


Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Рабочая программа дисциплины «Статистическая радиофизика» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

к.ф-м.н., доцент  
кафедры радиофизики  
и инфокоммуникационных технологий

 И.И. Худяков

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий  
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

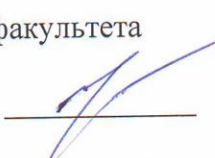
 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана физико-технического факультета  
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы  
д-р тех. наук, проф.  
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по математике и физике;

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Методы математической физики, Линейная алгебра, Теория колебаний, Радиотехнические цепи и сигналы

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Распространение электромагнитных волн, производственная практика: преддипломная.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

| Наименование показателя                         | Значение показателя  |
|---|--|
| Название образовательной программы              | 03.03.03 Радиофизика (программа бакалавриата: Радиофизика) |
| Шифр и название в соответствии с учебным планом | Б1.Б.М2.6 Статистическая радиофизика                       |
| Часть образовательной программы                 | Базовая часть  |
| Количество зачетных единиц / всего часов        | 3 / 108  |

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

| Форма обучения | курс | семестр | Общее количество часов |              |              |                                   |       |                |
|----------------|------|---------|------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-------|----------------|
|                |      |         | лекционных             | лабораторных | практических | самостоятельной работы + контроль | всего | Форма контроля |
| Очная          | 4    | 7       | 34                     | –            | 17           | 57                                | 108   | экзамен        |

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомление с основными статистическими методами применяемыми в радиофизических теоретических и экспериментальных исследованиях. Получение знаний по основам теории случайных процессов, функций, полей, владение статистическими методами анализа явлений и процессов с целью более глубокого понимания процессов происходящих в различных реальных радиофизических, радиотехнических системах, используемых для передачи информации;

Получение навыков решения основных задач спектрально-корреляционного анализа случайных процессов и их преобразований различными системами;

Усвоение основ теории оптимального обнаружения сигналов и решение важнейших практических задач согласованной фильтрации.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 4.1. Компетенции

| Компетенции   | Индикаторы   | Результаты обучения   |
|---|--|---|
| ОПК-1.<br>Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности | ОПК-1.1.<br>Обладает базовыми знаниями в областях физики, радиофизики, электроники | ОПК-1.1.1. Знает основные положения теории вероятности и случайных процессов, характеристические функции и корреляция Двумерное распределение. Свойства коэффициента корреляции. Условные распределения. Функции от случайных величин.<br>ОПК-1.1.2. Умеет оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследований; проводить теоретические и экспериментальные исследования; использовать основные приемы (решать задачи) анализа случайных процессов; использовать основные приемы (решать задачи) оптимальной фильтрации сообщений; использовать основные приемы (решать задачи) обнаружения сигналов на фоне помех<br>ОПК-1.1.3 Владеет приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей статистической радиофизики; основами знаний в области представления и анализа случайных процессов, обнаружения и оценки параметров сигналов, оптимальной фильтрации и сообщений. |

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

| Название темы   | Краткое содержание темы (вопросы темы)  |
|---|---|
| Раздел 1. Введение  | Введение в статистическую радиофизику. Случайные величины и распределения вероятностей. Характеристические функции и корреляция Двумерное распределение. Свойства коэффициента корреляции. Условные распределения. Функции от случайных величин.  |
| Раздел 2. Стационарные процессы                                     | Стационарные процессы. Свойство эргодичности стационарных случайных процессов Структурные функции. Применение структурных функций для анализа сред со случайными неоднородностями<br>Статистические оценки числовых характеристик случайных величин. Доверительные интервалы. Распределение Стьюдента, $\chi^2$ -распределение. |
| Раздел 3. Спектральное разложение стационарных случайных процессов. | Спектральная плотность мощности и автокорреляция. Спектральное разложение стационарных случайных процессов. Теорема Котельникова и передача информации.   |

|  |   |
|--|---|
| Раздел 4. Преобразование случайных процессов в линейных и нелинейных системах. | Преобразование случайных процессов в линейных (инерционных) системах<br>Статистические свойства белого шума и прохождение его через линейную систему<br>Преобразование случайных процессов в нелинейных неинерционных системах. |
|--|---|

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

| Наименования разделов и тем  | Количество часов |        |        |       |       |
|--|------------------|--------|--------|-------|-------|
|  | Лекц.            | Лабор. | Практ. | СРС+К | Всего |
| 1. Введение  | 6                |        | 4      |       |       |
| 2. Стационарные процессы   | 10               |        | 4      |       |       |
| 3. Спектральное разложение стационарных случайных процессов            | 8                |        | 4      |       |       |
| 4. Преобразование случайных процессов в линейных и нелинейных системах | 10               |        | 5      |       |       |
| ИТОГО ЗА СЕМЕСТР   | 34               | –      | 17     | 58    | 108   |

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

1. Случайные величины и их характеристики. Плотность распределения вероятности. Моменты случайных величин.
2. Случайные процессы. Определение. Классификация. Описание. Свойства функции распределения и плотности распределения.
3. Стационарность в узком смысле, стационарность в широком смысле. Числовые характеристики.
4. Эргодические процессы. Определение. Определение плотности распределения стационарного эргодического процесса.
5. Эргодические процессы. Сходимость по вероятности. Сходимость в среднеквадратическом. Временные характеристики случайного процесса.
6. Энергетические характеристики стационарного случайного процесса. Спектральная плотность. Свойства спектральной плотности.
7. Теорема Винера-Хинчина. Ширина спектра. Связь ширины спектра и интервала корреляции.
8. Нормальный случайный процесс.
9. Широкополосный процесс (белый шум, квазيبелый шум).
10. Модель случайного процесса: квазидетерминированный случайный процесс. Одномерная и многомерная плотности распределения.
11. Узкополосный случайный процесс (распределение амплитуды и фазы).
12. Корреляционная функция узкополосного случайного процесса.
13. Каноническое разложение случайного процесса.
14. Марковский процесс. Уравнение Фоккера-Планка.
15. Марковские цепи. Уравнение Маркова.
16. Пуассоновский процесс. Дробовой шум.
17. Преобразование случайного процесса в линейных системах (применение дифференциальных уравнений).
18. Преобразование случайного процесса в линейных системах (применение аппарата импульсных характеристик).

19. Преобразование случайного процесса в линейных системах (применение частотных характеристик).

20. Проверка гипотез. Минимаксный критерий, критерий максимума апостериорной вероятности и правило, критерий максимума правдоподобия.

21. Проверка гипотез. Функционал правдоподобия, функционал отношения правдоподобия. Критерий Байеса.

22. Проверка гипотез. Критерий Неймана-Пирсона и правило, основанное на этом критерии. Функционал правдоподобия, функционал отношения правдоподобия.

23. Обнаружение полностью известного сигнала на фоне "белого" шума.

24. Оценка параметров сигнала. Неравенство Рао-Крамера. Метод максимального правдоподобия.

#### 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Многомерное преобразование Фурье.
2. Свойства симметрии преобразования Фурье.
3. Определение функций Бесселя.
4. Формулы дифференцирования.
5. Дифференциальное уравнение.
6. Интегральное представление Пуассона.

#### 7.3. Темы письменных работ

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

#### 7.4. Образец содержания экзаменационного билета

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

### ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Донецкий государственный университет

Физико-технический факультет

Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий

Программа высшего  
образования

Программа бакалавриата

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

Профиль подготовки

Радиофизика

Форма обучения

Очная

Семестр

Седьмой

Дисциплина

Статистическая радиофизика

#### Экзаменационный билет № 1

1. Понятие случайного процесса Средние значения и моменты случайной величины.
2. Распределение Пуассона.
3. Линейная фильтрация.

Утверждено на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий,  
протокол № \_\_ от \_\_.\_\_.202\_\_ г.

Заведующий кафедрой

В.В. Данилов

Экзаменатор

И.И. Худяков

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

### 8.1. Семестр 1

| Номера разделов       | Виды работ                                     | Максимальное количество баллов |
|-----------------------|--|--------------------------------|
| 1-3                   | Организационно-учебная работа в аудитории      | 5                              |
|                       | Самостоятельная работа                         | 10                             |
|                       | Контрольные работы по практике                 | 5                              |
|                       | Контрольная работа по теоретическому материалу | 10                             |
| ИТОГО                 |  | 30                             |
| Экзамен               |  | 70                             |
| Общий итог за семестр |  | 100                            |

### Соответствие баллов оценке

| Количество баллов из 100 | ECTS | Оценка по пятибалльной шкале      |            |
|--------------------------|------|-----------------------------------|------------|
|                          |      | Экзамен, дифференцированный зачет | Зачет      |
| 90-100                   | A    | отлично                           | зачтено    |
| 80-89                    | B    | хорошо                            | зачтено    |
| 75-79                    | C    |                                   | зачтено    |
| 70-74                    | D    | удовлетворительно                 | зачтено    |
| 60-69                    | E    |                                   | зачтено    |
| 35-59                    | FX   | неудовлетворительно               | не зачтено |
| 0-34                     | F    |                                   | не зачтено |

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Ахманов С.А. Статистическая радиофизика и оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2010. — 423 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48263>.

2. Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации [Электронный ресурс]: монография / Е.Г. Лебедько. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1543>.

3. Кляцкин В.И. Очерки по динамике стохастических систем / В.И. Кляцкин. - Москва : Издательство КРАСАНД, 2012. - 442 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467671>.

#### 11.2. Дополнительная литература

1. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику / С.М. Рытов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Наука, 1976. - Ч. 1. Случайные процессы. - 492 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481399>.

2. Кравцов А.Ю. Введение в статистическую радиофизику / А.Ю. Кравцов, С.М. Рытов, В.И. Татарский ; под ред. С.М. Рытова. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Наука, 1978. - Ч. 2. Случайные поля. - 463 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481397>.

### 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

### 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)  
 2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)  
 3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)

4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).