

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА
Кафедра радиотехнических систем

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине (модулю)

«Методы вычислительного эксперимента»

Направление подготовки

11.04.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки

Радиотехнические системы локации, навигации и радиоэлектронной борьбы

Уровень подготовки

магистратура

Программа подготовки

магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2024

Оценочные материалы по дисциплине «Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем» содержат совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися части основной образовательной программы.

Цель — оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы по направлению подготовки 11.04.01 «Радиотехника» как в ходе проведения текущего контроля, так и промежуточной аттестации.

Основная задача — обеспечить оценку уровня сформированности предусмотренных ОПОП 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, организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением зачёта. Форма проведения зачёта — устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается теоретический вопрос. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки.

1 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

Паспорт оценочных материалов сведён в таблицу 1.

Таблица 1 — Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Введение. Историческая справка		

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1.1	Цели и задачи вычислительного эксперимента. Основные понятия вычислительного экспериментирования	ПК-2.2	Зачёт
1.2	История развития вычислительного экспериментирования	ПК-2.2	Зачёт
1.3	Современные методы и средства решения задач вычислительного экспериментирования в области радиотехники. Существующие ограничения и проблемы проведения вычислительных экспериментов	ПК-2.2	Зачёт
2	Основы вычислительного экспериментирования		
2.1	Принципы проведения вычислительных экспериментов различного уровня сложности	ПК-2.2	Зачёт
2.2	Методы проведения и оптимизации вычислительных экспериментов	ПК-2.2	Зачёт

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
3	Компьютерные вычислительные эксперименты в радиотехнике		
3.1	Алгоритмы моделирования радиотехнических процессов	ПК-2.2	Зачёт
3.2	Алгоритмы вычислительного экспериментирования в радиотехнике	ПК-2.2	Зачёт
4	Перспективы развития теории и техники вычислительного экспериментирования в радиотехнике. Заключение		
4.1	Современные проблемы проведения вычислительных экспериментов в области радиотехники	ПК-2.2	Зачёт
4.2.	Перспективы развития методов и средств вычислительного экспериментирования	ПК-2.2	Зачёт

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
4.3	Общие тенденции развития программных и алгоритмических средств для проведения вычислительных экспериментов	ПК-2.2	Зачёт

2 Шкала оценивания компетенций (результатов)

При оценке компетенций (результатов) учитываются нижеперечисленные аспекты.

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 практическим занятиям.
5. Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме оценки «зачтено» или «не зачтено».

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 научно-технического вопроса у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи.

3 Вопросы для промежуточной аттестации (зачёт)

1. Понятие вычислительного эксперимента. Цели и задачи вычислительного экспериментирования в области радиотехники. Роль модели как метода познания реальности. Примеры использования моделей для разработки, оптимизации и анализа эффективности функционирования радиотехнических систем и устройств.

2. План построения вычислительного эксперимента. Роль и место математической модели в вычислительном экспериментировании. Критерии оценки адекватности результатов вычислительного эксперимента.

3. Содержательная постановка задачи вычислительного экспериментирования. Примеры использования математических моделей в радиотехнике.

4. Основные понятия статического описания радиотехнических сигналов: функция плотности вероятности, моменты распределения, автокорреляция и взаимная корреляция.

5. Линейные модели. Уравнения Юла и Юла – Уолкера. Понятие невязки. Критерии синтеза (нахождения параметров) линейной модели.

6. Модель фильтра режекции помех произвольного порядка. Критерий синтеза модели. Примеры проведения вычислительных экспериментов на основе модели режекторного фильтра с рассмотрением предельных случаев параметров помех.

7. Оценивание параметров фильтров подавления помех. Вычислительное экспериментирование с фильтрами подавления помех, осуществляющих наилучшее их подавление.

8. Проблема плохой обусловленности корреляционных матриц и методы её преодоления. Примеры регуляризации положительно определённых матриц, мера Фробениуса.

9. Оценивание статистических характеристик случайного процесса: моды, математического ожидания, полной мощности, энергии, дисперсии, мощности постоянной составляющей, коэффициентов корреляции.

10. Критерий адекватности модели по спектру собственных значений корреляционных матриц генерируемых процессов. Локализация собственных значений, круги Гершгорина.

11. Преобразование Карунена – Лоева. Понятие спектра собственных значений корреляционной матрицы.

12. Понятие стационарности стохастического процесса. Виды стационарности (в узком и широком смыслах), связь стационарности с теплоцевой структурой корреляционных матриц имитируемых процессов.

13. Число обусловленности корреляционной матрицы имитируемого

процесса. Связь числа обусловленности с понятием регуляризации задачи обращения положительно определённой матрицы. Пример плохо обусловленных задач при моделировании в радиотехнике.

14. Евклидово пространство и его свойства. Основные понятия матричной алгебры. Теплицевы, эрмитовы, диагональные корреляционные матрицы и их примеры из практики проведения вычислительных экспериментов.

15. Переопределённые системы линейных уравнений и методы их решения. Понятие глубины переопределённости. Критерий минимума среднеквадратического отклонения. Примеры использования этого критерия для оценки адекватности результатов вычислительных экспериментов.

16. Обобщённый критерий минимума среднего квадрата ошибки (СКО) и его использование для оценки адекватности результатов вычислительного эксперимента. Примеры использования обобщённого критерия СКО для синтеза моделей радиотехнических процессов.

17. Влияние аддитивного белого гауссовского шума (БГШ) на корреляционные свойства моделируемых радиотехнических процессов. Примеры вычислительных экспериментов по анализу воздействия БГШ на функционирование радиотехнических устройств и систем.

18. Моделирование случайных величин с заданной функцией плотности распределения вероятности. Вычислительное экспериментирование с процессами близкими к гауссовским. Примеры негауссовских радиотехнических процессов.

19. Моделирование случайных величин с произвольными функциями плотности распределения вероятности. Методы отбрасывания образцов и обратной функции. Преимущества и недостатки этих методов.

20. Перспективы развития техники и методологии вычислительных экспериментов. Понятия нечёткой логики, генетических алгоритмов оптимизации, искусственных нейронных сетей.

4 Контрольные вопросы для оценки сформированных компетенций

1. Примеры использования математических моделей для проведения вычислительных экспериментов в радиотехнике.

Ответ. Расчёт схмотехнических решений, предшествующих макетированию. Моделирование функционирования радиотехнических устройств и систем в компьютерных средах с целью выбора и оптимизации параметров, определения границ эффективного функционирования для решения технических и/или тактических задач.

2. Понятие модели. Цели и задачи использования моделей процессов, устройств и систем в радиотехнике для проведения вычислительных

экспериментов.

Ответ. Модель — это объект, заменяющий реальность. Модель создаётся с целью проведения вычислительных экспериментов для более удобного познания реальности, когда её непосредственное изучение затруднено (дороговизна или уникальность объекта, его громоздкость или, напротив, слишком малые размеры; неудобный временной масштаб, например, быстропротекающие процессы или медленное старение объекта), либо даже невозможно (например, когда изучение предполагает разрушение уникального объекта, сопряжено с нежелательными или даже опасными последствиями и пр.).

3. Виды математических моделей, используемых для проведения вычислительных экспериментов для изучения радиотехнических устройств, систем и процессов. Детерминированные (аналитические) и стохастические (имитационные) математические модели.

Ответ. В радиотехнике широкое распространение получил один из видов идеальной модели — математическое моделирование, которое предполагает описание свойств радиотехнических устройств, систем или процессов математическими методами. Математические модели делятся на детерминированные (без использования генераторов случайных чисел в своей структуре) и стохастические (с использованием генераторов случайных чисел в своей структуре).

4. Оценивание статистических характеристик случайного процесса по N дискретным отсчётам x_j , $j=1, 2, \dots N$. Как найти оценку математического ожидания?

Ответ. Оценки основных статистических свойств радиотехнических процессов — важный этап создания и анализа математической модели радиотехнических устройств и систем.

Математическое ожидание: $M = \text{СУММА}[x_j]/N$, при $j=1, 2, \dots N$, где M — оценка математического ожидания, x_j — дискретные отсчёты процесса, N — число отсчётов.

5. Оценивание статистических характеристик случайного процесса по N дискретным отсчётам x_j , $j=1, 2, \dots N$. Как найти оценку полной мощности?

Ответ. Оценки основных статистических свойств радиотехнических процессов — важный этап создания и анализа математической модели радиотехнических устройств и систем.

Мощность (полная мощность): $P = \text{СУММА}[x_j^2]/N$, при $j=1, 2, \dots N$, где P — оценка полной мощности, x_j — дискретные отсчёты процесса, N — число отсчётов.

6. Оценивание статистических характеристик случайного процесса по N дискретным отсчётам x_j , $j=1, 2, \dots N$. Как найти оценку энергии?

Ответ. Оценки основных статистических свойств радиотехнических

процессов — важный этап создания и анализа математической модели радиотехнических устройств и систем.

Энергия: $E = \text{СУММА}[x_j^2]$, при $j=1, 2, \dots, N$, где E — оценка энергии, x_j — дискретные отсчёты процесса, N — число отсчётов.

7. Оценивание статистических характеристик случайного процесса по N дискретным отсчётам x_j , $j=1, 2, \dots, N$. Как найти оценку дисперсии?

Ответ. Оценки основных статистических свойств радиотехнических процессов — важный этап создания и анализа математической модели радиотехнических устройств и систем.

Дисперсия (мощность переменной составляющей): $D = \text{СУММА}[(x_j - M)^2]/N$, при $j=1, 2, \dots, N$, где D — оценка дисперсии, x_j — дискретные отсчёты процесса, N — число отсчётов, M — математическое ожидание.

8. Оценивание статистических характеристик случайного процесса по N дискретным отсчётам x_j , $j=1, 2, \dots, N$. Как найти оценку коэффициентов автокорреляции?

Ответ. Оценки основных статистических свойств радиотехнических процессов — важный этап создания и анализа математической модели радиотехнических устройств и систем.

Коэффициент автокорреляции k -го порядка: $R_k = \text{СУММА}[(x_j - M) \times (x_{j+k} - M)]/N$, при $j=1, 2, \dots, N-k$, где R_k — смещённая оценка коэффициента автокорреляции, x_j — дискретные отсчёты процесса, N — число отсчётов, M — математическое ожидание.

9. Влияние аддитивного белого гауссовского шума на автокорреляционные свойства радиотехнических процессов.

Ответ. Аддитивный белый шум декоррелирует процесс, его нормированные к дисперсии модули коэффициентов автокорреляции уменьшаются. Энергетический спектр (спектральная плотность мощности) дополняется равномерной по всей оси частот компонентой, приобретая спектральные свойства белого видимого цвета.

10. Виды случайных процессов: стационарные и нестационарные.

Ответ. Если случайный процесс с ходом времени не изменяет своих статистических свойств, то такой процесс называется стационарным. Если статистические свойства процесса изменяются со временем, то такой процесс называют нестационарным. В радиотехнике обычно различают стационарности по отдельным статистическим параметрам, например по дисперсии или по математическому ожиданию, по всем вторым центральным моментам распределения и пр.

11. Виды случайных процессов: коррелированные и некоррелированные. Каковы признаки коррелированного случайного процесса?

Ответ. Процесс с малыми (близкими к нулю) модулями нормированных к

дисперсии коэффициентов автокорреляции небольшого ($k < 10$) порядка считают некоррелированным, а с большими (близкими к единице) модулями нормированных к дисперсии коэффициентов автокорреляции — коррелированным. Спектральный портрет (спектральная плотность мощности) коррелированного процесса имеет выраженные пики, пучности, не носит равномерного характера, а некоррелированного — близок к равномерному по всей оси частот, не имеет выраженных неоднородностей, пиков. Коррелированный процесс называют в радиотехнике также «окрашенным», а некоррелированный — «белым» по аналогии с оптическим спектром.

12. Виды случайных процессов: коррелированные и некоррелированные. Какой процесс называют окрашенным, а какой белым?

Ответ. «Окрашенным» называют в радиотехнике коррелированный случайный процесс, а некоррелированный — «белым» по аналогии с оптическим спектром.

13. Виды случайных процессов: коррелированные и некоррелированные. У каких из процессов модули коэффициентов автокорреляции сопоставимы с дисперсией, а у каких модули коэффициентов автокорреляции существенно меньше дисперсии и стремятся к нулю с ростом длины выборки.

Ответ. Процесс с малыми (близкими к нулю) модулями нормированных к дисперсии коэффициентов R_k автокорреляции небольшого ($k < 10$) порядка считают некоррелированным, а с большими (близкими к единице) модулями нормированных к дисперсии коэффициентов автокорреляции — коррелированным. Если $|R_k| \rightarrow 0$ с ростом длины выборки, то это некоррелированный процесс, а если $|R_k| \rightarrow 1$ с ростом длины выборки, то это коррелированный процесс.

14. Виды случайных процессов: коррелированные и некоррелированные. У каких из процессов нормированная к дисперсии автокорреляционная матрица стремится к единичной матрице с ростом длины выборки?

Ответ. Процесс с близкой к единичной $\mathbf{I}$ нормированной к дисперсии автокорреляционной матрицей $\mathbf{R}$ является некоррелированным: если $\mathbf{R} \rightarrow \mathbf{I}$ с ростом длины выборки, то процесс некоррелированный.

15. Свойства случайных процессов: белый шум. К какой матрице стремится с ростом длины выборки нормированная к дисперсии автокорреляционная матрица белого шума?

Ответ. Процесс с близкой к единичной $\mathbf{I}$ нормированной к дисперсии автокорреляционной матрицей $\mathbf{R}$ является белым шумом: если $\mathbf{R} \rightarrow \mathbf{I}$ с ростом длины выборки, то процесс является некоррелированным шумом.

16. Функции плотности вероятности случайных процессов. Примеры функций плотности распределения вероятности случайных величин, их использование при проведении вычислительных экспериментов в радиотехнических задачах.

Функция плотности распределения вероятностей (ФПРВ) характеризует относительную частоту появления случайной величины в заданном интервале её значений. ФПРВ может быть получена путём дифференцирования интегрального закона вероятности, т.е. зависимости вероятности того, что случайная величина не превысит отложенное по оси абсцисс значение. В теории и практике вычислительных экспериментов при исследовании радиотехнических устройств и систем часто используются следующие ФПРВ: гауссовская (для имитации шума или помехи), равномерная (для имитации шумов квантования), релеевская (для имитации шумов на оптическом изображении) и пр. Законы распределения характеризуются математическим ожиданием, модой (иногда, например для гауссовской ФПРВ эти понятия совпадают), дисперсией и др. статистическими характеристиками.

5 Пример задания для практических занятий

1. Произвести вычислительный эксперимент по прохождению случайных сигналов с заданными по вариантам спектрально-корреляционными свойствами через линейный фильтр с заданными по вариантам коэффициентами числителя и знаменателя передаточной функции. Оценить устойчивость фильтра и построить его динамические частотные характеристики для заданных по вариантам длин импульсных характеристик.

2. Про моделировать прохождение заданного (по вариантам) процесса через синтезированный линейный фильтр.

3. Произвести статистический и спектральный анализ процесса на выходе линейного фильтра. Сделать выводы о соответствии результатов анализа теоретическим оценкам параметров процесса на выходе заданного линейного фильтра при воздействии на его вход процесса с заданными по вариантам статистическими характеристиками.

4. Оценить теоретически коэффициенты прохождения процесса через линейный фильтр. Сопоставить коэффициенты с измеренными в ходе вычислительного экспериментирования. Сделать выводы об адекватности результатов проведенного вычислительного эксперимента.