

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА (КБГУ)»**

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра «Мехатроника и робототехника»

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы

_____ Х.М. Сенов

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИЭ и Р

_____ Б.В. Шогенов

«_____» _____ 20__ г. «_____» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.О.07.13 «МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОВ И
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

Направление подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Профиль подготовки

Промышленная робототехника и робототехнические системы

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Нальчик 2024

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины *вариативной части блока 1 студентам очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника в 6 семестре.*

Рабочая программа составлена в соответствии с рабочим учебным планом и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» № 1046, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ «17» августа 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	5
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	6
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации	10
6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	12
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	13
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	14

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины состоит в подготовке студентов специальности «Мехатроника и робототехника» к инженерной деятельности по разработке алгоритмов моделирования роботов и РТС, их программной реализации на микропроцессорной элементной базе.

Задачами дисциплины является изучение:

- 1) динамических моделей манипулятора, исполнительных приводов и системы управления робота в матричной форме записи;
- 2) математических моделей РТС и их элементов;
- 3) методов моделирования, основанных на применении цифровых вычислительных машин;
- 4) аналитического и имитационного видов моделирования;
- 5) алгоритмов моделирования динамики манипулятора, привода и робота;
- 6) особенностей моделирования движения роботов и РТС в реальном времени на цифровых машинах.

При изучении данной дисциплины необходимо знание математики (аналитическая геометрия и линейная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения; численные методы), физики (классическая механика, электричество), информатики, электротехники и электроники (законы теории цепей; расчет переходных процессов), теоретической механики, приводов роботов, теории автоматического управления, микропроцессорных устройств управления роботов и их программного обеспечения, информационных устройств и систем в робототехнике.

Результаты изучения дисциплины имеют самостоятельное значение, а также наряду с дисциплинами “Методы искусственного интеллекта”, “Управление роботами и РТС”, “Технология роботизированного производства” и “Проектирование роботов и РТС” на завершающей стадии обучения определяют квалификацию студентов как специалистов в области робототехники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин.

Пререквизитами дисциплины являются такие курсы как «Механика», «Электротехника», «Электроника», «Информатика», «Информационные технологии».

Кореквизитами являются «Теория автоматического управления», «Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

а) общепрофессиональных (ОПК):

- владением физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2);

б) профессиональных (ПК):

- способностью производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных из робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средство автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием (ПК-11);

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать методы моделирования уравнений динамики, динамическую модель манипулятора с учетом динамических, гравитационных сил, взаимовлияния звеньев, построенную на основе математического аппарата Ньютона-Эйлера, алгоритмы аналитического моделирования динамики манипулятора, привода и робота в целом; имитационного моделирования РТС, а также владеть **умениями и навыками:**

- 1) разработки алгоритмов моделирования манипуляционной системы на основе уравнений динамики исполнительных механизмов;
- 2) синтеза моделей робота и его элементов;
- 3) аппаратной и программной реализации моделирующих алгоритмов на цифровой вычислительной технике;
- 4) использования математических моделей при автоматизированном проектировании, программировании и управлении роботами и РТС.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Содержание разделов дисциплины

№ разд.	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1.	Введение. Моделирование как способ исследования робототехнических систем	Предмет и задача курса. Задача моделирования. Моделирование как метод технической кибернетики. Методы моделирования – физическое, натурное, математическое, на ЭВМ, ЦВМ, гибридных вычислительных комплексах. Математическое моделирование и математические модели. Классификация методов математического моделирования применительно к этапу построения математической модели. Основные	К РК

		положения теории подобия и подходы к построению математических моделей. Полнота модели. Адекватность модели. Классификация моделей по характеру и способам использования. Типовые математические модели. Непрерывно-детерминированные модели. Дискретно-детерминированные модели. Непрерывно-стохастические модели. Дискретно-стохастические модели. Обобщенные модели. Основы построения математических моделей на микроуровне. Основные особенности моделирования систем с распределенными параметрами. Приближенные математические модели технических объектов на микроуровне.	
2.	Динамические и кинематические модели манипуляторов	Системы координат. Обобщенные координаты манипулятора. Преобразование координат. Преобразование координат манипулятора. Решение прямой задачи кинематики. Решение обратной задачи кинематики. Модели динамики пространственных механизмов.	К РК ПР
3.	Динамические модели приводов и системы управления роботов	Автоматизация моделирования динамики привода мехатронной системы. Модель динамики электропривода на основе двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Модель динамики гидропривода с гидроцилиндром двухстороннего действия	К РК Т ПР КР
4.	Машинное моделирование мехатронных и РТС	Системы автоматизированного моделирования и принципы их построения. Особенности и функциональные возможности современных систем автоматизированного моделирования. Иерархическое проектирование и многоуровневое моделирование мехатронных систем. Архитектура программ автоматизированного моделирования. Графический интерфейс программ математического моделирования динамических систем. Язык описания объекта, транслятор, СУБД, монитор. Инструментальные средства моделирования. Методы построения моделирующих программ. Решатели для структурного и мультидоменного моделирования. Классификация пакетов моделирования технических систем. Структура алгоритмического и программного обеспечения задач моделирования и анализа в	К РК Т

		системах MATLAB/Simulink, MATLAB/Simulink/SimMechanics, MATLAB/Simulink/SimPower. Суть имитационного моделирования. Основные требования к имитационной модели. Этапы построения имитационной модели. Построение концептуальной модели и ее формализация. Структура имитационной модели. Алгоритмизация модели системы и ее машинная реализация. Принципы построения моделирующих алгоритмов. Получение и интерпретация результатов моделирования. Построение имитационной модели системы управления подвижным объектом.	
5.	Моделирование движения роботов	Постановка задачи. Построение уравнений движения РТС. Алгоритмы численного решения систем дифференциальных уравнений движения РТС.	К РК Т ПР

4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа)

Вид работы	6 семестр	Всего
Общая трудоемкость	144	144
Аудиторная работа:	75	75
<i>Лекции (Л)</i>	30	30
<i>Лабораторные занятия (ЛР)</i>	15	15
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	30	30
Самостоятельная работа:	84	84
Самостоятельное изучение разделов	44	44
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	40	40
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9	9
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	

№ раз-дела	Наименование разделов
1.	Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем. Основные понятия и задачи

2.	Кинематические модели манипуляторов
3.	Динамические модели манипуляторов
4.	Модели приводов
5.	Системы управления мехатронных и робототехнических систем
6.	Моделирование синхронных и асинхронных мехатронных систем
7.	Методы машинного моделирования мехатронных и робототехнических систем
8.	Моделирование движения роботов

4.3. Лабораторн

ые занятия

№	Темы занятий
1.	Моделирование исполнительной системы робота
2.	Исследование динамических моделей манипуляторов роботов
3.	Исследование динамических моделей приводов роботов
4.	Моделирование робота с системой динамического управления
Итого	

4.4. Практические занятия

№	Тема
1	Кинематика пространственных механизмов. Однородные координаты. Преобразование декартовых координат
2	Расстановка систем координат по Хартенбергу. Решение прямой задачи кинематики
3	Обратная задача кинематики
4	Контрольная работа по задачам кинематики
5	Графы связей. Построение графов связи электрических цепей
6	Построение графов связи механических систем
7	Построение операторно-структурных схем по графам связи
8	Применение метода циклов к графу связи
Итого	

4.5. Курсовая работа

Курсовая работа не предусмотрена.

4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

1. Текущая проработка лекционного материала (12 часов),
2. Подготовка к лабораторным работам и написание отчетов (12 часов).
3. Изучение документов по пакетам MATLAB Simulink, MATLAB/Simulink/SimMechanics, MATLAB/Simulink/SimPower (9 часов)

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;

- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

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

Курс/семестр	Вид занятия	Используемые активные и интерактивные образовательные технологии
6 семестр	Л	Интерактивная доска. Мультимедийное оборудование.
	ЛР	Компьютерный класс

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с

балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОП ВО В КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

№	Контрольные мероприятия	Макс. балл (распред.)
6 семестр		
1	Посещение занятий	10 (3+3+4)
2	Коллоквиум	18 (6+6+6)
3	Тестирование	18 (6+6+6)
4	Решение задач на практических занятиях и выполнение расчетной работы	24(8+8+8)
Итого		70

Коллоквиумы

Коллоквиумы проводятся по вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию. При этом на каждый из трех рубежных контрольных мероприятия выносятся одна треть вопросов из общего их числа к экзамену. Подготовка к коллоквиуму осуществляется по материалам лекций, лабораторных работ и основной и дополнительной литературы, рекомендуемой по дисциплине.

Тесты

Для текущего контроля успешности обучения используются разработанные на кафедре аттестационные педагогические измерительные материалы для компьютерного тестирования (тестовые задания).

1. Моделирование — это:

- процесс замены реального объекта (процесса, явления) моделью, отражающей его существенные признаки с точки зрения достижения конкретной цели;
- процесс демонстрации моделей одежды в салоне мод;
- процесс неформальной постановки конкретной задачи;
- процесс замены реального объекта (процесса, явления) другим материальным или идеальным объектом;
- процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта.

2. Процесс построения модели, как правило, предполагает:

- описание всех свойств исследуемого объекта;
- выделение наиболее существенных с точки зрения решаемой задачи свойств объекта;
- выделение свойств объекта безотносительно к целям решаемой задачи;
- описание всех пространственно-временных характеристик изучаемого объекта;
- выделение не более трех существенных признаков объекта.

3. Математическая модель объекта — это:

- созданная из какого-либо материала модель, точно отражающая внешние признаки объекта-оригинала;
- описание в виде схемы внутренней структуры изучаемого объекта;
- совокупность данных, содержащих информацию о количественных характеристиках объекта и его поведения в виде таблицы;

- совокупность записанных на языке математики формул, отражающих те или иные свойства объекта-оригинала или его поведение;
- последовательность электрических сигналов.

Критерии оценки теста

6 баллов - 95-100% правильных ответов;

5 баллов- 85-94 % правильных ответов;

4 балла - 75-84% правильных ответов;

3 балла – 65-74% правильных ответов

2 балла – 55-64% правильных ответов

1 балл – 45-54% правильных ответов

Вопросы к контрольным рейтинговым мероприятиям

Вопросы к контрольным рейтинговым мероприятиям полностью соответствуют содержанию разделов дисциплины, приведенному в пункте 4.1.

Вопросы к экзамену

1. Задачи и методы математического моделирования мехатронных и робототехнических систем.
2. Кинематические модели манипуляторов
3. Динамические модели манипуляторов
4. Моделирование приводов
5. Моделирование систем управления мехатронных и робототехнических систем
6. Моделирование синхронных мехатронных систем
7. Моделирование асинхронных мехатронных систем
8. Методы машинного моделирования мехатронных и робототехнических систем
9. Моделирование движения роботов. Постановка задачи
10. Имитационное моделирование робототехнических систем

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
владением физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2)	Знать: физико-математический аппарат, необходимый для моделирования и описания мехатронных и робототехнических систем. Уметь: пользоваться физико-математическим аппаратом,	Коллоквиумы, тестирование, экзамен

	необходимый для моделирования и описания мехатронных и робототехнических систем. Владеть: навыками применения физико-математического аппарата для моделирования и описания мехатронных и робототехнических систем	
способностью производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных из робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средство автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием (ПК-11)	Знать: методы расчета и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники; Уметь: производить расчеты отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием; Владеть: средствами и методами расчета и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием средств вычислительной техники и методов математического моделирования.	Коллоквиумы, тестирование, экзамен

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Воронин А.В. Моделирование мехатронных систем: учебное пособие. – Томский политехнич. ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2007. – 120 с.
(имеется в электронном виде)
2. Кузьмин, Д.В. Моделирование динамики мехатронных систем. Уравнения и алгоритмы: монография / Д.В. Кузьмин. – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. – 120 с.
(имеется в электронном виде)
3. Герман-Галкин.С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. - 368 с.
(имеется в электронном виде)

7.2. Дополнительная литература

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. 4-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2005. 343 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2003. 295 с.

3. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 288 с

7.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.kbsu.ru>
2. <http://www.lib.kbsu.ru>

7.4. Методические указания к лабораторным занятиям

1. Гурский Д. Вычисления в Mathcad 12 / Д. А. Гурский, Е. Турбина. – СПб.: Питер , 2006. – 544 с.
2. Дьяконов, В.П. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Самоучитель / Дьяконов В. П. – Москва: ДМК Пресс, 2009. – 768 с.
3. Морозов В. К. Моделирование информационных и динамических систем: учебное пособие / В. К. Морозов, Г. Н. Рогачев. – Москва: Академия, 2011. – 378 с.

*7.5 Программное обеспечение современных
информационно-коммуникационных технологий.*

Программное обеспечение

1. Microsoft Windows XP (или более поздняя версия).
2. Пакет Microsoft Office 2007 (или более поздняя версия).
3. Программные продукты: MATLAB, MathCad.

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.

8.2 Особенности реализации дисциплины для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам обучающимися с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. Присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
3. Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
4. Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).