

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)

«Математическое моделирование РТУиС»

Направление подготовки

11.04.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки

Радиотехнические системы локации, навигации и радиоэлектронной борьбы
Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах

Уровень подготовки

магистратура

Программа подготовки

магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

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.

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

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. 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		
1.1	Цели и задачи моделирования. Понятие моделирования	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
1.2	История развития моделирования систем и процессов	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
1.3	Современные методы и средства решения задач моделирования радиотехнических устройств и систем. Существующие ограничения и проблемы имитационного моделирования	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
2	Основы моделирования радиотехнических систем и устройств		
2.1	Принципы моделирования компонентов радиотехнических систем различного уровня сложности	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
2.2	Алгоритмы анализа радиотехнических устройств, методы оптимизации математических моделей	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
3	Компьютерное моделирование радиотехнических систем и их отдельных подсистем		
3.1	Алгоритмы математического моделирования функционирования радиотехнических систем	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
3.2	Алгоритмы моделирования сигналов и помех в радиотехнических задачах	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
4	Перспективы развития моделирования в радиотехнике. Заключение		
4.1	Современные проблемы моделирования функционирования радиотехнических систем	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
4.2.	Перспективы развития математических методов моделирования сложных технических систем	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен
4.3	Общие тенденции развития программных и алгоритмических средств для моделирования радиотехнических систем различного уровня сложности	ОПК-1.1, ОПК-2.1	Экзамен

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 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, имеющий 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.

3 Перечень лабораторных работ и вопросов для контроля

Перечень лабораторных работ и вопросов для контроля сведён в таблицу 2.

Таблица 2 — Перечень лабораторных работ и вопросов для контроля

№ работы	Название лабораторной работы и вопросы для контроля	Шифр
1	Ознакомление с модулями имитационного моделирования пакета прикладных программ «Стрела». Каковы принципы имитационного цифрового моделирования? Как статистически описываются моделируемые процессы? Какие типы радиотехнических систем и их отдельных подсистем можно моделировать с помощью пакета прикладных программ «Стрела»? Как оценивается адекватность моделирования?	4007
2	Моделирование функционирования череспериодного компенсатора пассивных помех. Какова структура моделируемого фильтра? Какие параметры входных процессов задаются и как они влияют на структуру их математических моделей? Как оценивается теоретически определяемая в ходе моделирования функционирования череспериодного компенсатора эффективность его работы? Какие критерии адекватности модели используются? В чём состоит принцип оптимизации структуры и параметров модели?	4007
3	Исследование моделирования одномодовых радиолокационных помех. Каково статистическое описание моделируемых процессов? Почему моделируемые процессы называются одномодовыми? Как определить соответствие заданных параметров процессов полученным в ходе моделирования данным? В чём отличие в принципах моделирования коррелированной и некоррелированной компонент помехи?	4007
4	Исследование моделирования полезного простого радиолокационного эхосигнала. Какие параметры полезного простого радиолокационного эхосигнала задаются для его моделирования? Как оценивается соответствие результатов имитационного	4007

	моделирования заданным параметрам сигналов? Как выбирается порядок модели и чем обусловлена её структура? В чём преимущества использования авторегрессионных моделей при имитации узкополосных по спектру процессов?	
--	---	--

График выполнения лабораторных работ соответствует расписанию и размещен в лаборатории. Сроки выполнения контрольных работ устанавливаются преподавателем и доводятся до сведения студентов в первые две недели семестра.

4 Вопросы для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Понятие моделирования. Цели и задачи моделирования процессов, систем и устройств в радиотехнике. Роль модели как метода познания реальности. Примеры использования моделей для построения и оптимизации радиотехнических систем и устройств.

2. Виды моделей. Натурное моделирование, его недостатки и ограничения в использовании. Детерминированные (аналитические) и стохастические (имитационные) модели. Примеры линейных и нелинейных математических моделей.

3. Структура линейной имитационной модели без обратных связей (скользящего среднего). Спектральные свойства линейных моделей скользящего среднего.

4. Структура линейной имитационной модели содержащей только обратные связи (авторегрессионная модель). Спектральные свойства линейных авторегрессионных моделей. Примеры использования авторегрессионных моделей в системах связи.

5. Структура комбинированной линейной модели автогрессии-скользящего среднего. Её спектральные свойства.

6. Аналитическое нахождение экстремума квадратической скалярной функции векторного аргумента. Понятие градиента и матрицы вторых производных.

7. Оценивание авторегрессионных параметров моделирующего фильтра. Связь авторегрессионного подхода к моделированию радиотехнических процессов и их описанию цепью Маркова. Примеры односвязных и многосвязных марковских процессов. Понятие и примеры полумарковских процессов.

8. Оценивание авторегрессионных параметров для авторегрессионной модели. Уравнение Юла – Уолкера.

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

10. Проблема обусловленности корреляционной матрицы при решении уравнения Юла – Уолкера. Методы регуляризации задачи обращения положительно определённой матрицы.

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

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 радиоотражений.

14. Евклидово пространство и его свойства. Основные понятия матричной алгебры. Теплоцевы, эрмитовы, диагональные корреляционные матрицы и их примеры из практики моделирования радиотехнических процессов.

15. Регуляризация матриц по Тихонову. Понятие спектра собственных значений, примеры использования собственных значений для реализации методов сверхразрешения (методы Писаренко, главных компонент).

16. Собственные вектора и собственные числа корреляционных матриц радиотехнических процессов. Физический смысл собственных векторов и собственных чисел, их свойства. Примеры синтеза фильтров по критерию минимизации или максимизации выходной мощности.

17. Влияние аддитивного белого гауссовского шума на корреляционные свойства моделируемых радиотехнических процессов.

18. Переопределённые системы линейных уравнений. Примеры использования переопределённых систем для поиска параметров авторегрессионных моделирующих фильтров. Понятие глубины переопределённости.

19. Построение модели линейного предсказания на базе переопределённого уравнения Юла – Уолкера.

20. Общие принципы моделирование стохастических радиосигналов и радиопомех. Их статистическое описание. Примеры моделирующих фильтров и их использование при оценке эффективности функционирования радиотехнических систем и устройств.

21. Метод взвешенной системы переопределённых линейных уравнений. Нахождение параметров авторегрессионной модели путём решения взвешенного переопределённого уравнения Юла – Уолкера.

22. Модификация уравнения Юла – Уолкера для переопределённого случая с целью регуляризации задачи обращения матриц. Недостатки регуляризации.

23. Спектральный подход к синтезу модели скользящего среднего. Учёт весов значимости спектральных компонент при синтезе моделирующего фильтра без обратных связей. Примеры синтеза моделей спектральным методом.

24. Виды случайных процессов: стационарные и нестационарные, эргодические и неэргодические, коррелированные и некоррелированные. Функции плотности вероятности случайных процессов. Аппроксимация экспериментальных функций плотности известными. Примеры функций плотности распределения вероятности случайных величин, их использование при моделировании в радиотехнических задачах.

25. Автокорреляционные матрицы случайных процессов. Понятие собственных векторов и чисел матрицы. Связь этих понятий с техническими параметрами: мощностью, направлением обработки, спектральными свойствами случайных процессов.

26. Выбор порядка моделирующего фильтра. Критерии выбора порядка, примеры использования многокритериального подхода. Спектральный подход к оценке адекватности моделей случайных процессов.

27. Моделирование гауссовских случайных величин и процессов. Центральная предельная теорема. Роль и место гауссовских процессов для моделирования радиотехнических сигналов.

28. Моделирование негауссовских процессов. Модели процессов с близкими к гауссовской функциями плотности распределения вероятностей. Метод обратной функции и метод отбрасывания образцов (RS-метод). Примеры негауссовских процессов в радиотехнике.

29. Понятие кусочной стационарности и разладки случайного процесса. Примеры использования кусочной стационарности в вокодерных системах связи.

30. Спектральные модели. Параметрические и непараметрические модели, их примеры. Достоинства и недостатки параметрического и непараметрического подходов.

31. Прямое и обратное преобразование Карунена – Лоева. Модификация спектра собственных значений для уменьшения влияния шумов. Понятие меры Фробениуса и его использование для оценки адекватности модели.

32. Перспективы развития математического моделирования в радиотехнике.

5 Контрольные вопросы для оценки сформированных компетенций

Примеры использования математических моделей для построения и оптимизации радиотехнических устройств и систем.

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.

Понятие модели. Цели и задачи моделирования процессов, устройств и систем в радиотехнике.

Ответ. Модель — это объект, заменяющий реальность. Модель создаётся 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.).

Виды моделей. Натурное моделирование, его недостатки и ограничения в использовании. Детерминированные (аналитические) и стохастические (имитационные) математические модели.

Ответ. Модели бывают натурными, предполагающими создание физического объекта, замещающего реальность, и идеальными, которые не предполагают создание физических объектов или процессов, а основаны на их описании. В радиотехнике широкое распространение получил один из видов идеальной модели — математическое моделирование, которое предполагает описание свойств радиотехнических устройств или систем 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).

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.

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.

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.

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.

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.

Влияние аддитивного белого гауссовского шума на автокорреляционные свойства моделируемых 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.

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.

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.

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.

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.

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 I нормированной к дисперсии автокорреляционной матрицей R является некоррелированным: если $R \rightarrow I$ с ростом длины выборки, то процесс некоррелированный.

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 I нормированной к дисперсии

автокорреляционной матрицей R является белым шумом: если $R \rightarrow I$ с ростом длины выборки, то процесс является некоррелированным шумом.

Функции плотности вероятности случайных процессов. Примеры функций плотности распределения вероятности случайных величин, их использование при математическом моделировании 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 моделирования 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.

6 Пример задания для практических занятий

1. Оценить основные статистические параметры (моменты распределения, функцию плотности распределения вероятностей, постоянную составляющую, энергию, полную мощность и мощность переменной составляющей) радиотехнического сигнала, заданного временным рядом, представленным последовательностью данных. Пример последовательности — реализация случайного коррелированного процесса (по вариантам заданий).

2. Произвести спектральный анализ заданной временной последовательности данных и выявить доминирующие частоты.

3. Построить авторегрессионную модель заданного процесса.

4. Оптимизировать порядок авторегрессионной модели по критерию минимума максимального модуля отклонения оценки энергетического спектра от контрольного, в качестве которого использовать авторегрессионную спектральную оценку с порядком авторегрессии (порядок указывается по вариантам).

5. Оптимизировать порядок авторегрессионной модели по критерию минимума среднеквадратического отклонения оценки энергетического спектра от контрольного, в качестве которого использовать авторегрессионную спектральную оценку с порядком авторегрессии (порядок указывается по вариантам).

6. Оптимизировать порядок авторегрессионной модели по комбинированному равновзвешенному критерию (минимума среднеквадратического отклонения и модуля максимального отклонения)

оценки энергетического спектра от контрольного, в качестве которого использовать авторегрессионную спектральную оценку с порядком авторегрессии (порядок указывается по вариантам).

7. Создать модель линейного фильтра 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.

8. Про моделировать прохождение заданного ранее процесса через синтезированный линейный фильтр.

9. 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 смоделированного ранее процесса.

10. Оценить теоретически коэффициенты прохождения процесса через линейный фильтр. Сопоставить коэффициенты с измеренными в ходе моделирования. Сделать выводы об адекватности статистического моделирования функционирования линейного фильтра.

10. Построить оптимальные фильтры выбеливания, режекции и выделения смоделированного процесса.

11. Оценить теоретически коэффициенты прохождения процесса через оптимальный обелитель, режектор и накопитель. Сопоставить коэффициенты с измеренными в ходе моделирования. Сделать выводы об адекватности статистического моделирования систем подавления и выделения радиотехнических сигналов.