

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Функциональное моделирование колебательных систем

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Нелинейные колебания и волны

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.01 Функциональное моделирование колебательных систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	ПК-1.1: Знать принципы построения функциональных моделей колебательных систем. Уметь выбирать необходимую функциональную модель для изучения исследуемой системы по информации, полученной из различных источников.  ПК-1.2: Владеть методами функционального моделирования и анализа результатов исследования динамики колебательных систем.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Участвует в	ПК-2.1: Знать современное состояние исследований в области математического и функционального моделирования динамики колебательных систем.  ПК-2.2: Уметь выбирать и применять аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования к анализу динамики колебательных систем.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

	<p>планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.3: Владеть навыками планирования, подготовки, проведения НИР в области функционального моделирования колебательных систем</p> <p>ПК-2.4: Владеть навыками анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций в области функционального моделирования колебательных систем.</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1: Знать основные требования к содержанию публикации в рецензируемых научных изданиях в области радиофизики</p> <p>ПК-3.2: Уметь представлять результаты исследований в области радиофизики академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Владеть навыками формулировки цели, задач и составления плана исследования в области радиофизики</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
<b>- занятия лекционного типа</b>	<b>32</b>

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1: Введение в теорию функционального описания систем. Принципы построения функциональных моделей..	13	4	0	4	9
Тема 2: Функциональное описание линейных радиотехнических цепей.	13	4	0	4	9
Тема 3: Функциональное описание нелинейных радиотехнических цепей.	21	6	0	6	15
Тема 4: Системы с обратной связью (усиление, генерация и релаксация).	21	6	0	6	15
Тема 5: Системы автоматического регулирования.	13	4	0	4	9
Тема 6: Разработка и исследование динамики функциональных моделей в среде «MATLAB Simulink» на примере системы фазовой автоподстройки частоты с полосовым фильтром.	13	4	0	4	9
Тема 7: Разработка и исследование динамики функциональных моделей в среде «NI LabVIEW» на примере системы фазовой автоподстройки частоты с полосовым фильтром.	13	4	0	4	9
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

### Содержание разделов и тем дисциплины

-

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Используя функциональные операторы сложения, умножения, вычитания и деления реализовать модель фильтра нижних частот первого порядка.
2. Используя функциональные операторы сложения, умножения, вычитания и деления реализовать модель фильтра верхних частот первого порядка.
3. Используя функциональные операторы сложения, умножения, вычитания и деления реализовать модель полосового фильтра первого порядка.
4. Реализовать функциональную модель автогенератора сигналов прямоугольной формы.
5. Реализовать функциональную модель автогенератора сигналов треугольной формы.
6. Реализовать функциональную модель автогенератора сигналов квазисинусоидальной формы.
7. Реализовать функциональную модель ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциального) регулятора.
8. Реализовать функциональную модель системы ФАП (фазовой автоподстройки частоты) с фильтром нижних частот первого порядка.
9. Реализовать функциональную модель системы ФАП с полосовым фильтром первого порядка.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

1. Исследовать влияние параметров функциональной модели фильтра нижних частот первого порядка на полосу пропускания.
2. Исследовать влияние параметров функциональной модели фильтра верхних частот первого порядка на полосу пропускания.
3. Исследовать влияние параметров функциональной модели полосового фильтра первого порядка на полосу пропускания.
4. Исследовать влияние параметров функциональной модели автогенератора сигналов треугольной формы на частоту, амплитуду и форму генерируемого сигнала.
5. Исследовать влияние параметров функциональной модели автогенератора сигналов квазисинусоидальной формы на частоту, амплитуду и форму генерируемого сигнала.

6. Исследовать влияние параметров функциональной модели ПИД регулятора на скорость и ошибку авторегулирования.
7. Исследовать влияние параметров функциональной модели системы ФАП с фильтром нижних частот первого порядка на ширину полосы захвата и удержания синхронизации.
8. Исследовать влияние параметров функциональной модели системы ФАП с полосовым фильтром первого порядка на форму и частоту возникающих биений.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Составить план исследования функциональной модели ПИД регулятора.
2. Составить план исследования функциональной модели системы ФАП с фильтром нижних частот первого порядка.
3. Составить план исследования функциональной модели системы ФАП с полосовым фильтром первого порядка.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой, или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо», или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо», или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».

	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Что такое функциональная модель?
2. Какие принципы лежат в основе построения функциональных моделей?
3. Что такое функциональная схема зачем она нужна и какие элементы она в себя включает?
4. Где и для чего применяются функциональные схемы?
5. что такое передаточная характеристика цепи?
6. Что такое обратная связь?
7. Как влияет обратная связь на динамику системы?
8. Какие динамические режимы свойственны системам с обратной связью?
9. Что такое система автоматического регулирования?
10. Для чего применяются системы автоматического регулирования?
11. Какие основные принципы построения систем автоматического регулирования?

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Какие типы операторов фильтрации существуют?
2. Основные параметры операторов фильтрации и как эти параметры влияют на передаточную характеристику?
3. Особенности построения и исследование динамики функциональных моделей в среде графического программирования «MATLAB Simulink».
4. Особенности построения и исследование динамики функциональных моделей в среде графического программирования «NI LabVIEW».

#### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

-

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой, или все компетенции (части компетенций), на формирование которых



Оценка	Критерии оценивания
	направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо», или все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо», или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

### Основная литература:

1. Глызин Сергей Дмитриевич. Численные методы анализа динамических систем : учеб. пособие / Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. - Ярославль : [Изд-во Ярослав. гос. ун-та], 2002. - 76 с. - ISBN 5-8397-0232-3 : 8.00., 1 экз.
2. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / ред. Дж. Холл, Дж. Уатт ; пер. с англ. В. В. Поспелова, Б. П. Герасимова ; под ред. А. Д. Горбунова. - М. : Мир, 1979. - 312 с. : ил. - 1.70., 3 экз.
3. Степанов А. Б. Цифровая обработка сигналов в радиотехнических системах : учебное пособие / Степанов А. Б. - Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. - 42 с. - Книга из коллекции СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=829942&idb=0>.
4. Денисенко А. Н. Цифровые сигналы и фильтры : теория и практика применения. - М. : Медпрактика-М, 2008. - 188 с. - (Компьютерные технологии и радиотехника). - ISBN 978-5-98803-131-4 : 60.00., 1 экз.
5. Ястребов Игорь Павлович. Дискретизация непрерывных сигналов во времени. Теорема Котельникова : учебно-методическое пособие / И. П. Ястребов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 31 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851273&idb=0>.
6. Минаев И. Г. Введение в теорию автоматического регулирования : учебное пособие / Минаев И. Г., Самойленко В. В., Ушкур Д. Г. - Ставрополь : СтГАУ, 2019. - 172 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СтГАУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-9596-1502-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=753823&idb=0>.
7. Шалфеев Владимир Дмитриевич. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н.

Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 366 с. - ISBN 978-5-91326-201-1 : 691.79., 2 экз.

8. Основы радиоэлектроники : учебное пособие / И. Я. Орлов, В. А. Односеццев, Д. Н. Ивлеву, С. Ю. Лупов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Учебно-научный и инновационный комплекс «Физические основы информационно-телекоммуникационных систем». - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2011. - 169 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=892019&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Веремей Е. И. Линейные системы с обратной связью / Веремей Е. И. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - Допущено УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению «Прикладная математика и информатика» и «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-8114-1412-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800183&idb=0>.

2. Штыков В. В. Введение в радиоэлектронику : учебник и практикум / В. В. Штыков. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 228 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-09209-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=843718&idb=0>.

3. Пиковский А. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / пер. с англ. А. С. Пиковского, М. Г. Розенблюма. - М. : Техносфера, 2003. - 496 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 5-94836-020-2 : 270.00., 23 экз.

4. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.

5. Рылов С. А. Основы графического программирования в среде LabView. Практикум. Ч. 1. Основы графического программирования в среде LabView. Практикум. Часть 1 / Рылов С. А. - Москва : РТУ МИРЭА, 2022. - 73 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=828318&idb=0>.

6. Рылов С. А. Основы графического программирования в среде Labview. Ч. 2. Основы графического программирования в среде Labview. Часть 2. Практикум / Рылов С. А. - Москва : РТУ МИРЭА, 2022. - 68 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=861376&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- Лицензионное программное обеспечение «Matlab» для разработки и исследования математических моделей
- Программный пакет «Matlab Simulink» для разработки и исследования функциональных моделей
- Лицензионное программное обеспечение «Ni Labview» для разработки и исследования функциональных моделей

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими

средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Большаков Денис Иванович, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.