

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации**

Образовательная программа: 11.04.01 Радиотехника, магистерская программа: Статистические методы обработки сигналов и изображений

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет радиотехники и электроники,

| №  | Вид деятельности                                                                                     | Семестр    |            |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|    |                                                                                                      | 2          | 3          |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 4          | 4          |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 144        | 144        |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 63         | 52         |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 0          | 0          |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36         | 36         |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 18         | 0          |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 24         | 12         |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2          | 2          |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 7          | 14         |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 81         | 92         |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ контр. | РГЗ контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | Э          | Э          |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.04.01 Радиотехника

ФГОС введен в действие приказом №1409 от 30.10.2014 г. , дата утверждения: 25.11.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.04.01 Радиотехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТОР, протокол заседания кафедры №3 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Соколова Д. О.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Спектор А. А.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталеv В. А.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция НГТУ: ПК.20.В Способность к проведению научно-исследовательских разработок в радиотехнических системах; в части следующих результатов обучения:</b> |
| з8. знать методы различения сигналов                                                                                                                               |
| з9. знать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов                                                                                                      |
| у7. уметь анализировать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов, различения сигналов                                                                   |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть) | Формы организации занятий |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|

### Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации

|                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК.20.В.з8 знать методы различения сигналов</b>                                                                                                                                                                                            |                                                                         |
| 1. Уметь определять характеристики качества систем различения ансамблей сигналов, конструировать оптимальные для различения ансамбли                                                                                                          | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>ПК.20.В.з9 знать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов</b>                                                                                                                                                                   |                                                                         |
| 2. Иметь представление о видах инфокоммуникационных системах и системах связи, решаемых ими содержательных задачах, физических принципах, на которых основано их решение                                                                      | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 3. Иметь представление о роли математических моделей сигналов и помех, действующих в инфокоммуникационных системах и системах связи                                                                                                           | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 4. Иметь представление о типах статистических задач обработки информации в инфокоммуникационных системах и системах связи - различении и обнаружении сигналов, измерении и фильтрации их параметров, разрешении и распознавании радиосигналов | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 5. Иметь представление о роли статистических критериев оптимальности при синтезе оптимальных процедур обработки информации в инфокоммуникационных системах и системах связи                                                                   | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 6. Иметь представление о методах статистического синтеза оптимальных процедур обработки информации и методах вероятностного анализа характеристик качества инфокоммуникационных систем и систем связи                                         | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 7. Иметь представление о принципах построения сетей связи и методах их описания                                                                                                                                                               | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 8. Знать принципы передачи информации по каналам подвижной связи, связь между параметрами полезных сигналов и полезной информацией.                                                                                                           | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 9. Знать классификацию статистических задач извлечения полезной информации из полезного сигнала, наблюдаемого при действии помех                                                                                                              | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 10. Знать сущность байесовской стратегии, применяемой при решении всех информационных проблем в инфокоммуникационных системах и системах связи, методы максимума апостериорного распределения вероятностей и максимального правдоподобия      | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 11. Знать основы теории частотного, временного и кодового разделения сигналов; роль двумерной корреляционной функции при определении потенциальных характеристик инфокоммуникационных систем и систем связи                                   | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 12. Знать методы цифровой модуляции и демодуляции, помехоустойчивого кодирования и декодирования                                                                                                                                              | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| 13. Знать основы теории синхронизации в инфокоммуникационных системах и системах связи                                                                                                                                                        | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| 14. Знать принципы построения систем подвижной связи с множественным доступом; сети связи и принципы их исследования и проектирования                                                                                                         | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |

| <b>ПК.20.В.у7 уметь анализировать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов, различения сигналов</b>                                                                                                                                                                                                                           |                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>15.</b> Знать содержание и решение задачи различения ансамблей сигналов; примеры ее решения для полностью известных сигналов и для ансамблей радиосигналов со случайными начальными фазами                                                                                                                                            | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>16.</b> Знать постановку и решение задач оценки параметров полезных сигналов, наблюдаемых при действии помех; примеры применения общего подхода: измерение времени прихода радиосигнала, его частоты, амплитуды, совместное измерение нескольких параметров                                                                           | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| <b>17.</b> Знать постановку и решение задачи фильтрации меняющегося параметра сигнала; марковские модели, основанную на них рекуррентную фильтрацию                                                                                                                                                                                      | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>18.</b> Знать содержание и математическую постановку задачи обнаружения сигналов, ее общее байесовское решение; основные результаты применения байесовского метода к решению задач обнаружения сигналов в инфокоммуникационных системах и системах связи.                                                                             | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>19.</b> Уметь использовать статистические методы для определения оптимальных алгоритмов выделения информации из полезных сигналов и нахождения на этой основе структурных схем устройств обработки                                                                                                                                    | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>20.</b> Уметь находить оптимальные процедуры оценивания параметров сигналов, выполнять исследование ошибок оценивания; определять требования к системе, исключаяющие возникновение аномальных ошибок.                                                                                                                                 | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>21.</b> Уметь находить двумерные корреляционные функции когерентных радиосигналов и выполнять их исследование, определять на этой основе потенциальные возможности инфокоммуникационных систем и систем связи по обнаружению, измерению параметров, разделению радиосигналов                                                          | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>22.</b> Уметь решать задачи анализа устройств обнаружения сигналов как для нахождения вероятностей ложной тревоги и правильного обнаружения (прямая задача анализа), так и для определения требований к параметрам инфокоммуникационных систем и систем связи, обеспечивающим заданные вероятностные характеристики (обратная задача) | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>23.</b> Уметь синтезировать простейшие процедуры фильтрации изменяющихся параметров сигналов на основе марковской теории фильтрации                                                                                                                                                                                                   | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>24.</b> Уметь определять по заданным требованиям структуру и технические параметры устройств обработки информации в составе инфокоммуникационных систем и систем связи, пользоваться методами вычислительной математики и средствами вычислительной техники для поиска оптимальных решений при разработке радиосистем                 | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |
| <b>25.</b> Уметь выполнять анализ основных характеристик сетей связи - нагрузки на сеть, ее емкости и спектральной эффективности                                                                                                                                                                                                         | Практические занятия;<br>Самостоятельная работа                         |
| <b>26.</b> Иметь опыт решения теоретических задач, возникающих в процессе разработки инфокоммуникационных систем и систем связи                                                                                                                                                                                                          | Практические занятия;<br>Лабораторные работы;<br>Самостоятельная работа |

### 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лабораторных работ                                                        | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                              |                      |      |                               |                                                                                         |
| <b>Дидактическая единица: Обнаружение сигналов в радиотехнических системах</b> |                      |      |                               |                                                                                         |
| 1. Обнаружение сигналов в радиотехнических системах                            | 4                    | 10   | 11, 24, 26, 3, 5              | Анализируют существующие алгоритмы обнаружения, разрабатывают их программную реализацию |
| <b>Дидактическая единица: Различение сигналов</b>                              |                      |      |                               |                                                                                         |
| 2. Различение сигналов                                                         | 4                    | 8    | 12, 16, 24, 5, 6              | Анализируют существующие алгоритмы различения, разрабатывают их программную реализацию  |

Таблица 3.2

| Темы практических занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Дидактическая единица: Носители информации и помехи в инфокоммуникационных системах и системах связи</b>                                                                                                                                                                                                               |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1. Классификация задач, решаемых инфокоммуникационными системами и системами связи при передаче и приеме информации. Задачи обработки информации в инфокоммуникационных системах и системах связи                                                                                                                         | 4                    | 6    | 2, 4, 7, 8, 9                 | изучают виды ССПО , решаемые задачи                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2. Поля, сигналы, помехи. Пространственно-временные и временные сигналы. Вероятностное описание помех. Вероятностные модели радиосигналов, принимаемых подвижными объектами. Вероятностные модели радиоканалов. Классификация статистических задач радиоприема. Байесовское обнаружение радиосигналов                     | 2                    | 4    | 10, 3, 4, 7, 8                | изучают поля, сигналы, помехи. Пространственно-временные и временные сигналы. Вероятностное описание помех. Вероятностные модели радиосигналов, принимаемых подвижными объектами. Вероятностные модели радиоканалов. Классификация статистических задач радиоприема. Байесовское обнаружение радиосигналов |
| <b>Дидактическая единица: Обнаружение сигналов в радиотехнических системах</b>                                                                                                                                                                                                                                            |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3. Гауссовские модели помех. Белый шум, функционал плотности вероятности. Обнаружение полностью известного сигнала. Приемник Котельникова. Характеристики обнаружения                                                                                                                                                     | 4                    | 6    | 11, 15, 18, 3, 5              | изучают Гауссовские модели помех. Белый шум, функционал плотности вероятности. Обнаружение полностью известного сигнала. Приемник Котельникова. Характеристики обнаружения                                                                                                                                 |
| 4. Соотношение между коррелятором и согласованным фильтром. Обнаружители Неймана-Пирсона и Котельникова, определение порогов.                                                                                                                                                                                             | 0                    | 4    | 22, 24, 26, 5, 6              | анализируют различия коррелятора и согласованного фильтра, анализируют критерии оптимальности                                                                                                                                                                                                              |
| 5. Сведение сложных гипотез к простым при обнаружении сигналов со случайными параметрами с известными законами распределения. Обнаружение радиосигналов со случайными начальными фазами и амплитудами, структура обнаружителей, расчет вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги, характеристики обнаружения. | 2                    | 4    | 10, 12, 15, 16, 22, 6         | рассматривают способы обнаружения основных типов сигналов, рассчитывают характеристики обнаружения                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Дидактическая единица: Различение сигналов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |                  |                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------------|-------------------------------------------------|
| 6. Байесовский критерий различения детерминированных сигналов. Правила оптимального различения (минимума условного риска, максимума апостериорной вероятности, максимума правдоподобия).                                                                                                                                                         | 0 | 4 | 12, 22, 5        | Решение задач                                   |
| 7. Структура оптимального различителя детерминированных сигналов. Вероятности ошибок различения. Оптимальные ансамбли детерминированных сигналов. Оптимальное различение радиосигналов со случайными начальными фазами. Оптимальные ансамбли радиосигналов со случайными фазами. Принципы частотного, временного и кодового разделения сигналов. | 0 | 4 | 16, 24, 6        | Решение задач                                   |
| <b>Дидактическая единица: Многоканальная связь и многостанционный доступ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |                  |                                                 |
| 8. Системы с множественным доступом. Сети связи, их архитектура и топология. Основные принципы многостанционного доступа. Модели нагрузки на сеть. Емкость и спектральная эффективность сети. Основы проектирования оптимальной сети. Основы управления сетью с большой зоной обслуживания.                                                      | 4 | 4 | 21, 25, 7        | Решение задач. Работа со справочной литературой |
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |                  |                                                 |
| <b>Дидактическая единица: Оценка параметров сигналов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |                  |                                                 |
| 8. Байесовские оценки случайных параметров сигналов при различных функциях потерь. Вычисление апостериорных распределений и их связь с функциями правдоподобия. Оценки, не использующие априорных сведений об измеряемом параметре. Границы Крамера-Рао для дисперсий, эффективные оценки.                                                       | 4 | 4 | 13, 17, 20, 5, 6 | Решение задач. Работа со справочной литературой |
| 9. Оценки амплитуды, фазы, частоты, запаздывания радиосигнала. Факторы, влияющие на точность оценок. Аномальные ошибки измерения. Раздельные и совместные оценки запаздывания и частоты сигналов со случайной фазой. Требования к частотно-временной функции неопределенности.                                                                   | 0 | 4 | 13, 17, 20, 5, 6 | Решение задач                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |                  |                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------------|-------------------------------------------------|
| 10. Основы теории синхронизации. Когерентная и квазикогерентная передача данных.                                                                                                                                                                                                       | 4 | 4 | 13, 17, 20, 5, 6 | Работа со справочной литературой                |
| <b>Дидактическая единица: Фильтрация сигналов</b>                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |                  |                                                 |
| 9. Марковские модели изменяющихся параметров сигналов. Рекуррентное вычисление апостериорных распределений. Уравнение и структура дискретного фильтра Калмана                                                                                                                          | 4 | 6 | 14, 18, 23, 6    | Решение задач. Работа со справочной литературой |
| <b>Дидактическая единица: Синхронизация в СПИ</b>                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |                  |                                                 |
| 10. Понятие о разрешении и разрешающей способности. Функции неопределенности когерентных радиосигналов. Сложные сигналы. Примеры сложных сигналов - ЛЧМ-сигнал, фазоманипулированные сигналы на основе кодов Баркера и М-последовательностей.                                          | 0 | 6 | 1, 24, 4         | Решение задач                                   |
| 11. Разрешение по запаздыванию и частоте. Требования к частотно-временной функции неопределенности и их параллель с требованиями к точности частотно-временных измерений. Принцип неопределенности и идеальное тело неопределенности. Тела неопределенности характерных радиосигналов. | 0 | 4 | 1, 24, 4         | Решение задач                                   |
| 12. Понятие о задачах синтеза сигналов с заданными характеристиками частотно-временного разрешения.                                                                                                                                                                                    | 0 | 2 | 1, 24, 4         | Решение задач                                   |
| 13. Методы цифровой спектрально-эффективной модуляции и демодуляции. Эффективное и помехоустойчивое кодирование                                                                                                                                                                        | 0 | 4 | 19, 20           | Решение задач                                   |
| <b>Дидактическая единица: Принципы радиоприема в условиях помех, многолучевости</b>                                                                                                                                                                                                    |   |   |                  |                                                 |
| 13. Обзор содержания курса. Перспективы развития систем связи с подвижными объектами и связанные с этим задачи теории ССПО.                                                                                                                                                            | 0 | 2 | 2, 26, 7         | Решение задач                                   |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                 | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 2</b> |                             |                               |                    |                      |
| 1                 | Контрольные работы          | 14, 18, 8, 9                  | 10                 | 0                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                         |    |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|----|---|
| Подготовка к контрольной работе по материалам практических занятий: Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245">http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245</a> . - Загл. с экрана.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                         |    |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | РГЗ                     | 14, 18, 19, 22, 24, 9                                   | 20 | 3 |
| Выполнение заданий: Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                         |    |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Подготовка к занятиям   | 1, 10, 12, 13, 18, 19, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9           | 31 | 2 |
| Изучение теоретического материала, знакомство со справочниками: Радиотехнические системы : методическое руководство к лабораторным работам №1-4 по курсам "Радиотехнические системы" и "Основы теории систем связи с подвижными объектами" для 4 и 5 курсов факультета радиотехники, электроники и физики (радиотехнические направления) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Молчанов, А. А. Спектор]. - Новосибирск, 2008. - 45, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar</a> Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar</a> Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245">http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245</a> . - Загл. с экрана. |                         |                                                         |    |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Подготовка к аттестации | 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 7, 8, 9 | 20 | 2 |
| Подготовка к экзамену по материалам практических занятий: Радиотехнические системы : методическое руководство к лабораторным работам №1-4 по курсам "Радиотехнические системы" и "Основы теории систем связи с подвижными объектами" для 4 и 5 курсов факультета радиотехники, электроники и физики (радиотехнические направления) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Молчанов, А. А. Спектор]. - Новосибирск, 2008. - 45, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar</a> Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar</a> Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245">http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245</a> . - Загл. с экрана.       |                         |                                                         |    |   |
| <b>Семестр: 3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                                                         |    |   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Контрольные работы      | 16, 20, 9                                               | 25 | 0 |
| Подготовка к контрольной работе по материалам практических занятий: Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245">http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245</a> . - Загл. с экрана.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                         |    |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | РГЗ                     | 15, 16, 20, 21, 23, 24, 9                               | 17 | 5 |
| Выполнение заданий: Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                         |    |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Подготовка к занятиям   | 1, 13, 15, 16, 2, 20, 21, 23, 3, 4, 5, 6, 8, 9          | 30 | 4 |

Изучение теоретического материала, знакомство со справочниками: Радиотехнические системы : методическое руководство к лабораторным работам №1-4 по курсам "Радиотехнические системы" и "Основы теории систем связи с подвижными объектами" для 4 и 5 курсов факультета радиотехники, электроники и физики (радиотехнические направления) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Молчанов, А. А. Спектор]. - Новосибирск, 2008. - 45, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar> Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06\\_molchanov.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar) Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: [http://elibrary.ru/title\\_items.asp?id=58245](http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245). - Загл. с экрана.

|   |                         |                                                                                         |    |   |
|---|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
| 4 | Подготовка к аттестации | 10, 11, 12, 13,<br>14, 15, 16, 17,<br>18, 19, 20, 21,<br>22, 23, 24, 25,<br>26, 7, 8, 9 | 20 | 5 |
|---|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|---|

Подготовка к экзамену по материалам практических занятий: Радиотехнические системы : методическое руководство к лабораторным работам №1-4 по курсам "Радиотехнические системы" и "Основы теории систем связи с подвижными объектами" для 4 и 5 курсов факультета радиотехники, электроники и физики (радиотехнические направления) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Молчанов, А. А. Спектор]. - Новосибирск, 2008. - 45, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar> Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06\\_molchanov.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar) Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: [http://elibrary.ru/title\\_items.asp?id=58245](http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245). - Загл. с экрана.

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Информирование                | Личный типовой сайт: <a href="http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/33023">http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/33023</a> |
| Консультирование              | e-mail: <a href="mailto:d.sokolova@corp.nstu.ru">d.sokolova@corp.nstu.ru</a>                                 |
| Контроль                      | e-mail: <a href="mailto:d.sokolova@corp.nstu.ru">d.sokolova@corp.nstu.ru</a>                                 |
| Размещение учебных материалов | Личный типовой сайт: <a href="http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/33023">http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/33023</a> |

Таблица 5.2

### Активные и интерактивные формы проведения занятий

| №                                                                                                                           | Наименование активных форм | Коды формируемых компетенций |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                                                                                                                           | Метод проектов             | ПК.20.В                      |
| <b>Формируемые умения:</b> у7. уметь анализировать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов, различения сигналов |                            |                              |
| <b>Краткое описание применения:</b> Применяется при выполнении РГЗ                                                          |                            |                              |
| 2                                                                                                                           | РКМЧП                      | ПК.20.В                      |
| <b>Формируемые умения:</b> з9. знать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов                                    |                            |                              |
| <b>Краткое описание применения:</b>                                                                                         |                            |                              |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся | Мин. балл | Максимальный балл |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                         |           |                   |
| Лабораторная:                             | 10        | 20                |
| Контрольные работы:                       | 5         | 10                |
| РГЗ:                                      | 15        | 30                |
| Экзамен:                                  | 0         | 40                |
| <b>Семестр: 3</b>                         |           |                   |
| Контрольные работы:                       | 10        | 20                |
| РГЗ:                                      | 20        | 40                |
| Экзамен:                                  | 20        | 40                |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                      | Формы контроля |            |         |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|---------|
|                       |                                                                                                          | Контр. раб.    | Защита РГЗ | Экзамен |
|                       | ПК.20.В з8. знать методы различения сигналов                                                             |                |            | +       |
|                       | ПК.20.В з9. знать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов                                    | +              | +          | +       |
|                       | ПК.20.В у7. уметь анализировать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов, различения сигналов | +              | +          | +       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Шахтарин Б. И. Обнаружение сигналов : [учебное пособие для вузов] / Б. И. Шахтарин. - М., 2006. - 526 с. : ил., табл.
2. Радиотехнические системы : методическое руководство к лабораторным работам №1-4 по курсам "Радиотехнические системы" и "Основы теории систем связи с подвижными объектами" для 4 и 5 курсов факультета радиотехники, электроники и физики (радиотехнические направления) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Н. Молчанов, А. А. Спектор]. - Новосибирск, 2008. - 45, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3516.rar>

### Дополнительная литература

1. Дьяконов В. П. Энциклопедия Mathcad 2001i И Mathcad 11 / В. П. Дьяконов. - М., 2004. - 831 с. : ил. + 1 CD-ROM.

2. Богданович В. А. Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов : [Монография] / В. А. Богданович, А. Г. Вострецов. - М., 2003. - 318 с. : ил.
3. Боровков А. А. Математическая статистика : оценка параметров. проверка гипотез: учебное пособие для вузов / А. А. Боровков. - М., 1984. - 472 с.
4. Сkläр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Сkläр ; [пер. с англ. Е. Г. Грозы и др.]. – М. [и др.] : Вильямс, 2003. – 1104 с.
5. Телекоммуникационные системы и сети. [В 3 т.]. Т. 2 : [учебное пособие для вузов по специальности "Связь"] / Г. П. Катунин [и др.] ; под ред. В. П. Шувалова. - М., 2005. - 672 с. : ил.
6. Средства связи с подвижными объектами : методическое руководство к лабораторным работам по курсам "Основы теории систем связи с подвижными объектами" и "Системы и сети связи с подвижными объектами" для студентов 4 курса факультета радиотехники, электроники и физики (радиотехническое направление) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. : А. А. Спектор, М. А. Райфельд]. - Новосибирск, 2004. - 60 с. : ил.

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

### **8. Методическое и программное обеспечение**

#### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Телекоммуникации и информационные технологии [Электронный ресурс] : электронный научный журнал. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2014-2016. - Режим доступа: [http://elibrary.ru/title\\_items.asp?id=58245](http://elibrary.ru/title_items.asp?id=58245). - Загл. с экрана.
2. Радиотехнические системы : сборник задач для индивидуальных занятий студентов / А. Н. Молчанов, А. М. Райфельд, А. А. Спектор, И. С. Тырышкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 76, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06\\_molchanov.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_molchanov.rar)

#### *8.2 Специализированное программное обеспечение*

- 1 MATLAB Communications Toolbox
- 2 MATLAB

### **9. Материально-техническое обеспечение**

Презентационное оборудование

| № | Наименование           | Назначение                                     |
|---|------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | Терминальный класс №15 | Используется при проведении лабораторных работ |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталев  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации**

Образовательная программа: 11.04.01 Радиотехника, магистерская программа:

Статистические методы обработки сигналов и изображений

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                             | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки) | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Этапы оценки компетенций                                                   |                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                                                                                     |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)              | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)                 |
| ПК.20.В<br>Способность к проведению научно-исследовательских разработок в радиотехнических системах | 38. знать методы различения сигналов                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Понятие о задачах синтеза сигналов с заданными характеристиками частотно-временного разрешения.</li> <li>Понятие о разрешении и разрешающей способности. Функции неопределенности когерентных радиосигналов. Сложные сигналы. Примеры сложных сигналов - ЛЧМ-сигнал, фазоманипулированные сигналы на основе кодов Баркера и М-последовательностей.</li> <li>Разрешение по запаздыванию и частоте. Требования к частотно-временной функции неопределенности и их параллель с требованиями к точности частотно-временных измерений. Принцип неопределенности и идеальное тело неопределенности. Тела неопределенности характерных радиосигналов.</li> </ul> | Контрольная работа 1<br><br>РГЗ 1<br><br>Контрольная работа 2<br><br>РГЗ 2 | Экзамен 1 (вопросы 1-14)<br><br>Экзамен 2 (вопросы 15-35) |
| ПК.20.В                                                                                             | 39. знать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Байесовские оценки случайных параметров сигналов при различных функциях потерь. Вычисление апостериорных распределений и их связь с функциями правдоподобия. Оценки, не использующие априорных сведений об измеряемом параметре. Границы Крамера-Рао для дисперсий, эффективные оценки.</li> <li>Байесовский критерий различения детерминированных сигналов. Правила оптимального различения (минимума условного риска, максимума апостериорной вероятности, максимума правдоподобия).</li> <li>Гауссовские модели помех. Белый шум, функционал плотности вероятности.</li> </ul>                                                                         | Контрольная работа 1<br><br>РГЗ 1<br><br>Контрольная работа 2<br><br>РГЗ 2 | Экзамен 1 (вопросы 1-14)<br><br>Экзамен 2 (вопросы 15-35) |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>Обнаружение полностью известного сигнала. Приемник Котельникова. Характеристики обнаружения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Классификация задач, решаемых инфокоммуникационными системами и системами связи при передаче и приеме информации. Задачи обработки информации в инфокоммуникационных системах и системах связи</li> <li>• Марковские модели изменяющихся параметров сигналов. Рекуррентное вычисление апостериорных распределений. Уравнение и структура дискретного фильтра Калмана</li> <li>• Обзор содержания курса. Перспективы развития систем связи с подвижными объектами и связанные с этим задачи теории ССПО.</li> <li>• Обнаружение сигналов в радиотехнических системах</li> <li>• Основы теории синхронизации. Когерентная и квазикогерентная передача данных.</li> <li>• Оценки амплитуды, фазы, частоты, запаздывания радиосигнала. Факторы, влияющие на точность оценок. Аномальные ошибки измерения. Раздельные и совместные оценки запаздывания и частоты сигналов со случайной фазой. Требования к частотно-временной функции неопределенности.</li> <li>• Поля, сигналы, помехи. Пространственно-временные и временные сигналы. Вероятностное описание помех. Вероятностные модели радиосигналов, принимаемых подвижными объектами. Вероятностные модели радиоканалов. Классификация статистических задач радиоприема. Байесовское обнаружение радиосигналов</li> <li>• Понятие о задачах синтеза сигналов с заданными характеристиками частотно-временного разрешения.</li> <li>• Понятие о разрешении и разрешающей способности. Функции неопределенности когерентных радиосигналов. Сложные сигналы. Примеры сложных сигналов - ЛЧМ-</li> </ul> |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>сигнал, фазоманипулированные сигналы на основе кодов Баркера и M-последовательностей.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Различение сигналов</li> <li>• Разрешение по запаздыванию и частоте. Требования к частотно-временной функции неопределенности и их параллель с требованиями к точности частотно-временных измерений. Принцип неопределенности и идеальное тело неопределенности. Тела неопределенности характерных радиосигналов.</li> <li>• Сведение сложных гипотез к простым при обнаружении сигналов со случайными параметрами с известными законами распределения. Обнаружение радиосигналов со случайными начальными фазами и амплитудами, структура обнаружителей, расчет вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги, характеристики обнаружения.</li> <li>• Системы с множественным доступом. Сети связи, их архитектура и топология. Основные принципы многостанционного доступа. Модели нагрузки на сеть. Емкость и спектральная эффективность сети. Основы проектирования оптимальной сети. Основы управления сетью с большой зоной обслуживания.</li> <li>• Соотношение между коррелятором и согласованным фильтром. Обнаружители Наймана-Пирсона и Котельникова, определение порогов.</li> <li>• Структура оптимального различителя детерминированных сигналов. Вероятности ошибок различения. Оптимальные ансамбли детерминированных сигналов. Оптимальное различение радиосигналов со случайными начальными фазами. Оптимальные ансамбли радиосигналов со случайными фазами. Принципы частотного, временного и кодового разделения сигналов.</li> </ul> |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|         |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                   |                                                                  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ПК.20.В | у7. уметь анализировать методы обнаружения и оценивания параметров сигналов, различения сигналов | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Байесовские оценки случайных параметров сигналов при различных функциях потерь. Вычисление апостериорных распределений и их связь с функциями правдоподобия. Оценки, не использующие априорных сведений об измеряемом параметре. Границы Крамера-Рао для дисперсий, эффективные оценки.</li> <li>• Байесовский критерий различения детерминированных сигналов. Правила оптимального различения (минимума условного риска, максимума апостериорной вероятности, максимума правдоподобия).</li> <li>• Гауссовские модели помех. Белый шум, функционал плотности вероятности. Обнаружение полностью известного сигнала. Приемник Котельникова. Характеристики обнаружения</li> <li>• Марковские модели изменяющихся параметров сигналов. Рекуррентное вычисление апостериорных распределений. Уравнение и структура дискретного фильтра Калмана</li> <li>• Методы цифровой спектрально-эффективной модуляции и демодуляции. Эффективное и помехоустойчивое кодирование</li> <li>• Обзор содержания курса. Перспективы развития систем связи с подвижными объектами и связанные с этим задачи теории ССПО.</li> <li>• Обнаружение сигналов в радиотехнических системах</li> <li>• Основы теории синхронизации. Когерентная и квазикогерентная передача данных.</li> <li>• Оценки амплитуды, фазы, частоты, запаздывания радиосигнала. Факторы, влияющие на точность оценок. Аномальные ошибки измерения. Раздельные и совместные оценки запаздывания и частоты сигналов со случайной фазой. Требования к частотно-временной функции неопределенности.</li> <li>• Понятие о задачах синтеза</li> </ul> | <p>Контрольная работа 1</p> <p>РГЗ 1</p> <p>Контрольная работа 2</p> <p>РГЗ 2</p> | <p>Экзамен 1 (вопросы 1-14)</p> <p>Экзамен 2 (вопросы 15-35)</p> |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>сигналов с заданными характеристиками частотно-временного разрешения.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Понятие о разрешении и разрешающей способности. Функции неопределенности когерентных радиосигналов. Сложные сигналы. Примеры сложных сигналов - ЛЧМ-сигнал, фазоманипулированные сигналы на основе кодов Баркера и М-последовательностей.</li> <li>• Различение сигналов<br/>Разрешение по запаздыванию и частоте. Требования к частотно-временной функции неопределенности и их параллель с требованиями к точности частотно-временных измерений. Принцип неопределенности и идеальное тело неопределенности. Тела неопределенности характерных радиосигналов.</li> <li>• Сведение сложных гипотез к простым при обнаружении сигналов со случайными параметрами с известными законами распределения. Обнаружение радиосигналов со случайными начальными фазами и амплитудами, структура обнаружителей, расчет вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги, характеристики обнаружения.</li> <li>• Системы с множественным доступом. Сети связи, их архитектура и топология. Основные принципы многостанционного доступа. Модели нагрузки на сеть. Емкость и спектральная эффективность сети. Основы проектирования оптимальной сети. Основы управления сетью с большой зоной обслуживания.</li> <li>• Соотношение между коррелятором и согласованным фильтром. Обнаружители Неймана-Пирсона и Котельникова, определение порогов.</li> <li>• Структура оптимального различителя детерминированных сигналов. Вероятности ошибок различения. Оптимальные ансамбли детерминированных</li> </ul> |  |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                          |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | сигналов. Оптимальное различение радиосигналов со случайными начальными фазами. Оптимальные ансамбли радиосигналов со случайными фазами. Принципы частотного, временного и кодового разделения сигналов. |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре – в форме экзамена. В 3 семестре итоговая аттестация проводится в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.20.В.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

Во втором и третьем семестрах обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (РГЗ) и контрольная работа. Требования к выполнению указанных видов работ, состав и правила оценки сформулированы в соответствующих паспортах РГЗ, контрольных работ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.20.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт экзамена

## 1. Методика оценки

## Форма экзаменационного билета

**Билет №**

## 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0-19 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20-28 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *29-34 балла*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если

студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *35-40 баллов*.

### **3. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### **4. Вопросы к экзамену**

1. Основные задачи оптимального приема сигналов.
2. Апостериорная вероятность.
3. Корреляционный прием сигналов.
4. Согласованная фильтрация сигналов.
5. Критерии оптимального обнаружения.
6. Обнаружение детерминированных сигналов по критерию Неймана-Пирсона.
7. Обнаружение радиосигнала со случайной фазой по критерию Неймана-Пирсона.
8. Обнаружение радиосигнала с частично известной фазой по критерию Неймана-Пирсона.
9. Обнаружение радиосигнала со случайной фазой и амплитудой по критерию Неймана-Пирсона.
10. Обнаружение сигналов при дискретной обработке.
11. Различение детерминированных сигналов.
12. Различение радиосигналов со случайной начальной фазой.
13. Различение радиосигналов с частично известной фазой.
14. Различение радиосигналов с замираниями.
15. Оптимальный прием зависимых сигналов.
16. Оценка неэнергетических параметров сигнала.
17. Оценка неэнергетических параметров сигнала с неизвестной начальной фазой
18. Оценка энергетического параметра
19. Оценка амплитуды детерминированного импульса
20. Оценка амплитуды радиоимпульса со случайной начальной фазой
21. Оценка длительности детерминированного радиоимпульса
22. Оценка начальной фазы радиоимпульса
23. Оценка временного положения видеоимпульса
24. Оценка временного положения радиоимпульса
25. Оценка временного положения радиоимпульса со случайной начальной фазой
26. Оценка смещения частоты радиоимпульса
27. Совместная оценка временного запаздывания и частотного сдвига сигнала
28. Оценка параметров шумов на фоне коррелированного шума
29. Формулировка задачи фильтрации
30. Общий метод решения задачи фильтрации
31. Линейная фильтрация. Фильтр Калмана.
32. Фильтрация неизвестной постоянной величины
33. Фильтрация гауссовского экспоненциально коррелированного сообщения в канале связи с АМ
34. Нелинейная оптимальная фильтрация
35. Квазиоптимальная фильтрация: общие положения.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации», 2 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме «Обнаружение и различение сигналов в радиотехнических системах», включает 2 задачи. Выполняется письменно.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет **0-4** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет **5-6** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если не допускает ошибок при решении задачи. Оценка составляет **7-8** баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Оценка составляет **9-10** баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. При этом итоговое количество баллов за контрольную работу во 2-м семестре учитывается с весовым коэффициентом 1

### 4. Пример варианта контрольной работы

Задача 1.

Определить отклик согласованного фильтра с прямоугольной импульсной характеристикой на треугольный сигнал той же длительности и амплитуды.

Задача 2.

Как изменится вероятность правильного обнаружения прямоугольного радиоимпульса, наблюдаемого на фоне белого шума, если его длительность увеличилась в два раза.

## Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации», 2 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны подготовить реферат по согласованной с преподавателем теме (примеры тем приведены ниже).

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ современного состояния заданной тематикой реферата проблемы, привести примеры, алгоритмы, методы решения проблемы.

Обязательные структурные части РГЗ: литературный обзор, практическая реализация.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если тема реферата раскрыта не полностью, отсутствует практическая реализации, оценка составляет 0-16 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если тема реферата раскрыта не полностью, к практической реализации имеется существенное замечание, оценка составляет 17-21 балл.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если тема реферата раскрыта полностью, к практической реализации имеются несколько мелких замечаний, оценка составляет 22-25 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если тема реферата раскрыта полностью, к практической реализации отсутствуют или имеется одно мелкое замечание, оценка составляет 26-30 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Примерный перечень тем РГЗ

1. Обнаружение сигналов в информационных системах
2. Различение сигналов в информационных системах
3. Системы с множественным доступом
4. Марковские модели сигналов



студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *35-40 баллов*.

### **3. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### **4. Вопросы к экзамену**

1. Основные задачи оптимального приема сигналов.
2. Апостериорная вероятность.
3. Корреляционный прием сигналов.
4. Согласованная фильтрация сигналов.
5. Критерии оптимального обнаружения.
6. Обнаружение детерминированных сигналов по критерию Неймана-Пирсона.
7. Обнаружение радиосигнала со случайной фазой по критерию Неймана-Пирсона.
8. Обнаружение радиосигнала с частично известной фазой по критерию Неймана-Пирсона.
9. Обнаружение радиосигнала со случайной фазой и амплитудой по критерию Неймана-Пирсона.
10. Обнаружение сигналов при дискретной обработке.
11. Различение детерминированных сигналов.
12. Различение радиосигналов со случайной начальной фазой.
13. Различение радиосигналов с частично известной фазой.
14. Различение радиосигналов с замираниями.
15. Оптимальный прием зависимых сигналов.
16. Оценка неэнергетических параметров сигнала.
17. Оценка неэнергетических параметров сигнала с неизвестной начальной фазой
18. Оценка энергетического параметра
19. Оценка амплитуды детерминированного импульса
20. Оценка амплитуды радиоимпульса со случайной начальной фазой
21. Оценка длительности детерминированного радиоимпульса
22. Оценка начальной фазы радиоимпульса
23. Оценка временного положения видеоимпульса
24. Оценка временного положения радиоимпульса
25. Оценка временного положения радиоимпульса со случайной начальной фазой
26. Оценка смещения частоты радиоимпульса
27. Совместная оценка временного запаздывания и частотного сдвига сигнала
28. Оценка параметров шумов на фоне коррелированного шума
29. Формулировка задачи фильтрации
30. Общий метод решения задачи фильтрации
31. Линейная фильтрация. Фильтр Калмана.
32. Фильтрация неизвестной постоянной величины
33. Фильтрация гауссовского экспоненциально коррелированного сообщения в канале связи с АМ
34. Нелинейная оптимальная фильтрация
35. Квазиоптимальная фильтрация: общие положения.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам «Оценивание параметров сигналов» и «Фильтрация сигналов в радиотехнических системах», включает 2 задачи. Выполняется письменно.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет **0-4** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Оценка составляет **5-6** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если не допускает ошибок при решении задачи. Оценка составляет **7-8** баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Оценка составляет **9-10** баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. При этом итоговое количество баллов за контрольную работу во 3-м семестре учитывается с весовым коэффициентом 2.

### 4. Пример варианта контрольной работы

Задача 1. Покажите, что оценка амплитуды прямоугольного радиоимпульса является эффективной.

Задача 2. Изобразите структуру фильтра Калмана для фильтрации постоянной случайной величины.

## **Паспорт расчетно-графического задания (работы)**

по дисциплине «Теория обнаружения, оценивания параметров и фильтрации», 3 семестр

### **1. Методика оценки**

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны подготовить реферат по согласованной с преподавателем теме (примеры тем приведены ниже).

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны провести анализ современного состояния заданной тематикой реферата проблемы, привести примеры, алгоритмы, методы решения проблемы.

Обязательные структурные части РГЗ: литературный обзор, практическая реализация.

### **2. Критерии оценки**

- Работа считается **не выполненной**, если тема реферата раскрыта не полностью, отсутствует практическая реализации, оценка составляет 0-20 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если тема реферата раскрыта не полностью, к практической реализации имеется существенное замечание, оценка составляет 20-26 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если тема реферата раскрыта полностью, к практической реализации имеются несколько мелких замечаний, оценка составляет 27-33 балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если тема реферата раскрыта полностью, к практической реализации отсутствуют или имеется одно мелкое замечание, оценка составляет 34-40 баллов.

### **3. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### **4. Примерный перечень тем РГЗ**

1. Оценивание параметров в информационных системах
2. Фильтрация сигналов в информационных системах
3. Разрешение сигналов