

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)

**Б1.В.14 «Статистическая теория РТС»**

Направление подготовки

11.03.01 «Радиотехника»

Направленность (профиль) подготовки

«Радиотехнические системы локации, навигации и телевидения», «Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах», «Программно-аппаратные средства систем радиомониторинга и радиоэлектронной борьбы», «Аппаратно-программная инженерия радиолокационных и навигационных систем»

Уровень подготовки

бакалавриат

Программа подготовки

академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная; заочная

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.

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 вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

### ***Паспорт оценочных материалов по дисциплине***

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или её части)</b>	<b>Вид, метод, форма оценочного мероприятия</b>
1	Модели сигналов и помех в РТС	ПК-5	экзамен
2	Основы теории	ПК-5	экзамен

	обнаружения сигналов		
3	Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения сигналов	ПК-5	решение задач, экзамен
4	Различение сигналов	ПК-5	решение задач, экзамен
5	Оценивание параметров сигналов	ПК-5	решение задач, экзамен

### Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливая 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

### Вопросы к экзамену

1. Модели сигналов и помех
2. Нормальный белый шум
3. Основные показатели эффективности обнаружения
4. Критерии оптимальности обнаружения
5. Отношение правдоподобия
6. Обнаружение детерминированного сигнала
7. Согласованные фильтры
8. Характеристики обнаружения детерминированного сигнала
9. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой
10. Характеристики обнаружения сигнала со случайной начальной фазой
11. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой
12. Характеристики обнаружения сигнала со случайными амплитудой и

начальной фазой

13. Обнаружение когерентной пачки импульсов
14. Характеристики обнаружения когерентной пачки импульсов
15. Обнаружение некогерентной пачки импульсов
16. Характеристики обнаружения некогерентной пачки импульсов
17. Обнаружение сигналов на фоне небелого шума
18. Статистические критерии различения сигналов
19. Правила оптимального различения сигналов
20. Функции правдоподобия при различении сигналов
21. Различение двух сигналов
22. Полная вероятность ошибки при различении двух сигналов
23. Различение  $M$  сигналов
24. Критерии оценивания параметров сигналов
25. Функции правдоподобия при оценивании параметров сигналов
26. Оценивание энергетических параметров
27. Оценивание неэнергетических параметров
28. Оценивание частоты и совместное оценивание времени запаздывания и частоты

### **План практических занятий**

1. Обнаружение квазидетерминированных сигналов.
2. Обнаружение пачки импульсов.
3. Различение сигналов.
4. Оценивание параметров сигналов.

### **Типовые задачи для практических занятий**

#### ***Тема «Обнаружение квазидетерминированных сигналов»***

*Сигнал со случайной начальной фазой.* Для значений  $F_1 = 10^{-3}$  и  $F_2 = 10^{-5}$  по формуле на с. 19 определить величины порога обнаружения  $y_0$ .

Построить табл. для сигнала со случайной начальной фазой и, используя значения  $\Phi^{-1}(D)$ , пороги обнаружения  $y_0$  и формулу (3.35) для  $a$  на с. 20, определить  $q = a^2/2$  и  $q$ , дБ =  $10 \lg q$  для значений  $F_1$  и  $F_2$ .

На рис. 1 штриховыми кривыми построить рассчитанные характеристики обнаружения, обсудить их и сделать *выводы*.

*Сигнал со случайными амплитудой и начальной фазой.* Построить таблицу и, используя формулу для  $q$  на с. 22, определить  $q$ , дБ =  $10 \lg q$  для значений  $F_1$  и  $F_2$ .

На том же рис. 1 построить характеристики обнаружения, обсудить их и сделать *выводы*.

#### ***Тема «Обнаружение пачки импульсов»***

*Нефлюктуирующая пачка.* Из формул (3.35) и (3.53) следует, что величина  $q$  для пачки определяется делением на  $N$  аналогичной величины для сигнала со случайной начальной фазой или в децибелах вычитанием величины  $10\lg N$ . Построить табл. для значений  $F_1$  и  $F_2$ , вычитая величину  $10\lg N$  (например, при  $N = 20$ ) из значений  $q$ , дБ табл.

Построить характеристики обнаружения на рис. 2, обсудить их и сделать *выводы*.

*Совместно флюктуирующая пачка.* В этом случае величина  $q$  для пачки (см. формулу на с. 27) определяется делением на  $N$  аналогичной величины для сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Построить табл. 7, аналогичную табл. 6, вычитая величину  $10\lg N$  при  $N = 20$  из значений  $q$ , дБ табл. 5.

Построить характеристики обнаружения на том же рис. 2, обсудить их и сделать *выводы*.

### **Тема «Различение сигналов»**

Для двух сигналов ( $M = 2$ ) расчет проводится по формуле (4.27) на с. 41 с использованием таблицы интеграла вероятности [2], а для  $M > 2$  – по формуле (4.30) на с. 43. Исходные данные при  $M = 2$ :  $\rho = 0$  и  $-1$ ; значения  $a = 1,5$ ; 2; 3.

При  $M > 2$  используются результаты расчетов при  $M = 2$ . Вариант 1 –  $M_1 = 3$  и  $M_2 = 5$ . Вариант 2 –  $M_1 = 4$  и  $M_2 = 6$ . Вариант 3 –  $M_1 = 5$  и  $M_2 = 7$ . Результаты сводятся в табл.

При графическом построении для вероятности  $P_{\text{ош}}$  следует использовать логарифмический масштаб. Зависимости для  $M = 2$  и  $M > 2$  изображать на разных графиках. По результатам всех расчетов сделать *выводы*.

### **Тема «Оценивание параметров сигналов»**

Для среднеквадратичной ошибки измерения времени запаздывания  $\sigma_{\tau}$  используется формула (5.34) на с. 52. Исходные данные: для всех вариантов –  $N = 1$  и 10;  $a = 3, 5, 7, 9$ ; вариант 1 –  $\tau_{\text{и}} = 3$  и 4,5 мкс; вариант 2 –  $\tau_{\text{и}} = 4$  и 5,5 мкс; вариант 3 –  $\tau_{\text{и}} = 5$  и 6,5 мкс.

Для среднеквадратичной ошибки измерения частоты  $\sigma_f$  используется формула (5.37) на с. 53. Расчет проводится для двух значений  $T$  и значений  $a = 3, 5, 7, 9$ . Вариант 1 –  $T_1 = 0,5$  и  $T_2 = 1,25$  мс; вариант 2 –  $T_1 = 0,75$  и  $T_2 = 1,5$  мс; вариант 3 –  $T_1 = 1,0$  и  $T_2 = 2,0$  мс.

Зависимости среднеквадратичных ошибок измерения времени запаздывания  $\sigma_{\tau}$  и частоты  $\sigma_f$  от величины  $a$  строить на различных графиках, по которым сделать *выводы*.

## **Вопросы к итоговой аттестации**

1. Что такое отношение правдоподобия и что оно показывает? Нарисуйте структурную схему оптимального обнаружителя.
2. Каков алгоритм оптимального обнаружения детерминированного сигнала и какими устройствами он реализуется? Нарисуйте схемы обнаружителей.
3. Каковы характеристики согласованного фильтра и с чем они согласованы? По какому критерию согласованный фильтр является оптимальным?
4. Дайте определение характеристики обнаружения и порогового отношения сигнал/шум. Приведите исходные соотношения для определения вероятностей ложного  $F$  и правильного  $D$  обнаружения.
5. Приведите оптимальные правила и соответствующие структурные схемы различения двух детерминированных сигналов и сигналов с неизвестной начальной фазой.
6. От каких параметров различаемых сигналов зависит полная вероятность ошибки при различении двух сигналов? Какие сигналы являются оптимальными для различения и какие сигналы различить невозможно?
7. Приведите оптимальные правила и соответствующие структурные схемы различения двух детерминированных сигналов и сигналов с неизвестной начальной фазой.
8. От каких параметров различаемых сигналов зависит полная вероятность ошибки при различении двух сигналов? Какие сигналы являются оптимальными для различения и какие сигналы различить невозможно?
9. Какая оценка называется оценкой максимального правдоподобия (ОМП)? Запишите правило определения ОМП параметров сигнала. Дайте определение несмещенной оценки, эффективной оценки.
10. Приведите выражение для ОМП амплитуды сигнал и соответствующие структурные схемы измерителей. От какого параметра и каким образом зависит относительная погрешность оценивания амплитуды сигнала?
11. Запишите правило определения ОМП неэнергетического параметра сигнала и приведите структурные схемы измерителей времени запаздывания. От каких параметров и каким образом зависит среднеквадратичная ошибка времени запаздывания?

### **Вопросы для контроля остаточных знаний**

1. Какой критерий обеспечивает минимум полной вероятности ошибки?
  - 1) критерий идеального наблюдателя;
  - 2) критерий Неймана-Пирсона;
  - 3) критерий последовательного наблюдателя.
2. Какой критерий обеспечивает наибольшую вероятность правильного обнаружения?
  - 1) критерий идеального наблюдателя;

- 2) критерий Неймана-Пирсона;
  - 3) критерий последовательного наблюдателя.
3. Какой критерий обладает выигрышем в среднем времени обнаружения?
    - 1) критерий идеального наблюдателя;
    - 2) критерий Неймана-Пирсона;
    - 3) критерий последовательного наблюдателя.
  4. При какой величине отношения правдоподобия выносятся решение о наличии сигнала?
    - 1) меньшей порогового уровня обнаружения;
    - 2) большей порогового уровня обнаружения;
    - 3) любой положительной величине.
  5. Какие вероятностные показатели вычисляются для критерия идеального наблюдателя?
    - 1) полная вероятность ошибки;
    - 2) вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения;
    - 3) вероятности пропуска сигнала и ложной тревоги и среднее время обнаружения.
  6. Какие вероятностные показатели вычисляются для критерия Неймана-Пирсона?
    - 1) полная вероятность ошибки;
    - 2) вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения;
    - 3) вероятности пропуска сигнала и ложной тревоги и среднее время обнаружения.
  7. Какие вероятностные показатели вычисляются для критерия последовательного наблюдателя?
    - 1) полная вероятность ошибки;
    - 2) вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения;
    - 3) вероятности пропуска сигнала и ложной тревоги и среднее время обнаружения.
  8. Какой является импульсная характеристика согласованного фильтра?
    - 1) треугольной;
    - 2) зеркальным отражением формы сигнала;
    - 3) совпадающей с формой сигнала.
  9. Какой является амплитудно-частотная характеристика согласованного фильтра?
    - 1) равномерной;
    - 2) обратной амплитудно-частотному спектру сигнала;
    - 3) совпадающей с амплитудно-частотным спектром сигнала.
  10. Какой является фазочастотная характеристика согласованного фильтра?
    - 1) равной фазочастотному спектру сигнала с обратным знаком;
    - 2) совпадающей с фазочастотным спектром сигнала;
    - 3) линейно зависимой от частоты.



11. Какие зависимости называются характеристиками обнаружения?
- 1) вероятности правильного обнаружения от вероятности ложной тревоги;
  - 2) вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал/шум;
  - 3) вероятности ложной тревоги от порога обнаружения.
12. Какое отношение сигнал/шум называется пороговым?
- 1) равное единице;
  - 2) обеспечивающее заданную вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги;
  - 3) равное порогу обнаружения.
13. Как влияет уменьшение вероятности ложной тревоги на пороговое отношение сигнал/шум?
- 1) пороговое отношение уменьшается;
  - 2) пороговое отношение не меняется;
  - 3) пороговое отношение увеличивается.
14. Как зависит пороговое отношение сигнал/шум от числа импульсов когерентной пачки?
- 1) обратно пропорционально числу импульсов;
  - 2) прямо пропорционально числу импульсов;
  - 3) не зависит от числа импульсов.
15. Как изменяется проигрыш в пороговом отношении сигнал/шум при некогерентном обнаружении по сравнению с когерентным с ростом числа импульсов в пачке?
- 1) проигрыш уменьшается;
  - 2) проигрыш не меняется;
  - 3) проигрыш увеличивается.
16. Как зависит погрешность оценивания параметров сигналов от отношения сигнал/шум?
- 1) прямо пропорциональна отношению сигнал/шум;
  - 2) не зависит от отношения сигнал/шум;
  - 3) обратно пропорциональна отношению сигнал/шум.

Составил  
профессор каф. РТС  
доктор техн. наук

Д.И. Попов

Заведующий кафедрой РТС  
д.т.н., профессор

В.И. Кошелев