

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**РАДИОАВТОМАТИКА**

|                                                                                     |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Блок:</b>                                                                        | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                 |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                                             | <b>Обязательная</b>                                 |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                                              | <b>Б1.О.29</b>                                      |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                            | <b>7 семестр - 4;</b>                               |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                             | <b>144 часа</b>                                     |
| <b>Лекции</b>                                                                       | <b>7 семестр - 32 часа;</b>                         |
| <b>Практические занятия</b>                                                         | <b>7 семестр - 16 часов;</b>                        |
| <b>Лабораторные работы</b>                                                          | <b>7 семестр - 16 часов;</b>                        |
| <b>Консультации</b>                                                                 | <b>7 семестр - 2 часа;</b>                          |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                                       | <b>7 семестр - 77,5 часа;</b>                       |
| <b>в том числе на КП/КР</b>                                                         | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Иная контактная работа</b>                                                       | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b> |
| <b>включая:</b><br><b>Лабораторная работа</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b> |                                                     |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                                    |                                                     |
| <b>Экзамен</b>                                                                      | <b>7 семестр - 0,5 часа;</b>                        |

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

---

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Силаева Е.В.                  |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R6dcd8849-SilayevaYV-70915102 |

Е.В. Силаева

---

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

---

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Сизякова А.Ю.                  |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7 |

А.Ю. Сизякова

---

Заведующий выпускающей  
кафедрой

---

|                                                                                   |                                                    |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|                                                                                   | Владелец                                           | Куликов Р.С.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R7ef0b374-KulikovRS-e851162c |

Р.С. Куликов

---

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение принципов построения, функциональных и структурных схем аналоговых и цифровых систем радиоавтоматики и освоение математических методов анализа устойчивости, детерминированных и случайных процессов в линейных и нелинейных системах радиоавтоматики, оптимального синтеза

### Задачи дисциплины

- изучение принципов функционирования конкретных аналоговых систем радиоавтоматики;
- освоение методов анализа линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных систем радиоавтоматики;
- изучение принципов функционирования типовых цифровых систем радиоавтоматики;
- изучение методов синтеза линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных систем радиоавтоматики.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                           | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                             | Запланированные результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики                                              | ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности для анализа и проектирования радиоэлектронных устройств и систем | знать:<br>- основы проектирования оптимальных непрерывных и дискретных фильтров;<br>- принципы функционирования конкретных аналоговых и цифровых систем радиоавтоматики.<br><br>уметь:<br>- проводить анализ устойчивости, детерминированных и случайных процессов в непрерывных и дискретных системах автоматического управления. |
| ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Знает современное состояние области профессиональной деятельности                                                          | уметь:<br>- обрабатывать и представлять данные по результатам экспериментального исследования систем автоматического управления.                                                                                                                                                                                                   |
| ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления                                                                                                           | ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования                                            | уметь:<br>- проводить исследования характеристик систем автоматического управления.                                                                                                                                                                                                                                                |

| Код и наименование компетенции                                                                                                          | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                     | Запланированные результаты обучения                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| экспериментальных данных                                                                                                                |                                                                                                                          |                                                                                                                        |
| ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных | ИД-З <sub>ОПК-4</sub> Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов | уметь:<br>- применять методы анализа и синтеза линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных систем радиоавтоматики. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектронные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать высшую математику
- знать физику
- знать численные методы
- знать радиотехнические цепи и сигналы
- знать метрологию и радиоизмерения
- знать цифровые устройства и программируемые логические интегральные схемы
- уметь рассчитывать корреляционный интеграл
- уметь рассчитывать характеристики процессов на выходе линейных систем
- уметь строить структурные и функциональные схемы модели систем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| №<br>п/п | Разделы/темы<br>дисциплины/формы<br>промежуточной<br>аттестации                                                      | Всего часов<br>на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |    |      |    |    |                   | Содержание самостоятельной работы/<br>методические указания |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|----|------|----|----|-------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                                                      |                          |         | Контактная работа                                                    |     |    |              |    |      |    | СР |                   |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|          |                                                                                                                      |                          |         | Лек                                                                  | Лаб | Пр | Консультация |    | ИКР  |    | ПА | Работа в семестре |                                                             | Подготовка к аттестации /контроль                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          |                                                                                                                      |                          |         |                                                                      |     |    | КПР          | ГК | ИККП | ТК |    |                   |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1        | 2                                                                                                                    | 3                        | 4       | 5                                                                    | 6   | 7  | 8            | 9  | 10   | 11 | 12 | 13                | 14                                                          | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1        | Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем | 29                       | 7       | 10                                                                   | 4   | 4  | -            | -  | -    | -  | -  | 11                | -                                                           | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем."</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем. и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем."</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем.". Студенты</p> |
| 1.1      | Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем | 29                       |         | 10                                                                   | 4   | 4  | -            | -  | -    | -  | -  | 11                | -                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|   |                 |    |  |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|-----------------|----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                 |    |  |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   | необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем." материалу<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 1-10 |
| 2 | Анализ линейных | 35 |  | 10 | 8 | 6 | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|     |                                                                                              |    |  |    |   |   |   |   |   |   |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация                 |    |  |    |   |   |   |   |   |   |   |    | Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2.1 | Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация | 35 |  | 10 | 8 | 6 | - | - | - | - | - | 11 | -<br>Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация"<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация" материалу<br><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания №1 выполняется анализ непрерывной системы РА (системы ФАП, ЧАП, временного или углового сопровождения). Задание выполняется индивидуально по вариантам Расчетное задание направлено на закрепление навыков анализа непрерывной системы РА (системы ФАП, ЧАП, временного или углового сопровождения) Необходимо научиться рассчитывать значение ошибки слежения в установившемся режиме в случае |



|     |                                              |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|----------------------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                              |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | [3], стр. 1-10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3   | Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ | 23 |  | 6 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 11 | - | <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br/>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе</p> |
| 3.1 | Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ | 23 |  | 6 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 11 | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|     |                                         |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|-----------------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                         |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    | необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ" материалу<br><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания №2 выполняется анализ дискретных систем радиоавтоматики. Для выполнения РГР выполняются предварительные расчеты матожидания ошибки слежения и флуктуационной составляющей ошибки слежения в установившемся режиме<br>Задание выполняется индивидуально по вариантам<br>Расчётное задание направлено на закрепление навыков анализа дискретных систем радиоавтоматики на примере анализа обобщённой дискретной системы радиоавтоматики. При этом для простоты полагается, что входные воздействия, дискриминационная характеристика (ДХ) и коэффициент усиления фильтра безразмерны; размерны только постоянная времени и период дискретизации<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], стр. 21-40 |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4   | Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана | 21 |  | 6 | - | 4 | - | - | - | - | - | 11 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана"                                                                                                                                                |
| 4.1 | Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана | 21 |  | 6 | - | 4 | - | - | - | - | - | 11 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана" материалу. Дополнительно |

|  |                  |       |  |    |    |    |   |   |   |   |     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--|------------------|-------|--|----|----|----|---|---|---|---|-----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |                  |       |  |    |    |    |   |   |   |   |     |      | студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам<br><u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана"<br><u><b>Подготовка к аудиторным занятиям:</b></u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><u><b>Подготовка к практическим занятиям:</b></u> Изучение материала по разделу "Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[2], стр. 40-60 |  |
|  | Экзамен          | 36.0  |  | -  | -  | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -    | 33.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|  | Всего за семестр | 144.0 |  | 32 | 16 | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 44   | 33.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|  | Итого за семестр | 144.0 |  | 32 | 16 | 16 | 2 |   | - |   | 0.5 | 77.5 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем

1.1. Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем

Принципы построения и классификация систем радиоавтоматики. Системы радиоавтоматики как важный вид систем автоматического управления. Роль систем радиоавтоматики в радиотехнических устройствах и системах. Радиотехнические следящие системы. Обобщенная радиотехническая следящая система. Функциональная и структурная схемы. Дискриминаторы радиотехнических следящих систем и их статистические эквиваленты. Дифференциальные уравнения, описывающие поведение непрерывных нелинейных и линейных систем радиоавтоматики (РА). Определение операторных коэффициентов передачи. Правила структурных преобразований.

#### 2. Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация

2.1. Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация

Анализ устойчивости линейных систем РА (СРА). Понятие устойчивости. Анализ устойчивости алгебраическим и частотным методами. Сравнение методов. Оценка запаса устойчивости. Анализ детерминированных процессов в линейных системах РА в переходном и установившемся режимах при нулевых и ненулевых начальных условиях. Методы анализа. Показатели качества переходного процесс. Понятие астатизма следящей системы. Анализ случайных процессов в линейных стационарных системах РА. Определение характеристик случайных процессов в установившемся режиме. Определение дисперсии процессов в установившемся и переходном режимах. Определение эквивалентной шумовой полосы пропускания системы. Анализ точности работы линейной системы РА с учетом динамических и флуктуационных ошибок. Оптимизация параметров системы. Анализ нелинейных систем РА. Нелинейные режимы работы следящей системы. Режимы захвата и срыва сопровождения. Методы анализа. Метод статистической линеаризации.

#### 3. Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ

3.1. Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ

Аналого-цифровые системы РА. Функциональная схема. Математическое описание АЦП и ЦАП. Цифровые фильтры. Дискретные фильтры и их математическое описание. Структурная схема аналого-цифровой следящей системы. Полностью цифровая система ФАП. Цифровые дискриминаторы, цифровые генераторы опорного сигнала. Дискретные системы РА. Сведение аналого-цифровой и полностью цифровой системы к линейной дискретной системе РА. Математическое описание дискретных систем РА. Определение передаточных функций, комплексных коэффициентов передачи, разностных уравнений. Анализ дискретных систем РА. Методы анализа. Анализ устойчивости. Анализ детерминированных процессов. Анализ случайных процессов.

#### 4. Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана

4.1. Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана

Синтез оптимальных фильтров систем РА - постановка задачи. Методы синтеза. Синтез фильтров методом пространства состояний. Уравнения оптимальных линейных фильтров

Калмана и Калмана-Бьюси. Уравнения оптимального нелинейного фильтра – «расширенного» фильтра Калмана.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Определение операторного коэффициента передачи СРА. Правила структурных преобразований;
2. Анализ переходных процессов. Анализ характеристик линейной следящей системы в установившемся режиме при детерминированных воздействиях. Понятие астатизма линейной следящей системы;
3. Анализ воздействия белого гауссовского шума на линейную следящую систему. Анализ воздействия случайного воздействия с дробно рациональным спектром на линейную следящую систему;
4. Оптимизация параметров следящей системы;
5. Анализ переходных процессов. Анализ характеристик дискретных линейной следящей системы в установившемся режиме при детерминированных воздействиях;
6. Анализ воздействия дискретного белого гауссовского шума на дискретную линейную следящую систему;
7. Оптимальная линейная фильтрация (синтез фильтра Калмана и Калмана-Бьюси);
8. Устойчивость линейных следящих систем: алгебраический и частотный критерий устойчивости.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Нелинейные режимы работы системы слежения за частотой;
2. Нелинейная дискретная система слежения за фазой;
3. Система слежения за задержкой сигнала;
4. Угловой дискриминатор.

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации направлены на обсуждение сложных вопросов дисциплины по разделу
2. Консультации направлены на обсуждение сложных вопросов дисциплины по разделу
3. Консультации направлены на обсуждение сложных вопросов дисциплины по разделу
4. Консультации направлены на обсуждение сложных вопросов дисциплины по разделу

#### Текущий контроль (ТК)

1. Обсуждаются вопросы расчетного задания №1 по разделу "Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем." Консультации направлены на обсуждение решения задач по разделу
2. Обсуждаются вопросы расчетного задания №1 по части раздела "Анализ линейных систем радиоавтоматики." Консультации направлены на обсуждение решения задач по разделу
3. Обсуждаются вопросы расчетного задания №2 по разделу Консультации направлены на обсуждение решения задач по разделу
4. Консультации направлены на обсуждение решения задач по разделу

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                                                    | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|---|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                       |                  | 1                                                 | 2 | 3 | 4 |                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                         |                  |                                                   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                        |
| принципы функционирования конкретных аналоговых и цифровых систем радиоавтоматики                                                     | ИД-3ОПК-1        |                                                   | + |   |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 «Система слежения за задержкой сигнала»<br><br>Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Угловой дискриминатор»                                           |
| основы проектирования оптимальных непрерывных и дискретных фильтров                                                                   | ИД-3ОПК-1        | +                                                 |   |   |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 «Система слежения за задержкой сигнала»                                                                                                                     |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                         |                  |                                                   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                        |
| проводить анализ устойчивости, детерминированных и случайных процессов в непрерывных и дискретных системах автоматического управления | ИД-3ОПК-1        |                                                   | + |   |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 «Система слежения за задержкой сигнала»<br><br>Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Угловой дискриминатор»                                           |
| обрабатывать и представлять данные по результатам экспериментального исследования систем автоматического управления                   | ИД-1ОПК-2        |                                                   |   | + |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа №3 «Нелинейные режимы работы системы слежения за частотой»                                                                                                     |
| проводить исследования характеристик систем автоматического управления                                                                | ИД-2ОПК-4        |                                                   |   | + |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа №3 «Нелинейные режимы работы системы слежения за частотой»<br><br>Лабораторная работа/Лабораторная работа №4 «Нелинейная дискретная система слежения за фазой» |
| применять методы анализа и синтеза линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных систем радиоавтоматики                             | ИД-3ОПК-4        |                                                   |   |   | + | Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания<br><br>Лабораторная работа/Лабораторная работа №4 «Нелинейная дискретная система слежения за                                                     |

|  |  |  |  |  |  |        |
|--|--|--|--|--|--|--------|
|  |  |  |  |  |  | фазой» |
|--|--|--|--|--|--|--------|

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
2. Лабораторная работа №1 «Система слежения за задержкой сигнала» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа №2 «Угловой дискриминатор» (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа №3 «Нелинейные режимы работы системы слежения за частотой» (Лабораторная работа)
5. Лабораторная работа №4 «Нелинейная дискретная система слежения за фазой» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и составляющей промежуточной аттестации

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Перов, А. И. Радиоавтоматика : учебник для вузов по специальности 210601 " Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. И. Перов, В. Н. Замолодчиков, В. М. Чиликин . – М. : Радиотехника, 2014 . – 320 с. - ISBN 978-5-88070-366-1 .;
2. Куликов, Р. С. Системы автоматического слежения за параметрами сигнала : лабораторный практикум по курсу "Радиоавтоматика" по направлению "Радиотехника" и специальности "Радиоэлектронные системы и комплексы" и по курсу "Управление в биотехнических системах" по направлению "Биотехнические системы и технологии" / Р. С. Куликов, Е. В. Захарова, Д. В. Царегородцев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 64 с. - ISBN 978-5-7046-2042-6 .  
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=10328>;
3. Коновалов Г. Ф.- "Радиоавтоматика", (3-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2017 - (356 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/93770>.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);

4. Libre Office;
5. ОС Linux;
6. GNU Octave.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
12. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения                                                           | Номер аудитории, наименование                      | Оснащение                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                            | сервер, кондиционер                                                                                                                    |
|                                                                         | А-400, Учебная аудитория "А"                       | парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный    |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Ж-400/5, Лаборатория «Системы передачи информации» | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, указка, стенд лабораторный |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Ж-400/6, Кафедральная вычислительная лаборатория   | стол компьютерный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный                                          |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной                          | Ж-400/5, Лаборатория «Системы передачи информации» | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в                                      |

|                                                          |                                         |                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| аттестации                                               |                                         | Интернет, указка, стенд лабораторный                                                                                                               |
| Помещения для самостоятельной работы                     | НТБ-201, Компьютерный читальный зал     | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования                           | Ж-400/1, Кабинет сотрудников каф. "РТС" | рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, журналы, книги, учебники, пособия                                      |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Ж-400/9, Прочее каф. "РТС"              | стеллаж для хранения книг, стул, книги, учебники, пособия                                                                                          |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Радиоавтоматика

(название дисциплины)

## 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Лабораторная работа №1 «Система слежения за задержкой сигнала» (Лабораторная работа)
- КМ-2 Лабораторная работа №2 «Угловой дискриминатор» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Лабораторная работа №3 «Нелинейные режимы работы системы слежения за частотой» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Лабораторная работа №4 «Нелинейная дискретная система слежения за фазой» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                                                                                                    | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|
|               |                                                                                                                      | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 14   | 15   |
| 1             | Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Принципы построения систем радиоавтоматики. Дискриминаторы следящих систем. Операторные коэффициенты передачи систем |            | +    |      |      |      |      |
| 2             | Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация                         |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Анализ линейных систем радиоавтоматики. Нелинейные системы радиоавтоматики и их линеаризация                         |            | +    | +    |      |      |      |
| 3             | Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ                                                                         |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Цифровые системы радиоавтоматики и их анализ                                                                         |            |      |      | +    | +    |      |
| 4             | Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана                                                                              |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Оптимальная фильтрация, фильтры Калмана                                                                              |            |      |      |      | +    | +    |
| Вес КМ, %:    |                                                                                                                      |            | 15   | 15   | 15   | 15   | 40   |