

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по ОД

А.А.Панфилов

« 27 » 06 2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**"Математический аппарат теории сигналов и систем"**

Направление подготовки: 11.03.01 «Радиотехника»

Профили подготовки: «Системы и устройства приема и передачи сигналов»,  
«Радиоэлектронные системы и устройства локации, навигации и управления»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

| Семестр      | Трудоемкость<br>(зач. ед, /час.) | Лекций,<br>(час.) | Практ.<br>занятий,<br>(час.) | Лаборат.<br>работ,<br>(час.) | СРС,<br>(час.) | Форма<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|--------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 2            | 4/144                            | 18                | 18                           | -                            | 63             | Экз.(45ч.)                        |
| <b>Итого</b> | 4/144                            | 18                | 18                           | -                            | 63             | Экз.(45ч.)                        |

Владимир, 2018

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Математический аппарат теории сигналов и систем» являются:

1. Подготовка в области знания основных средств расчета современных радиотехнических систем и создания радиоэлектронной аппаратуры.
2. Формирование практических навыков работы с научными методами расчета и проектирования.
3. Подготовка в области радиотехники для разных сфер профессиональной деятельности специалиста.
  - научно-исследовательской;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Математический аппарат теории сигналов и систем» относится к вариативной части обязательных дисциплин (Б1.В.ОД1)

### ***Взаимосвязь с другими дисциплинами***

Курс "Математический аппарат теории сигналов и систем" основывается на знании предметов бакалаврского образования, таких, как «История радиотехники», «Математика», «Физика», «Прикладная математика в радиоэлектронике» и магистерского образования, такого, как «История и методология науки и техники (применительно к радиотехнике)», и др., логически и содержательно-методически связан с ними.

Полученные знания могут быть использованы при изучении таких предметов, как «Статистическая теория связи», «Современные радиоэлектронные системы», подготовке магистерской диссертации, а также в процессе разработки и проектирования радиоаппаратуры.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **Знать:**

- основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических устройств и систем (ОПК-1);
- методы моделирования объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ, методологические основы и принципы современной науки (ПК-2);

### **Уметь:**

- использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-2);
- способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры (ОПК-2);
- определять цели, осуществлять постановку задач проектирования, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК-7);

**Владеть:**

- способностью проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований и математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования объектов радиотехники (ПК-8);
- способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов и навыками методологического анализа научных исследований и их результатов (ПК-4);
- готовностью осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов, систем и комплексов на этапах проектирования и производства (ПК-14).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: "Математический аппарат теории сигналов и систем"

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины                                                                                                                                                             | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |              |          |                      |                     |                    |     |       | Объем учебной работы с применением интерактивных методов | Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|----------------------|---------------------|--------------------|-----|-------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                               |         |                 | Лекции                                                                                 | Консультации | Семинары | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС | КП/КР |                                                          |                                                                      |
| 1.    | Введение. Место и роль изучаемых математических методов в современной радиоэлектронике. Области применения интегральных уравнений.                                            | 2       | 1               | 1                                                                                      |              |          |                      |                     |                    | 2   |       |                                                          |                                                                      |
| 2.    | Понятие интегрального уравнения. Основные методы решения интегральных уравнений.                                                                                              | 2       | 2, 3            | 1                                                                                      |              |          | 2                    |                     |                    | 12  |       | 1/33                                                     |                                                                      |
| 3.    | Классификация интегральных уравнений. Линейные и нелинейные интегральные уравнения. Уравнения Фредгольма и Вольтерра. Важные типы нелинейных интегральных уравнений. Примеры. | 2       | 4, 5            | 2                                                                                      |              |          | 2                    |                     |                    | 12  |       | 1/25                                                     |                                                                      |
| 4.    | Теория Фредгольма для решения интегральных уравнений общего                                                                                                                   | 2       | 6, 7,           | 4                                                                                      |              |          | 4                    |                     |                    | 10  |       | 2/25                                                     | рейтинг-                                                             |

|       |                                                                                                                                                                                                                                        |   |                  |    |  |    |  |  |    |  |       |                                |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------|----|--|----|--|--|----|--|-------|--------------------------------|
|       | вида. Резольвента, ее построение и использование. Интегральные уравнения с вырожденным ядром.                                                                                                                                          |   | 8                |    |  |    |  |  |    |  |       | контр<br>оль 1                 |
| 5.    | Принцип сжатых отображений и методы решения интегральных уравнений, основанные на нем. Линейные операторы, основные определения и их приложения к решению интегральных приложений. Интегральные уравнения, имеющие слабую особенность. | 2 | 9,<br>10,<br>11  | 3  |  | 4  |  |  | 8  |  | 1/14  |                                |
| 6.    | Интегральные преобразования, их использование для решения интегральных уравнений. Преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Преобразование Меллина.                                                                                | 2 | 12,<br>13,<br>14 | 3  |  | 2  |  |  | 8  |  | 2/40  | рейти<br>нг-<br>контр<br>оль 2 |
| 7.    | Симметричные операторы. Теорема Гильберта-Шмидта. Решение операторных уравнений. Интегральные уравнения с симметричным ядром. Интегральные уравнения, приводящиеся к симметричным.                                                     | 2 | 15,<br>16        | 2  |  | 2  |  |  | 8  |  | 2/50  |                                |
| 8.    | Нефредгольмовы интегральные уравнения. Сингулярные интегральные уравнения и преобразования Гильберта. Нелинейные интегральные уравнения. Уравнения Гаммерштейна. Интегральные уравнения с параметром. Разветвление решений             | 2 | 17,<br>18        | 2  |  | 2  |  |  | 3  |  | 1/25  | рейти<br>нг-<br>контр<br>оль 3 |
| Всего |                                                                                                                                                                                                                                        |   |                  | 18 |  | 18 |  |  | 63 |  | 10/28 | экзамен                        |

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (практические работы, контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы). Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 6 час практических занятий и 10 часов консультационных занятий (вне расписания), контрольные работы 6 часов (на занятиях).

#### Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению практических заданий, а также при выполнении индивидуальной домашней работы. Основа самостоятельной работы -

изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Все теоретико-практические занятия проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора и представлением от 5 до 20 слайдов по каждой лекции.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

### **5.4. Лекции приглашенных специалистов**

В рамках учебного курса «История и методология науки и техники (применительно к радиотехнике)» предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, выступления и лекции специалистов, в частности:

- доктора физико-математических наук, профессора, зав. кафедрой теоретической физики Владимирского государственного педагогического университета В.Г. Рау;
- доктора технических наук, профессора, зав. кафедрой МЭИ (г. Москва) В.Г. Карташева.
- 

### **5.5. Рейтинговая система обучения**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: активность на контрольных занятиях; качество выполнения домашних рейтинговых заданий и лабораторных работ

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Вопросы к экзамену**

1. Классификация интегральных уравнений.
2. Классический метод Фредгольма и резольвента Фредгольма.
3. Интегральные уравнения с вырожденным ядром, их использование для нахождения приближенных решений.
4. Метод последовательных приближений.
5. Решение систем интегральных уравнений.
6. Применение линейных операторов для решения интегральных уравнений.
7. Интегральные уравнения с ядром, имеющим слабую особенность.
8. Уравнения типа свертки (в том числе нелинейные уравнения).
9. Использование преобразований Лапласа и Меллина.
10. Симметричные интегральные уравнения и уравнения, приводящиеся к ним.
11. Решение интегральных уравнений Вольтера и Фредгольма 1-го рода.
12. Использование производящей функции.
13. Нефредгольмовы и сингулярные интегральные уравнения.
14. Преобразование Гильберта и его использование для решения интегральных уравнений.

### **6.2. Задания к СРС**

В рамках выполнения задания к СРС магистрант подготавливает и защищает реферат по вопросам следующей тематики:

1. Области радиотехники, где используются интегральные уравнения.
2. Выделить сходство классического метода Фредгольма с матричным

исчислением.

3. Соотнесение резольвенты Фредгольма с компонентами задачи анализа свойств линейных систем
4. Радиотехнические системы, описываемые интегральными уравнениями с вырожденным ядром.
5. Способы решения интегральных уравнений с вырожденным ядром.
6. Факторы, влияющие на количество итераций при использовании метода последовательных приближений.
7. Сходство и различие последовательности решения системы интегральных уравнений и системы дифференциальных уравнений.
8. Выигрыш при использовании линейных операторов для решения интегральных уравнений.
9. Радиотехнические аналоги, описываемые интегральными уравнениями типа свертки.
10. Особенности решения интегральных уравнений первого рода Фредгольма и Вольтера.
11. Особенности применения производящей функции для различных интегральных уравнений.
12. Радиотехнические аналоги нефредгольмовых и сингулярных интегральных уравнений.

### **6.3. Вопросы для рейтинг-контроля**

#### **Рейтинг-контроль 1**

1. На чем основана классификация интегральных уравнений?
2. В чем сущность уравнений Фредгольма?
3. В чем сущность уравнений Вольтера?
4. Чем отличаются интегральные уравнения первого рода и второго рода?
5. Последовательность операций при использовании классического метода Фредгольма?
6. Какие предположения необходимо сделать для применения классического метода решения Фредгольма?
7. Что такое Резольвента Фредгольма?
8. Физический аналог понятия «резольвента»?
9. Какого рода однотипные задачи позволяет решить резольвента Фредгольма?
10. Какую выгоду исследователю дает использование резольвенты Фредгольма при решении набора однотипных задач?

#### **Рейтинг-контроль 2.**

1. На чем основано применение метода приближенных решений?

2. Насколько приближенное решение отличается от точного решения при использовании метода последовательных приближений?
3. Когда возникает необходимость применять систему интегральных уравнений?
4. На чем основано объединение областей определения при решении системы интегральных уравнений?
5. В чем состоит сходство методов решения систем интегральных уравнений и систем дифференциальных уравнений?
6. Когда интегральное уравнение становится уравнением с вырожденным ядром?
7. Какой класс физических задач описывают уравнения с линейным оператором?
8. Почему использование линейных операторов значительно упрощает решение интегральных уравнений и в каких ситуациях?
9. Ограничения при решении систем интегральных уравнений с линейными операторами?

### **Рейтинг-контроль 3.**

1. Каким ядрам соответствуют интегральные преобразования Лапласа Фурье и Меллина?
2. В чем состоит аналог использования преобразований Лапласа и Меллина со спектральными методами, используемыми в радиотехнике?
3. Что дает использование симметричных интегральных уравнений?
4. Какими свойствами обладают ядра симметричных интегральных уравнений?
5. Какие виды типовых радиотехнических задач описываются симметричными интегральными уравнениями?
6. В чем состоят ограничения при решении интегральных уравнений Вольтерра и Фредгольма первого рода?
7. В чем существо производящей функции при решении интегральных уравнений?
8. В чем преимущества применения производящей функции при решении радиотехнических задач и когда оно может быть реализовано?
9. Какие задачи оптимальной фильтрации сигналов решаются аппаратом интегральных уравнений?
- Какие физические задачи решаются нелинейными интегральными уравнениями?

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература:**

1. Краснов М.Л. Интегральные уравнения (Введение в теорию)/Главная редакция физико-математической литературы. – М.: Наука, 2015.
2. Краснов М. Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Интегральные уравнения. Задачи и решения. – М.: Наука, 2013.
3. Полушин П.А. Математический аппарат теории сигналов и систем. Учебное пособие. – Владимир, Изд. ВлГУ, 2018. – 87 с. – ISBN 978-5-9984-0887-8

**Дополнительная литература:**

1. Корн. Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 2012.
2. Маделунг Э. Математический аппарат физики – М.: Наука, 2011.

**Отечественные журналы:**

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

**Реферативные журналы:**

- Радиотехника;
- Электроника.

**Зарубежные журналы:**

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

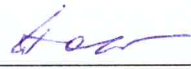
Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

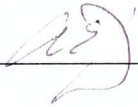
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- наборы слайдов по всем лекциям (от 5 до 20 слайдов по каждой лекции);

**Примечания:**

1. Общее число подготовленных слайдов более 160, они ежегодно редактируются и модернизируются в соответствии с развитием технической и методической базы.

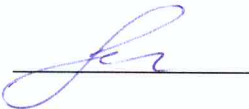
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению «Радиотехника» и профилям подготовки «Радиотехника» и «Радиофизика».

Рабочую программу составил профессор каф. РТ и РС  Полушин П.А.

Рецензент:  Богданов А.Е.

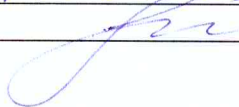
Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС

Протокол № 23 от 26.06.18

Заведующий кафедрой РТ и РС  Никитин О.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления

Протокол № 10 от 22.06.18 года

Председатель комиссии  О.Р. Никитин

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий  
кафедрой \_\_\_\_\_