

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением президиума Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

**Рабочая программа дисциплины**

Радиоавтоматика  
(наименование дисциплины (модуля))

---

Уровень высшего образования  
Специалитет  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

---

Направление подготовки / специальность  
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

---

Направленность образовательной программы  
Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

---

Форма обучения  
очная  
(очная / очно-заочная / заочная)

---

Нижний Новгород

2022 год

### 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Радиоавтоматика» относится к дисциплинам обязательной части (блок Б1.О) основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) высшего образования по направлению подготовки 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы» на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 6-м семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- освоение базовой теории автоматического регулирования в приложении к радиотехническим системам;
- умение использовать методы теории автоматического регулирования для решения задач проектирования и расчета параметров систем радиоавтоматики.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 Способен проводить математическое и компьютерное моделирование, моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений Этап освоения: базовый	31 (ПК-2). Знать основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники. 32 (ПК-2). Знать математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств У1 (ПК-2). Уметь применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. У2 (ПК-2). Уметь проводить экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радио-электронных средств и апробации перспективных технических решений

### 3. Структура и содержание дисциплины «Радиоавтоматика»

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем, 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, включающая подготовку к зачету.

## Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе															Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них																	
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации			Всего					
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная			
Примеры аналоговых систем радиоавтоматики, функциональные схемы и математические модели. Классификация систем радиоавтоматики.	11			3										3			8				
Преобразование Лапласа. Структурная схема аналоговых систем радиоавтоматики. Передаточные и переходные функции.	11			3										3			8				
Типовые звенья аналоговых систем. Частотные характеристики	6			2										2			4				
Критерии устойчивости аналоговых систем радиоавтоматики	12			4										4			8				
Критерии качества. Статическая и динамические ошибки	6			2										2			4				
Решение задач на определение точности, устойчивости,	12			4										4			8				

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе														Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них																
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации			Всего				
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная		
частотных характеристик систем радиоавтоматики																				
Анализ систем радиоавтоматики в пространстве состояний. Оптимизация по интегральным оценкам	11			3									3			8				
Цифровые системы радиоавтоматики. Z-преобразование. Математическая модель и спектр дискретизированного сигнала	10			2									2			8				
Структурная схема цифровой системы радиоавтоматики. Передаточные и частотные характеристики	6			2									2			4				
Цифровые фильтры	6			2									2			4				
Устойчивость, переходные процессы и анализ точности цифровых систем радиоавтоматики	11			3									3			8				
Введение в методы оптимальной оценки параметров в системах радиоавтоматики.	5			2									2			3				

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе												Самостоятельная работа обучающегося, часы	
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них													
				Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		Занятия лабораторного типа		Консультации		Всего					
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная		
Фильтр Калмана																	
В т.ч текущий контроль	1																
Промежуточная аттестация: зачёт																	

Текущий контроль успеваемости проходит в форме опроса на занятиях. Итоговый контроль осуществляется на зачете.

#### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий.

**Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:**

- лекции с проблемным изложением учебного материала.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы – основная и дополнительная литература.

5.1 Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Примеры аналоговых систем радиоавтоматики (системы частотной и фазовой автоподстройки частоты, система автоматического регулирования усиления), функциональные схемы. Классификация систем радиоавтоматики.

2. Преобразование Лапласа. Математические модели систем радиоавтоматики, линеаризация.

3. Структурная схема аналоговых систем радиоавтоматики. Передаточные и переходные функции.

4. Частотные характеристики систем радиоавтоматики.

5. Типовые звенья аналоговых систем.

6. Дифференциальные уравнения систем радиоавтоматики. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Влияние задержки в системе на устойчивость.

7. Частотные критерии устойчивости аналоговых систем радиоавтоматики (критерии Михайлова, Найквиста, определение устойчивости по АЧХ и ФЧХ). Запасы устойчивости.

8. Критерии качества. Статическая и динамические ошибки.

9. Решение задач на определение точности, устойчивости, частотных характеристик систем радиоавтоматики.

10. Анализ систем радиоавтоматики в пространстве состояний. Оптимизация по интегральным оценкам.

11. Цифровые системы радиоавтоматики. Z-преобразование. Математическая модель и спектр дискретизированного сигнала.

12. Структурная схема цифровой системы радиоавтоматики. Передаточные и частотные характеристики.

13. Цифровые фильтры. Описание, схемы, основные отличия КИХ и БИХ фильтров.

14. Устойчивость, переходные процессы и анализ точности цифровых систем радиоавтоматики.

15. Введение в методы оптимальной оценки параметров в системах радиоавтоматики. Фильтр Калмана

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

**ПК-2.** Способен проводить математическое и компьютерное моделирования, моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<b>Знания</b> Знать основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей

задач радиоэлектроники. Знать математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств							
<u>Умения</u> Уметь применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. Уметь проводить экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений	Отсутствует способность решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных и широкого круга нестандартных задач

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.  
Описание шкал оценивания

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета в конце семестра. Отводимое на подготовку ответов время – около 1 академического часа. Шкала оценивания имеет два значения: зачет, незачет. Итоговый контроль сформированности компетенций в виде знаний обеспечивается ответами на контрольные вопросы, в виде умений и навыков – защитой отчета о лабораторной работе.

### Критерии оценок:

Зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
Не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

1. Функциональная схема системы ЧАП/ФАПЧ/АРУ. Принцип работы. Математическое описание отдельных блоков и системы в целом.

2. Классификация систем радиоавтоматики. Структурные схемы аналоговых систем радиоавтоматики.

3. Переходные и передаточные функции систем радиоавтоматики.

4. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики. Логарифмические частотные характеристики.

5. Типовые звенья систем радиоавтоматики.

6. Дифференциальные уравнения систем радиоавтоматики. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Влияние задержки в системе на устойчивость.

7. Частотные критерии устойчивости аналоговых систем радиоавтоматики (критерии Михайлова, Найквиста, определение устойчивости по АЧХ и ФЧХ). Запасы устойчивости.

8. Критерии качества. Статическая и динамические ошибки.

9. Определить переходную и импульсную переходную функции системы радиоавтоматики с передаточной функцией  $W(p) = (1+pT_1)^{-1}(1+pT_2)^{-1}$ .

10. Найти передаточные функции и ошибку в системе ФАПЧ, в которой ФНЧ описывается передаточной функцией  $W(p) = (1+pT_1)^{-1}(1+pT_2)$ .

11. Найти условия устойчивости системы ФАПЧ, передаточная функция которой в разомкнутом состоянии имеет вид:

$$W(p) = K (1+pT_2) (1+pT_1)^{-1}(1+pT_{\text{ФД}})^{-1}.$$

12. Найти динамическую ошибку при входном сигнале  $x(t) = a_1t + 0.5a_2t^2$  следящей системы, передаточная функция которой в разомкнутом состоянии:

$$W(p) = K (1+pT_2)p^{-1}(1+pT_1)^{-1}(1+pT_3)^{-1}.$$

13. Анализ систем радиоавтоматики в пространстве состояний. Оптимизация по интегральным оценкам.

14. Цифровые системы радиоавтоматики. Z-преобразование. Математическая модель и спектр дискретизированного сигнала.

15. Структурная схема цифровой системы радиоавтоматики. Передаточные и частотные характеристики.

16. Цифровые фильтры. Описание, схемы, основные отличия КИХ и БИХ фильтров.

17. Устойчивость, переходные процессы и анализ точности цифровых систем радиоавтоматики.

18. Введение в методы оптимальной оценки параметров в системах радиоавтоматики. Фильтр Калмана

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:



1. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учеб. Для вузов по спец. «Радиотехника» / М.: Высш. Шк., 1990.
2. Первачев С.В. Радиоавтоматика: Учебник для вузов / М.: Радио и связь, 1982.

б) дополнительная литература:

1. Системы фазовой синхронизации /Под ред. В.В. Шахгильдяна, Л.Н. Белюстиной. М.: Радио и связь, 1982.
2. Линдсей В. Системы синхронизации в связи и управлении /М. Советское радио, 1978 г.
3. Жодзишский М.И., Сила-Новицкий С.Ю., Прасолов В.А. и др. Цифровые системы фазовой синхронизации / Под ред. Жодзишского М.И. М.: Сов. Радио, 1980.
4. Шахтарин Б.И. Фильтры Винера и Калмана / Учебное пособие для вузов. Изд-во Горячая линия – Телеком, 2014.
5. Мишагин К.Г., Шалфеев В.Д., Пономаренко В.П. Нелинейная динамика систем фазирования в антенных решетках / Учебное пособие. Изд-во ННГУ. Н. Новгород, 2008.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Лекционные аудитории.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 11.05.02. «Специальные радиотехнические системы»

Автор \_\_\_\_\_ Мишагин К.Г.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Матросов В.В.

**Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета**

**Протокол 4/17 от 30.08.2022 года.**