

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.07.2023 12:00:45  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ РАДИОТЕХНИКИ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

по профилю

**«Системы мобильной связи»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, к.т.н., профессор Ульяницкий Ю.Д.

доцент, к.т.н., доцент Пыко С.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РС

17.03.2022, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

|   |     |
|---|-----|
| Обеспечивающий факультет  | ФРТ |
| Обеспечивающая кафедра  | РС  |
| Общая трудоемкость (ЗЕТ)  | 4   |
| Курс  | 3   |
| Семестр   | 5   |
| <b>Виды занятий</b>   |     |
| Лекции (академ. часов)  | 34  |
| Практические занятия (академ. часов)                                | 34  |
| Иная контактная работа (академ. часов)                              | 1   |
| Все контактные часы (академ. часов)                                 | 69  |
| Самостоятельная работа, включая часы на контроль<br>(академ. часов) | 75  |
| Всего (академ. часов)   | 144 |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b>                                 |     |
| Дифф. зачет (курс)  | 3   |

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ РАДИОТЕХНИКИ»**

Рассматриваются математические методы описания, анализа и синтеза радиотехнических и телекоммуникационных систем, базирующихся на таких разделах математики, как теория множеств, теория линейных пространств, теория линейных операторов и теория случайных процессов. Приводятся основные сведения из теории вероятностей, необходимые для понимания принципа представления реальных физических процессов статистическими моделями. Основное внимание уделяется основам теории случайных процессов и способам их математического описания. Описываются модели случайных процессов, широко применяемые при решении фундаментальных радиотехнических задач, таких, как оптимальное обнаружение, различение, оценивание неизвестных параметров сигналов. Материал, излагаемый в рамках данной дисциплины, предназначен для целевой математической подготовки к изучению всего комплекса специальных дисциплин радиотехнического и телекоммуникационного направлений.

## **SUBJECT SUMMARY**

### **«MATHEMATICS IN RADIO SYSTEMS»**

The mathematical methods of the description, analysis and synthesis of radio and telecommunications systems based on such areas of mathematics as the theory of sets, the theory of linear spaces, the theory of linear operators and the theory of stochastic processes are considered. Some important information from the theory of probability is given which is necessary for better understanding of the principles of statistical models of real physical processes. The emphasis is on the basics of the theory of random processes and methods of their mathematical description. The models of stochastic processes widely used in the fields of the optimal detection,

discrimination, estimation of unknown signal parameters are given. The presented discipline is designed to target the mathematical preparation for the study of the whole complex of special disciplines of radio engineering and telecommunication.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

#### 1. Цели дисциплины:

-изучение методологии использования математического аппарата при описании сигналов и случайных процессов в радиотехнических и телекоммуникационных системах;

-получение знаний, умений и навыков использования математического аппарата при решении радиотехнических задач.

2. Задачи дисциплины: формирование знаний, умений и навыков использования математического аппарата при решении радиотехнических задач.

3. Формирование знаний свойств сигналов и помех радиотехнических и телекоммуникационных систем.

4. Формирование умений адекватного выбора сигналов для систем локации, навигации, управления и передачи данных.

5. Освоение навыков проведения расчетов характеристик сигналов и помех радиотехнических систем с использованием современного математического аппарата, оптимальных и квазиоптимальных процедур извлечения информации из принимаемых сигналов.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебра и геометрия»

2. «Математический анализ»

3. «Теория вероятностей и математическая статистика»

4. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Статистическая теория радиотехнических систем»
2. «Цифровая обработка сигналов»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

| <b>Код компетенции/<br/>индикатора<br/>компетенции</b> | <b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>   |
|--|--|
| ПК-2   | Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов |
| <i>ПК-2.1</i>  | <i>Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных</i>   |
| <i>ПК-2.2</i>  | <i>Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств</i>   |
| <i>ПК-2.3</i>  | <i>Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования</i>                        |

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

| № п/п | Наименование темы дисциплины   | Лек, ач | Пр, ач | ИКР, ач | СР, ач |
|-------|--|---------|--------|---------|--------|
| 1     | Введение   | 2       |        |         | 1      |
| 2     | Множества, пространства и отображения  | 2       | 2      |         | 4      |
| 3     | Алгебраические структуры (группы, кольца, поля)  | 2       | 2      |         | 4      |
| 4     | Линейные пространства  | 2       | 2      |         | 4      |
| 5     | Эвклидовы пространства   | 2       | 2      |         | 2      |
| 6     | Пространство $L_2$ и его базисы  | 2       |        |         | 6      |
| 7     | Ортогональные многочлены   | 2       |        |         | 6      |
| 8     | Ортогональные системы кусочно-постоянных функций   | 2       |        |         | 6      |
| 9     | Построение ортогональных систем на основе одной функции с использованием операции масштабирования и сдвига | 2       |        |         | 4      |
| 10    | Линейные операторы   | 2       |        |         | 4      |
| 11    | Операторы Фурье и Гильберта  | 2       | 4      |         | 4      |
| 12    | Линейные системы и их математическое описание  | 2       |        |         | 10     |
| 13    | Вероятностные характеристики случайных величин   | 2       | 6      |         | 4      |
| 14    | Вероятностные характеристики случайных процессов   | 2       | 4      |         | 4      |
| 15    | Энергетические характеристики случайных процессов  | 2       | 4      |         | 4      |
| 16    | Основные модели случайных процессов  | 2       | 8      |         | 8      |
| 17    | Заключение   | 2       |        | 1       |        |
|       | Итого, ач  | 34      | 34     | 1       | 75     |
|       | Из них ач на контроль  | 0       | 0      | 0       | 0      |
|       | Общая трудоемкость освоения, ач/зе   | 144/4   |        |         |        |

#### 4.1.2 Содержание

| № п/п | Наименование темы дисциплины | Содержание  |
|-------|------------------------------|---|
| 1     | Введение                     | Роль математических методов при построении радиотехнических и телекоммуникационных систем. Математические модели процессов формирования передачи и приема информации. Понятия об информационных радиосистемах. Основные этапы проектирования радиотехнических и телекоммуникационных систем и используемый математический аппарат |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>дисциплины  | Содержание  |
|----------|--|---|
| 2        | Множества, пространства и отображения  | Общие сведения о множествах. Основные операции над множествами. Эквивалентность множеств. Мощность множества. Метрические пространства. Определение и примеры. Сходимость в метрическом пространстве. Полные метрические пространства. Отображения или функции. Область определения и область значений. Виды отображений. Аддитивные функции множеств |
| 3        | Алгебраические структуры (группы, кольца, поля)  | Множества с алгебраическими операциями. Определение и основные свойства групп. Группы преобразований. Циклические группы. Кольца и поля. Определение и общие свойства колец. Определение поля. Расширение поля  |
| 4        | Линейные пространства  | Линейные векторные пространства. Базис и размерность. Метрики и норма. Способы задания метрики и нормы в конечномерных и бесконечномерных линейных пространствах  |
| 5        | Эвклидовы пространства   | Аксиомы скалярного произведения. Неравенство Буняковского-Шварца и его роль в задачах оптимизации. Ортогональность векторов. Ортогонализация системы линейно независимых векторов. Геометрическая трактовка ансамбля сигналов. Евклидово расстояние и коэффициент корреляции  |
| 6        | Пространство $L_2$ и его базисы  | Замкнутость и полнота системы ортонормированных функций. Неравенство Бесселя и равенство Парсеваля. Ряды Фурье и условия их сходимости  |
| 7        | Ортогональные многочлены   | Ортогонализация системы линейно независимых степеней $x^k$ на различных промежутках и с различными весовыми функциями. Классические ортогональные многочлены и их использование в задачах радиоэлектроники  |
| 8        | Ортогональные системы кусочно-постоянных функций   | Функции Хаара, Радемахера, Уолша. Спектральный анализ в базисах Хаара и Уолша, их преимущества  |
| 9        | Построение ортогональных систем на основе одной функции с использованием операции масштабирования и сдвига | Система функций Котельникова. Теорема Котельникова и ее обобщение. Ортогональные системы на основе функций Бесселя. Ряды Фурье-Бесселя  |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>дисциплины                   | Содержание  |
|----------|---|---|
| 10       | Линейные операторы                                | Свойства линейных операторов. Обратные операторы. Собственные вектора и собственные числа оператора. Представление линейных операторов в конечномерных пространствах. Матрица оператора в заданном базисе. Переход от одного базиса к другому. Интегральные линейные операторы в $L_2$ . Ядро интегрального оператора. Собственные функции ядра. Основные виды линейных интегральных уравнений. Линейные и квадратичные функционалы. Линейные функционалы в евклидовых пространствах. Связь линейных функционалов со скалярным произведением. Квадратичные функционалы, квадратичные и эрмитовы формы. Самосопряженные (эрмитовы) и унитарные операторы. Задачи на экстремум функционалов |
| 11       | Операторы Фурье и Гильберта                       | Преобразование Фурье как линейный оператор. Собственные функции. Эрмитовы сигналы и их свойства. Унитарность оператора Фурье. Обобщенное равенство Парсевала. Спектры сигналов и основные теоремы о спектрах. Оператор Гильберта. Определение и основные свойства. Примеры функций сопряженных по Гильберту. Аналитический сигнал. Комплексная огибающая  |
| 12       | Линейные системы и их математическое описание     | Операторное описание линейных систем. Операторы линейных систем с постоянными и переменными параметрами и их интегральное представление. Аналитический отклик. Физически реализуемые линейные системы и их операторы. Комплексная огибающая на выходе линейной системы  |
| 13       | Вероятностные характеристики случайных величин    | Случайные величины и способы их описания. Плотность вероятности и функция распределения случайной величины. Функции от случайных величин. Числовые характеристики случайных величин. Одномерные и многомерные распределения   |
| 14       | Вероятностные характеристики случайных процессов  | Классификация случайных процессов. Описание случайных процессов с помощью совокупности случайных величин. Статистические характеристики случайных процессов. Стационарные и нестационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы  |
| 15       | Энергетические характеристики случайных процессов | Корреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Спектральная плотность мощности стационарного случайного процесса и ее связь с корреляционной функцией   |
| 16       | Основные модели случайных процессов               | Классификация случайных процессов. Квазислучайные процессы. Гауссовские случайные процессы. Марковские процессы. Пуассоновский процесс и его обобщение  |

| <b>№ п/п</b> | <b>Наименование темы дисциплины</b> | <b>Содержание</b>  |
|--------------|-------------------------------------|--|
| 17           | Заключение                          | Обзор основных направлений развития радиоэлектроники и роль математического аппарата при проектировании перспективных радиотехнических и телекоммуникационных систем |

#### **4.2 Перечень лабораторных работ**

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### **4.3 Перечень практических занятий**

| <b>Наименование практических занятий</b>  | <b>Количество ауд. часов</b> |
|---|------------------------------|
| 1. Множества, пространства и отображения. Алгебраические структуры (группы, кольца, поля)           | 4                            |
| 2. Линейные пространства. Системы базисных функций  | 4                            |
| 3. Операторы Фурье и Гильберта  | 4                            |
| 4. Случайные величины и способы их описания. Функции от случайных величин                           | 2                            |
| 5. Числовые характеристики совокупности случайных величин. Многомерные распределения                | 4                            |
| 6. Вероятностные характеристики случайных процессов. Стационарные и эргодические случайные процессы | 4                            |
| 7. Энергетические характеристики случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина                        | 4                            |
| 8. Основные модели случайных процессов. Гауссовские случайные процессы                              | 4                            |
| 9. Основные модели случайных процессов. Марковские и пуассоновские случайные процессы               | 4                            |
| <b>Итого</b>  | <b>34</b>                    |

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

| <b>Текущая СРС</b>  | <b>Примерная<br/>трудоемкость, ач</b> |
|---|---------------------------------------|
| Работа с лекционным материалом, с учебной литературой   | 34                                    |
| Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)                 | 0                                     |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины  | 0                                     |
| Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ   | 0                                     |
| Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям                                    | 16                                    |
| Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам  | 24                                    |
| Выполнение расчетно-графических работ   | 0                                     |
| Выполнение курсового проекта или курсовой работы  | 0                                     |
| Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме   | 0                                     |
| Работа над междисциплинарным проектом   | 0                                     |
| Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных | 0                                     |
| Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену   | 1                                     |
| <b>ИТОГО СРС</b>  | <b>75</b>                             |

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| № п/п                     | Название, библиографическое описание   | К-во экз. в библ. |
|---------------------------|--|-------------------|
| Основная литература       |  |                   |
| 1                         | Математический аппарат радиотехники [Текст] : [учеб. пособие : в 2 ч.] / [М.И. Богачев [и др.]] ; под общ. ред. Ю.Д. Ульяницкого ; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ". Ч. 1 : Множества, пространства, операторы, 2006. -139 с.        | 400               |
| 2                         | Математический аппарат радиотехники [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / [М.И. Богачев [и др.]] ; под общ. ред. Ю.Д. Ульяницкого ; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ". Ч. 2 : Случайные процессы, 2006. -128 с.                          | 399               |
| 3                         | Сборник задач по применению математического аппарата радиотехники и статистической теории радиотехнических систем [Текст] / О.М. Андреева [и др.] ; под ред. Ю.Д. Ульяницкий. Ч. 1 / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2009. -103 с. | 351               |
| 4                         | Модели сигналов и помех в радиотехнических и телекоммуникационных системах [Текст] : Учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. 654200 и 552500 "Радиотехника" / В.П.Ипатов, Ю.А.Коломенский, А.С.Маругин и др, 2002. -79 с.  | 198               |
| Дополнительная литература |  |                   |
| 1                         | Компьютерный практикум по дисциплинам "Математический аппарат радиотехники" и "Статистическая теория РТС" [Текст] : учеб. пособие / [О.М. Андреева [и др.], 2011. -153, [1] с.   | 74                |

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

| № п/п | Электронный адрес  |
|-------|--|
| 1     | Лекции по МАРТ <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLLC9rD5jg9GtMJ6Lp8QX4y7ATwA7m9M2z">https://www.youtube.com/playlist?list=PLLC9rD5jg9GtMJ6Lp8QX4y7ATwA7m9M2z</a> |

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9609>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Математический аппарат радиотехники» формой промежуточной аттестации является дифф. зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

#### Дифференцированный зачет

| Оценка              | Количество баллов | Описание  |
|---------------------|-------------------|---|
| Неудовлетворительно | 0 – 19            | теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий  |
| Удовлетворительно   | 20 – 27           | теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки   |
| Хорошо              | 28 – 35           | теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками |
| Отлично             | 36 – 40           | теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному  |

## Особенности допуска

В течение семестра студент должен написать 4 контрольных работы, по результатам которых выставляется оценка диф. зачета

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

| № п/п | Описание   |
|-------|--|
| 1     | Математические модели процессов формирования передачи и приема информации  |
| 2     | Основные операции над множествами  |
| 3     | Линейные векторные пространства  |
| 4     | Базис и размерность  |
| 5     | Аксиомы скалярного произведения  |
| 6     | Неравенство Буняковского-Шварца и его роль в задачах оптимизации   |
| 7     | Закнутость и полнота системы ортонормированных функций   |
| 8     | Функции Хаара, Радемахера, Уолша   |
| 9     | Спектральный анализ в базисах Хаара и Уолша, их преимущества   |
| 10    | Декартово произведение множеств. Степень множества.  |
| 11    | Что такое мощность конечных множеств?  |
| 12    | Что называют единичным (нейтральным) элементом по отношению к бинарной операции? Что называют обратным элементом по отношению к бинарной операции? |
| 13    | Дайте определения следующих алгебраических структур: полугруппа, моноид, группа, абелева группа.   |
| 14    | Какая алгебраическая структура называется кольцом? Приведите пример кольца.  |
| 15    | Какая алгебраическая структура называется полем?   |
| 16    | Дайте определение метрического пространства.   |
| 17    | Какое пространство называется нормированным?   |

### Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

#### Контрольная работа № 1

1. Дайте определение понятия множества. Приведите примеры множеств.
2. Назовите основные операции над множествами и укажите, в чем они заключаются.
3. Какие множества называются эквивалентными? Каким условиям удовлетворяет отношение эквивалентности?

4. Определите и проиллюстрируйте с помощью диаграмм Эйлера – Венна операции объединения и пересечения множеств. Являются ли эти операции коммутативными и ассоциативными? Запишите соответствующие соотношения. Продолжите равенство:  $A \cap (B \cup C) = \dots$
5. Изобразите на диаграмме Эйлера–Венна множество  $(A + C)(B + C)$  и убедитесь в том, что оно равно  $AB + C$ .
6. В чем состоит операция декартового произведения множеств? Что называют степенью множества? Пусть  $R$  – множество вещественных чисел. Какие множества будут получены в результате операций  $R \times R$  и  $R \times R \times R$ ?
7. Что называют единичным (нейтральным) элементом по отношению к бинарной операции? Что называют обратным элементом по отношению к бинарной операции? Что представляют собой нейтральный и обратный элементы по отношению к операциям сложения и умножения на множестве вещественных чисел?

### Контрольная работа № 2

1. Производится 3 выстрела по мишени. Вероятность попадания при одном выстреле 0.8 и от выстрела к выстрелу не меняется. Построить ряд распределения, ПВ и ФР случайной величины – числа попаданий. *Рассчитывать приближенные значения вероятностей на калькуляторе не надо. Требуется дать вероятностям обозначения и привести формулы с подставленными числами для их вычисления.*

2. Случайная величина принимает значения -1, 0, 1. Ее математическое ожидание равно 0,1; математическое ожидание квадрата этой величины равно 0,9. Найти вероятности, соответствующие значениям этой СВ.

3. На окружности радиуса  $R$  с центром в начале координат случайным образом поставили точку. Полярный угол попадания точки при этом равномерно распределен в интервале  $[-\pi, \pi]$ . *Найти* ПВ абсциссы этой точки.

### **Контрольная работа № 3**

1. Стационарный шум с нулевым средним имеет спектральную плотность, равномерную в полосе частот  $[-10 \text{ МГц}, 10 \text{ МГц}]$ . Определить его корреляционную функцию, если его среднеквадратическое значение (СКО) равно  $2\text{В}$ .

2. Доказать, что СПМ суммы двух независимых СП равна сумме СПМ этих процессов

### **Контрольная работа № 4**

1. Что такое случайная величина? Какие случайные величины называются дискретными, а какие – непрерывными? Что такое СВ смешанного типа (дискретно-непрерывная)? Какой вид имеют в общем случае ПВ и ФР этих случайных величин? Приведите рисунки ПВ и ФР для непрерывной и дискретной СВ.

2. Что такое функция распределения СВ? Как она связана с плотностью вероятности СВ? Какие свойства функции распределения вам известны?

3. Что такое плотность вероятности СВ? Как связаны между собой функция распределения и плотность вероятности случайной величины? Какие свойства плотности вероятности вам известны?

4. Как, зная ФР некоторой случайной величины, определить вероятность попадания этой СВ в заданный интервал  $[a, b]$ ?

5. Как, зная ПВ некоторой случайной величины, определить вероятность попадания этой СВ в заданный интервал  $[a, b]$ ?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

| Неделя | Темы занятий  | Вид контроля       |
|--------|---|--------------------|
| 1      | Введение  |                    |
| 2      | Множества, пространства и отображения   |                    |
| 3      | Алгебраические структуры (группы, кольца, поля)   |                    |
| 4      | Линейные пространства   |                    |
| 5      | Эвклидовы пространства  |                    |
| 6      | Пространство $L_2$ и его базисы   |                    |
| 7      | Ортогональные многочлены<br>Ортогональные системы кусочно-постоянных функций<br>Построение ортогональных систем на основе одной функции с использованием операции масштабирования и сдвига<br>Линейные операторы<br>Операторы Фурье и Гильберта | Контрольная работа |
| 8      | Линейные системы и их математическое описание   |                    |
| 9      | Вероятностные характеристики случайных величин  |                    |
| 10     |   |                    |
| 11     |   | Контрольная работа |
| 12     | Вероятностные характеристики случайных процессов  |                    |
| 13     | Энергетические характеристики случайных процессов   |                    |
| 14     |   |                    |
| 15     |   | Контрольная работа |
| 16     | Основные модели случайных процессов   |                    |
| 17     |   |                    |
| 18     |   | Контрольная работа |

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий) и написание 4 контрольных работ, по результатам которых студент получает допуск на диф. зачет. На каждой контрольной работе студент может максимально получить 10 баллов:

на 1-й и 4-й 10 вопросов по 1 баллу;

на 2-й 5 задач по 2 балла;

на 3-й 4 задачи по 2,5 балла.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий).

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

Итоговая оценка промежуточной аттестации определяется исходя из суммы набранных студентом баллов при отсутствии нулевых оценок:

36-40 - отлично,

28-35 - хорошо,

20-27 - удовлетворительно,

< 20 - неудовлетворительно.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

| Тип занятий            | Тип помещения                        | Требования к помещению   | Требования к программному обеспечению                    |
|------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Лекция                 | Лекционная аудитория                 | Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска.  |  |
| Практические занятия   | Аудитория                            | Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска.  |  |
| Самостоятельная работа | Помещение для самостоятельной работы | Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. | 1) Windows XP и выше;<br>2) Microsoft Office 2007 и выше |

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Дата</b> | <b>Изменение</b> | <b>Дата и номер протокола<br/>заседания УМК</b> | <b>Автор</b> | <b>Начальник<br/>ОМОЛА</b> |
|------------------|-------------|------------------|---|--------------|----------------------------|
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |
|                  |             |                  |   |              |                            |