до очень высоких частот. Корреляционная функция $B(\tau)$ такого процесса будет отлична от нуля только в очень небольшом интервале значений своего аргумента около начала координат, то есть при малых τ . Энергетический спектр

$$F(\omega) = 2N_0 = \text{const},$$

равномерный на всех частотах, является полезной математической идеализацией спектров указанного вида.

Случайный процесс, имеющий равномерный на всех частотах спектр, называют белым шумом. Корреляционная функция белого шума равна

$$B(\tau) = \frac{N_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(j\omega\tau) = N_0 \delta(\tau),$$

то есть представляет собой дельта-функцию в начале координат.

Коэффициент корреляции для белого шума равен

$$R(\tau) = \begin{cases} 1, & \tau = 0, \\ 0, & \tau \neq 0. \end{cases}$$

Таким образом, белый шум характеризуется тем, что «значения» его в любые два (даже

сколь угодно близкие) моменты времени некоррелированы. Следует отметить, что так определенное понятие белого шума относится только к спектральной картине случайного процесса и оставляет открытым вопрос о законах распределения. Точнее говоря, распределение вероятностей белого шума в обычном смысле не существует.

Белый шум является идеализацией, никогда не реализуемой в действительных условиях, так как во-первых, достаточно близкие значения случайной функции практически всегда зависимы и, во-вторых, реальные процессы имеют конечную мощность, а для белого шума полная мощность процесса бесконечна.

Однако вследствие ограниченности полос пропускания радиотехнических устройств использование белого шума в качестве модели процессов на входе этих устройств, которая значительно упрощает математический анализ, не вносит каких либо существенных погрешностей.

МОДУЛЬ 4

Вопросы к экзамену

1. Определение функции правдоподобия. Функция правдоподобия для сигнала с неизвестным параметром, принимаемого на фоне белого нормального шума
2. Структура корреляционного приемника для сигналов с пассивной паузой
3. Вычисление закона распределения сигнала на выходе корреляционного приемника
4. Вычисление вероятностей перепутывания символов

План практических занятий

1. Функция правдоподобия для экспоненциально-распределенных случайных величин
2. Функция правдоподобия для сигналов с релейским распределением
3. Корреляционный приемник для сигналов с активной паузой
4. Вычисление вероятностей перепутывания символов для корреляционного приемника с активной паузой

МОДУЛЬ 5

Вопросы к экзамену

1. Датчики псевдослучайных чисел
2. Проверки датчиков псевдослучайных чисел
3. Метод моделирования случайных величин с заданным законом распределения стандартным методом
4. Моделирование случайных величин с заданным законом распределения методом Неймана.
5. Методы моделирования, основанные на функциональных преобразованиях нормально распределенной случайной величины

Ответ на 5 вопрос. Известно, что наиболее полно изучен нормальный закон распределения. Хорошо изучены и различные функциональные преобразования нормальных случайных величин. Именно это обстоятельство и позволяет получать экономные (в смысле минимизации числа операций) алгоритмы моделирования случайных величин с различными законами распределений. Приведем примеры.

а). Пусть необходимо произвести моделирование экспоненциально распределенной случайной величины.

Известно, что сумма квадратов двух независимых, нормально распределенных случайных величин с нулевыми математическими ожиданиями и одинаковыми дисперсиями подчиняется экспоненциальному закону распределений.

Поэтому моделирующий алгоритм может быть представлен следующим образом.

- Из датчика независимых нормально распределенных случайных величин с нулевым

средним и одинаковыми дисперсиями σ^2 выбираются два числа ξ_1 и ξ_2 .

- Случайная величина $z = \xi_1^2 + \xi_2^2$ будет иметь экспоненциальное распределение $w(x) = \lambda \exp(-\lambda x)$ с параметром $\lambda = \sigma^2 / 2$.

б). Случайная величина $z = \sqrt{\xi_1^2 + \xi_2^2}$ при тех же предположениях о характере случайных величин ξ_1 и ξ_2 будет иметь релеевское распределение с параметром $\sqrt{\sigma^2}$.

в). Изменяя предыдущий модулирующий алгоритм как $z = \sqrt{(\xi_1^2 + a) + \xi_2^2}$, где a – положительное число, получим случайную величину, распределенную по закону Райса (обобщенному закону Релея)

$$w(x) = \frac{x}{2} \exp\left[-(x^2 + a^2)/2\sigma^2\right] I_0(ax/\sigma^2).$$

г). Моделирующий алгоритм

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \xi_i^2$$

позволяет получать χ^2 -квадрат распределение с n степенями свободы

$$w(x) = \frac{1}{2^{n/2} \Gamma(n/2)} (-x/2)^{n/2-1} \exp(-x/2),$$

если случайные величины ξ_i независимы, имеют нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Кроме указанных, знание функциональных преобразований нормально-распределенных случайных величин позволяет генерировать случайные величины и с другими законами распределений. Например, генерировать случайные величины с гамма-распределением, бета-распределением, равномерным распределением.

План практических занятий

1. Моделирование случайных величин с релеевским распределением стандартным методом
2. Моделирование случайных величин с экспоненциальным распределением стандартным методом
3. Моделирование нормально распределенных случайных величин
4. Моделирование случайных величин с бимодальными распределениями
5. Моделирование дискретных случайных величин

МОДУЛЬ 6

Вопросы к экзамену

1. Постановка задачи моделирования случайных процессов
2. Моделирования нормальных случайных процессов методом скользящего суммирования
3. Моделирования нормальных случайных процессов рекуррентными алгоритмами
4. Моделирование гауссовских случайных процессов методом фильтрации дискретного белого шума
5. Моделирование негауссовских случайных процессов

План практических занятий

1. Функциональные преобразования случайных процессов. Законы распределения сигнала на выходе линейного детектора, детектора огибающей, квадратичного детектора, ограничителя
2. Моделирование случайного процесса с экспоненциальным распределением
3. Моделирование случайного процесса с равномерным распределением
4. Моделирование случайного процесса с релейским распределением