

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

А. Л. Толстик

7.12.2016

Регистрационный № УД- 3301 / уч.

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
НАВИГАЦИИ, РАДИОЛОКАЦИИ
И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

1-31 04 04 «Аэрокосмические радиоэлектронные
и информационные системы и технологии»

2016 г.

Учебная программа разработана на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 04-2013 и учебных планов G 31-171/уч. и G 31и-187/уч.

СОСТАВИТЕЛИ:

Саечников Владимир Алексеевич – заведующий кафедрой физики и аэрокосмических технологий Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Данейко Игорь Константинович – доцент кафедры физики и аэрокосмических технологий Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой физики и аэрокосмических технологий
(протокол № 4 от 22 ноября 2016 г.)

Методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий
(протокол № 3 от 22 ноября 2016 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины специализации «Статистическая теория радиотехнических систем навигации, радиолокации и дистанционного зондирования» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта для специальности 1-31 04 04 «Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии».

Целью дисциплины является сформировать у студентов базисные знания в области статистической теории радиосистем различного назначения, применяемых также в космической отрасли.

Задачей дисциплины является осмысление и изучение общих закономерностей и соотношений в статистической теории радиотехнических систем (СТ РТС), активное овладение современными вероятностно-информационными методами анализа и синтеза РТС радионавигации, радиолокации и дистанционного зондирования с перспективой использования в практической деятельности.

Дисциплина взаимосвязана с дисциплинами «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Статистическая радиофизика».

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- назначение и области применения СТ РТС;
- основные понятия СТ РТС;
- структуру и функциональные возможности применения СТ РТС;
- основные принципы построения СТ РТС;
- о связях СТ РТС с другими частными науками;

уметь применять полученные знания при решении прикладных задач;

владеть практическими навыками расчетов основных характеристик оптимальных систем обнаружения, различения и измерения параметров сигналов.

Освоение учебной программы должно обеспечить формирование следующих компетенций:

АК-1 (умение применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач);

АК-3 (владение исследовательскими навыками);

ПК-15 (умение рассчитывать и анализировать режимы работы приборов и электронных устройств для улучшения их характеристик).

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины на 4-м курсе в 8-ом семестре отведено всего 150 часов, в том числе 64 аудиторных часа, из них лекции – 32 часа, лабораторные занятия – 26 часов, УСР – 6 часов.

Программа предназначена для студентов очной дневной формы получения образования. Форма текущей аттестации – экзамен в 8-ом семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Основные сведения о радиотехнических системах (РТС).

Определение РТС. Классификация РТС различного назначения: радиолокации, радионавигации и дистанционного зондирования. Тактико-технические характеристики РТС.

2. Сигналы и помехи в РТС.

Векторное представление сигналов и помех. Дискретизация непрерывных сигналов с учетом их характеристик и реальных способов восстановления. Преобразование непрерывных сообщений в цифровую форму. Сложные сигналы в радиолокации, радионавигации и дистанционного зондирования.

3. Случайные процессы в РТС и их свойства.

Определение случайного процесса. N-мерная плотность вероятности, ее свойства. Классификация случайных процессов: стационарные, марковские, эргодические и гауссовские. Корреляционная функция и спектральная плотность мощности, их свойства. Теорема Винера-Хинчина. Линия регрессии и корреляционное отношение. Их свойства. Теорема Котельникова для случайных сигналов.

4. Синтез оптимальных РТС обработки принимаемых сигналов, смешанных с шумом в радиолокации, радионавигации и дистанционного зондирования.

Синтез оптимального приемника по критерию максимума выходного отношения сигнал/шум. Согласованный фильтр, его основные свойства. Обнаружение сверхслабых широкополосных сигналов согласованным фильтром в задачах радиолокации и навигации. Задача фильтрации по Винеру-Хопфу. Интегральное уравнение Винера-Хопфа и его решение для задач навигации и дистанционного зондирования.

5. Теория статистических решений.

Критерии максимума апостериорной вероятности, максимума функции правдоподобия, Неймана-Пирсона и Котельникова в задачах обнаружения, различения и измерения параметров сигналов. Векторные пространства сигнала, наблюдений, параметров и шумов. Решение задачи обнаружения сигналов на фоне белого гауссовского шума. Вычисление вероятностей ложной тревоги, пропуска сигнала и правильного приема при обнаружении сигнала в присутствии белого гауссовского шума. Вычисление порога в этой задаче. Нахождение зависимости вероятности правильного обнаружения от вероятности ложной тревоги в критерии Неймана-Пирсона. Кривая решения: зависимость полной вероятности ошибки от отношения сигнал/шум. Существенные и несущественные параметры; простые и сложные гипотезы. Усреднение по несущественным параметрам в критерии максимума функции правдоподобия. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой в присутствии белого гауссовского шума: нахождение оптимального алгоритма обработки принятого сигнала, вычисление вероятностей ошибочных решений

и величины порога в этой оптимальной системе. Оптимальные алгоритмы различения M детерминированных сигналов в задаче дистанционного зондирования. Измерение случайных и неслучайных параметров сигналов. Среднеквадратическая ошибка измерения непрерывного параметра сигнала. Измерение параметров радиолокационного сигнала (времени запаздывания и доплеровского сдвига частоты).

6. Введение в общую теорию статистических решений.

Пространство решений. Решающая функция. Функция потерь. Условный риск. Средний риск. Байесово и минимаксное решения. Пространство риска.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | Количество часов УСР | Формы контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|----------|----------------------|--|
| | | Лекции | Лабораторные занятия | Иное | | |
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> |
| 1 | Основные сведения о РТС радионавигации, радиолокации и дистанционном зондировании. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 2 | Сигналы и помехи в РТС | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 3 | Случайные процессы в РТС и их свойства. | 6 | 18 | | | |
| 3.1 | Определение случайного процесса. N-мерная плотность вероятности, ее свойства. Классификация случайных процессов. | 2 | 6 | | | Выборочный опрос на лекции, отчет по лабораторной работе (ЛР) и ее защита. |
| 3.2 | Корреляционная функция и спектральная плотность мощности. Теорема Винера-Хинчина. | 2 | 6 | | | Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита. |
| 3.3 | Линия регрессии и корреляционное отношение. Теорема Котельникова для случайных сигналов. | 2 | 6 | | | Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|--|-----------|----------|---|---|--|
| 4 | Синтез оптимальных РТС обработки принимаемых сигналов, смешанных с шумом в радионавигации, радиолокации и дистанционном зондировании. | 8 | – | | | |
| 4.1 | Синтез оптимального приемника по критерию максимума выходного отношения сигнал/шум. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 4.2 | Согласованный фильтр. Его основные свойства. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 4.3 | Задача фильтрации по Винеру-Хопфу. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 4.4 | Интегральное уравнение Винера-Хопфа и его решение для задач навигации и дистанционного зондирования. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| | Контроль самостоятельной работы студентов по темам 1-4 | – | – | | 2 | Коллоквиум |
| 5 | Теория статистических решений. | 12 | 8 | | | |
| 5.1 | Критерии максимума апостериорной вероятности, максимума функции правдоподобия, Неймана-Пирсона и Котельникова в задачах обнаружения, различения и измерения параметров сигналов. Векторные пространства сигнала, наблюдений, параметров и шумов. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 5.2 | Решение задачи обнаружения сигналов на фоне белого гауссовского шума. | 2 | 2 | | | Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита. |
| 5.3 | Вычисление вероятностей ложной тревоги, пропуска сигнала и правильного приема при обнаружении сигнала в присутствии белого гауссовского шума. Вычисление порога в этой задаче. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 5.4 | Нахождение зависимости вероятности правильного обнаружения от вероятности ложной тревоги в критерии Неймана-Пирсона. Кривая решения: зависимость полной вероятности ошибки от отношения сигнал/шум. | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|--|----------|---|---|---|--|
| 5.5 | <p>Существенные и несущественные параметры. Простые и сложные гипотезы. Усреднение по несущественным параметрам в критерии максимума функции правдоподобия.</p> <p>Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой в присутствии белого гауссовского шума: нахождение оптимального алгоритма обработки принятого сигнала, вычисление вероятностей ошибочных решений и величины порога в этой оптимальной системе.</p> | 2 | 6 | | | Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита. |
| 5.6 | <p>Оптимальные алгоритмы различения M детерминированных сигналов в задачах дистанционного зондирования.</p> <p>Измерение случайных и неслучайных параметров сигналов. Среднеквадратическая ошибка измерения непрерывного параметра сигнала. Измерение параметров радиолокационного сигнала.</p> | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| 6 | Введение в общую теорию статистических решений | 2 | – | | | Выборочный опрос на лекции |
| | Контроль самостоятельной работы студентов по темам 5-6 | – | – | | 4 | Реферат, презентация |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Информационные технологии в радиотехнических системах. Под ред. И.Б.Федорова. Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011.
2. В.И.Тихонов, В.Н.Харисов. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991.
3. Радиотехнические системы передачи информации. Под ред. В.В.Калмыкова – М.: Радио и связь, 1990.

Перечень дополнительной литературы

1. Радиотехнические системы. Под ред. Ю.М.Казаринова. – М.: Высшая школа, 1990.
2. Ю.С.Лезин. Введение в теорию и технику радиотехнических систем. – М.: Радио и связь, 1986.

Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы

1. Сложные сигналы в РТС.
2. Взаимно-корреляционные свойства псевдослучайных последовательностей.
3. Преобразование непрерывных сигналов в цифровую форму.
4. Функция неопределенности когерентных сигналов.
5. Обработка сигналов в РТС.
6. Принципы радионавигации и методы радионавигационных измерений.
7. Характеристики навигационных сигналов ГЛОНАС и GPS/
8. Цифровая спутниковая связь.
9. Функция неопределенности частотно-модулированных сигналов.
10. Проблемы теории и техники разрешения радиолокационных сигналов.
11. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике.
12. Радиолокационные измерители дальности и скорости.
13. Радиолокационные сигналы.
14. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех.
15. Цифровая обработка радиолокационной информации.
16. Радионавигационные системы.
17. Бортовые устройства спутниковой навигации.
18. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой.
19. Цифровая радиолокация.
20. Измерение параметров сигналов в шумах.
21. Основные виды помех активной радиолокации и методы защиты от них.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

- устная (опросы на лекциях, коллоквиум, устный экзамен);
- устно-письменная (письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой);
- письменная (реферат);
- техническая (презентация в электронном виде).

Оценивание результатов изучения дисциплины проводится в соответствии с критериями оценки знаний и компетенций студентов, изложенными в письме Министерства образования Республики Беларусь № 21-04-1/105 от 22.12.2003 г. и в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете» (приказ ректора БГУ № 382-ОД от 18.08.2015 г.).

Перечень лабораторных работ

1. Экспериментальное исследование одномерной плотности вероятности случайных процессов.
2. Экспериментальное исследование некоторых видов функциональной зависимости между двумя стационарными эргодическими процессами.
3. Исследование выбросов стационарных случайных процессов.
4. Экспериментальное определение вероятностей перехода для дискретного марковского процесса с непрерывным временем.
5. Экспериментальное исследование функции корреляции и спектральной плотности мощности случайных процессов.
6. Исследование характеристик обнаружения гармонического сигнала со случайной начальной фазой.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---|--|--|---|
| Математический анализ | Кафедра высшей математики и математической физики | нет | Изменения не требуются (Протокол № 4 от 22.11.2016) |
| Теория вероятностей и математическая статистика | Кафедра системного анализа и компьютерного моделирования | нет | Изменения не требуются (Протокол № 4 от 22.11.2016) |
| Статистическая радиофизика | Кафедра радиофизики и цифровых медиатехнологий | нет | Изменения не требуются (Протокол № 4 от 22.11.2016) |

