

Нальчик 2023

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины вариативной части блока 1, магистрантам очной формы обучения по направлению подготовки 15.04.06. «Мехатроника и робототехника» в 3 семестре.

Рабочая программа составлена в соответствии с рабочим учебным планом и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования ФГОС 3++ по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1023 от 14.08.2020.

## СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	9
6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	10
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	11
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	13

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина нацелена на подготовку магистров:

- к проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности в области мехатроники, связанной с математическим моделированием процессов автоматических систем с использованием компьютерной техники;
- к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений, непрерывному самосовершенствованию для полной реализации своей профессиональной карьеры.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина относится к профессиональному циклу вариативной части модуля. Указанная дисциплина является одной из важнейших для профиля. Пререквизитами данной дисциплины являются: «Математика», «Физика», «Информатика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Силовая электроника».

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении дисциплины студенты должны научиться разрабатывать математические модели электромеханических преобразователей и полупроводниковых преобразователей напряжения; выбирать методы решения математических моделей; реализовывать компьютерные модели; обрабатывать полученные результаты.

После изучения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы.

Соответствие результатов освоения дисциплины «Математическое и имитационное моделирование мехатронных систем» формируемым компетенциям представлено ниже.

способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей (ПК-1)

. Способность к подготовке технического задания на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем (ПК-9).

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

– принципы математического и имитационного моделирования автоматических систем управления;

– методы получения и исследования математических моделей объектов различной физической природы;

**Уметь:**

– ставить задачу моделирования, выбирать структуру, а также алгоритмическую и программную реализацию имитационной модели сложного динамического объекта управления;

– получать математические модели динамики объектов с элементами различной физической природы и оценивать их адекватность;

– планировать машинные эксперименты, получать и правильно интерпретировать их результаты;

**Владеть:**

– системами автоматизированного моделирования и исследования технических систем на ЭВМ.

## **4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Содержание разделов дисциплины**

№ разд.	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1.	Теоретические и практические аспекты математического моделирования	Место и роль математического моделирования при исследовании технических объектов. Сущность и классификация математических моделей. Методологические основы математического моделирования. Методы и технологии построения математических моделей электротехнических объектов.	К РК
2.	Математическое моделирование электромеханических и статических преобразователей энергии	Расчет параметров электромеханических преобразователей. Моделирование трансформатора. Моделирование асинхронного двигателя. Моделирование полупроводниковых преобразователей энергии.	К РК
3.	Реализация математических моделей.	Численные методы решения математических моделей. Прикладные пакеты компьютерного моделирования	К РК

### **4.2. Структура дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов)

Вид работы	3 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
<i>Лекции (Л)</i>	8	8
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	14	14
<i>Лабораторные (ЛР)</i>	12	12
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>47</b>	<b>47</b>
Самостоятельное изучение разделов	25	25
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	22	22
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	экзамен	

№ раз- дела	Наименование разделов
1.	Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем. Основные понятия и задачи
2.	Математическое моделирование электромеханических и статических преобразователей энергии
3.	Реализация математических моделей мехатронных и робототехнических систем

#### 4.3. Лабораторные занятия

	Темы занятий
1.	Знакомство с пакетом MATLAB и его приложением Simulink
2.	Моделирование функций
3.	Численные методы решения дифференциальных уравнений. Моделирование электрического контура в Simulink
4.	Моделирование трансформатора
5.	Моделирование асинхронного двигателя
6.	Моделирование полупроводниковых преобразователей энергии

	(инвертор, управляемый выпрямитель)
7.	Моделирование мехатронной системы

#### 4.4. Практические занятия

№	Тема
1	Математическое описание непрерывных объектов управления в мехатронных и робототехнических системах
2	Математическое описание дискретных объектов управления в мехатронных и робототехнических системах
3	Динамические характеристики объектов управления
4	Оценка качества и требования к динамическим характеристикам мехатронных и робототехнических систем
5	Регуляторы в мехатронных системах
6	Динамические характеристики импульсного звена
7	Модели источников электрической энергии

#### 4.5. Курсовая работа

Курсовая работа не предусмотрена.

#### 4.6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно- ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая и опережающая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку к зачету.

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Модели электромеханических преобразователей
2.	Методы решения линейных и нелинейных алгебраических уравнений электромагнитных связей
3.	Имитационное моделирование робототехнических систем

В процессе преподавания дисциплины используются методы проблемного и проектного обучения, исследовательские методы, а также принятая в КБГУ балльно-рейтинговая система обучения и контроля знаний, которые способствует развитию самостоятельности и ответственности будущих специалистов.

При реализации дисциплины должны использоваться следующие образовательные технологии.

№ п/п	Наименование технологии	Вид занятий	Краткая характеристика
1.	Метод проблемного изложения материала	Лекционные, лабораторные и практические занятия	Изложение теоретического материала и разбор конкретных ситуаций и задач при активном диалоге с обучающимися
2.	Интерактивная форма проведения занятий	Лекционные, лабораторные и практические занятия	Использование мультимедийного оборудования, компьютерных технологий и сетей
3.	Дистанционное обучение	Самостоятельная работа, в т.ч. в диалоге с преподавателем	Использование компьютерных технологий и сетей; работа в библиотеке

Информационные ресурсы используются при реализации следующих видов занятий

№ п/п	Наименование информационных ресурсов	Вид занятий	Краткая характеристика
1.	Программное обеспечение	Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа	Изложение теоретического материала, выполнение аудиторных заданий, самостоятельная работа
2.	Интернет-ресурсы	Практические занятия, самостоятельная работа	Выполнение аудиторных заданий, самостоятельная работа

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Вопросы к контрольным рейтинговым мероприятиям

1. Место и роль математического моделирования при исследовании мехатронных и робототехнических систем
2. Сущность и классификация математических моделей
3. Методологические основы математического моделирования
4. Методы и технологии построения математических моделей электротехнических объектов



5. Математическое моделирование электромеханических и статических преобразователей энергии
6. Расчет параметров электромеханических преобразователей
7. Моделирование трансформатора
8. Моделирование асинхронного двигателя
9. Реализация математических моделей
10. Прикладные пакеты компьютерного моделирования.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем. Основные понятия и задачи
2. Математическое описание непрерывных объектов управления в мехатронных и робототехнических системах
3. Математическое описание дискретных объектов управления в мехатронных и робототехнических системах
4. Динамические характеристики объектов управления
5. Оценка качества и требования к динамическим характеристикам мехатронных и робототехнических систем
6. Регуляторы в мехатронных системах
7. Динамические характеристики импульсного звена
6. Модели источников электрической энергии
7. Активные элементы силовых полупроводниковых преобразователей
8. Модельное исследование устройств силовой электроники
9. Электрические машины в пакете Sim Power System
10. Моделирование мехатронных систем постоянного тока
11. Исследование статических характеристик робототехнической системы
12. Модели синхронных и асинхронных машин

#### **Критерии оценки экзамена**

**- 86-100 баллов, «отлично»** ставится студенту, который полностью раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой, изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности;

**- 71-85, «хорошо»** - ставится студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но допускает в ответе некоторые неточности;

**- 56-70, «удовлетворительно»** - ставится студенту, если неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса, недостаточно правильные формулировки базовых понятий,

**- 36-55, «неудовлетворительно»** - ставится студенту, который не раскрыл основное содержание учебного материала, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей (ПК-1)	Знает способы составления математических моделей мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модели. Умеет составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем с применением методов формальной логики, методов искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей и др. Владеет навыками составления математических моделей мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модели.	Коллоквиумы, экзамен
Способность к подготовке технического задания на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем (ПК-9).	Знает основные приемы и подходы к подготовке технического задания на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем. Умеет составлять техническое задание на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем. Владеет способами и методами составления технических заданий на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем.	Коллоквиумы, экзамен

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Основная литература

1. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов / В. П. Тарасик. - Минск: Новое знание, 2013. - 584 с
2. Герман-Галкин С.Г., Кардонов Г.А. Электрические машины: Лабораторные

работы на персональном компьютере. - СПб.: КОРОНА принт, 2010. - 256с.

3. В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбникова. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для студентов и аспирантов. - 2008. - 91 с.

4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. - М.: ДМК Пресс, 2012. - 288 с.

## 7.2. Учебная литература дополнительная

5. Лузина Л.И. Компьютерное моделирование: Учебное пособие. - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. - 105 с.

6. Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов / В. Н. Ашихмин [и др.]; под ред. П. В. Трусова. - М.: Логос, 2004. - 440 с.

7. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования: Учебник, 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984. - 439 с.

8. Системы автоматизированного проектирования: В 9-ти кн. Кн. 4. Математические модели технических объектов: Учебн. пособие для вузов /В.А. Трудоношин, Н.В. Пивоварова; Под ред. И.П. Норенкова. -М.: Высш. шк., 1986. - 160с.

9. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. - М.: Высш. шк., 1998. - 320 с.

10. Ортега Дж., Пул У. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений /Пер. с англ.; Под ред. А.А. Абрамова. - М.: Наука, 1986. - 288 с.

11. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: Практическое руководство /Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 238 с.

12. Мудров А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языке Бейсик, Фортран и Паскаль. Томск, МП Раско, 1992.

13. Краскевич Е.В., Зеленский К.К., Гречко В.И. Численные методы в инженерных исследованиях. - Киев: Вища школа, 1986. - 253 с.

14. Холл Дж., Уатт Дж. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. - М.: Мир, 1979. - 312 с.

15. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. -М.: Наука, 1984.

16. Самарский А.А. Введение в численные методы. - М.: Наука, 1987.

17. Смит Джон М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей. - М.: Машиностроение. 1980.

18. Волков В.А. Численные методы. - М.: Наука, 1987.

19. Копылов И.Л. Применение вычислительных машин в инженерно-экономических расчетах. - М.: Высш. шк., 1980. - 256 с.

20. Вычислительная техника в инженерно-экономических расчетах/ Под ред. А.В. Петрова. - М.: Высш. шк., 1984. - 320 с.

21. Системы автоматизированного проектирования: В 9-ти кн. Кн. 5. Автоматизация функционального проектирования: Учебн. пособие для вузов /П.К. Кузьмик, В.Б. Маничев; Под ред. И.Л. Норенкова. - М.: Высш. шк., 1986. -144с.

22. Леонтьев В.А. Реализация математических моделей на ЭВМ. - М.: Энергия, 1981.

23. Норенков И.Л. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. - М.: Высш. шк., 1986.

24. Липай Б.Р., Маслов С.И. Компьютерное моделирование

электромеханических систем: Учеб. пос. - М.: Изд. МЭИ, 2002. - 80 с.

25. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник. - СПб.: Питер, 2001. - 480 с.: ил.

26. Гультеев А. Визуальное моделирование в среде Matlab: Учебный курс - СПб.: 2000.

27. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. - СПб.: Питер, 2002. - СПб: Издательство СПбГТУ, 2000.

28. Беляев А.Н., Смоловик С.В. Программирование на примере электротехнических и электроэнергетических задач: Учебное пособие. - СПб: Издательство СПбГТУ, 2000.

29. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: Учебное пособие - СПб.: КОРОНА, 2001. - 320 с.: ил.

30. Васильков, Василькова. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании. Уч. пособ. - 2002 год. - 256 с.

31. Лыкин А.В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. - 228 с.

32. Основы компьютерного моделирования систем управления: Методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост. ПЛ. Макарычев, А.С. Бычков. - Пенза: ПГУ, 2003. - 40 с.

33. Белькович Е.С. Практическое моделирование динамических систем: Учеб. пособие/ Е.С. Белькович, Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сенеческов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.

34. Лазарев Ю.К. Моделирование процессов и систем в Matlab. - СПб.: БХВ-Питер, 2005.

35. Глазырин А.С. Математическое моделирование электромеханических систем. Аналитические методы: учебное пособие / А.С. Глазырин. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.

36. Краснов И.Ю. Математическое моделирование в электротехнике. Учебное пособие. Часть 1. - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 284 с.

37. Краснов И.Ю. Математическое моделирование в электротехнике. Учебно-методическое пособие. Часть 11. - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 223 с.

38. Соколов Ю. Н., Илюшко Я. В. Математические и компьютерные методы моделирования электронных средств: Учеб. пособие. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. - 103 с.

### 7.3. Периодические издания

Журнал «Робототехника и техническая кибернетика»

### 7.4. Интернет-ресурсы

1. <http://users.kaluga.ru/math> - сайт «Компьютерная математика»

2. <http://www.mathworks.com/products/simulink> раздел Simulink на сервере [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) (англ.)

3. <http://www.engin.umich.edu/group/ctm> - учебные материалы по моделированию и исследованию динамических объектов с помощью MatLab (англ.)

4. <http://www.eagle.c a/cherry/pst.htm> - материалы по Power System Toolbox (англ.)

5. <http://old.exponenta.ru/educat/systemat/mahov/immitmodel.asp> - имитационное моделирование роботов

6. <https://rusrobotics.ru> - журнал «Робототехника и техническая кибернетика»

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Требования к условиям реализации дисциплины:

№ п/п	Вид аудиторного фонда	Требования
1.	Лекционная аудитория	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.
2.	Кабинет для практических занятий	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: подвижная маркерная доска, считывающее устройство для передачи информации в компьютер; настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.
3.	Компьютерные классы	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие ВТ из расчета один ПК на два студента.

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

№ п/п	Вид и наименование оборудования	Вид занятий	Краткая характеристика
1.	IBM PC - совместимые персональные компьютеры.	Практические занятия.	Процессор серии не ниже Pentium IV. Оперативная память не менее 512 Мбайт. ПК должны быть объединены локальной сетью с выходом в Интернет.
2.	Мультимедийные средства.	Лекционные и практические занятия.	Демонстрация с ПК электронных презентаций, документов Word, электронных таблиц, графических изображений.

## 9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ невизуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей;

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.