

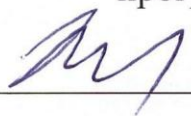
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА (КБГУ)»**

**Институт информатики, электроники и робототехники**

**Кафедра «Мехатроника и робототехника»**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы

 Х.М. Сенов

« 30 » 05 2023 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. директора ИИЭиР

 Р.Ш. Гешев

« 30 » 05 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.О.07 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ И  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ РОБОТОВ»**

Направление подготовки

**15.04.06 Мехатроника и робототехника**

Профиль подготовки

**Мехатронные системы автоматизации в машиностроении**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Нальчик 2023

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины *вариативной части магистрантам очной формы обучения по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника в 3 семестре.*

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» высшего образования (магистратуры), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1023 от 14.08.2020 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.....	4
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	8
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 освоения дисциплины

**Целью** преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний в области проектирования, программирования и эксплуатации современных мобильных роботов, а также мехатронных устройств и систем различного назначения.

**Задачами** освоения дисциплины являются: овладение знаниями о конструкциях и технических возможностях современных мобильных роботов и робототехнических систем; освоение методов расчета и конструирования их основных узлов, механизмов и отдельных деталей; получение навыков программирования роботов, подготовка студентов к практической проектно-конструкторской и эксплуатационной деятельности; получение сведений о взаимосвязи требований к приводам, системам управления и к параметрам наиболее важных узлов современных мобильных роботов, а также мехатронных систем различного назначения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование, программирование и эксплуатация роботов» относится к вариативной части Б1.О.07 блока 1.

Изучение дисциплины базируется на фундаментальных знаниях в области математики, физики, теоретической механики, ТММ, управление роботами и РТС, электрических и гидравлических приводы Р и РТС, электротехники и электроники. Необходимы также знания в области микропроцессорной техники, моделирования Р и РТС, информационных систем в мехатронике и робототехнике, деталей мехатронных и робототехнических устройств.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, является базой для написания магистерской диссертации.

## 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:

ОПК 9. Способен разрабатывать и осваивать новое технологическое оборудование.

ОПК 9.1 Способен разобраться в новом оборудовании и осваивать новые технологии при разработке мехатронных и робототехнических устройств и систем.

ОПК 9.2 Способен к проектированию, программированию, эксплуатации и обслуживанию мехатронных и робототехнических устройств.

***В результате изучения дисциплины магистрант должен:***

**Знать:**

- роль и место роботов и робототехнических систем (РТС) различного назначения в современном мире (31);
- цели, задачи, методы и этапы проектирования роботов и РТС (32);
- области применения мобильных роботов; технические характеристики и классификацию мобильных роботов (33) ;

**уметь:**

- рассчитывать и конструировать роботы и их основные узлы (У1);
- управлять современными мобильными роботами в ручном и программном режимах (У2);
- оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном

соответствии с требованиями ЕСКД (У3);

- пользоваться современными средствами вычислительной техники при расчете и проектировании роботов и их узлов (У4);

**владеть:**

- методами расчета и проектирования механизмов и агрегатов мобильных роботов (В1);
- навыками программирования мобильных роботов (В2);
- навыками эксплуатации мобильных роботов (В3);
- навыками работы с научно-технической литературой, в том числе со справочной и стандартами (В4);

## 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Содержание разделов дисциплины

№ ра зд.	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1.	Общие вопросы проектирования Р и РТС. Особенности проектирования мобильных роботов.	Процесс проектирования ПР. Общая характеристика процесса проектирования. Состав проектной документации. Этапы проектирования. Задачи проектирования ПР. Требования к выполнению технического проекта (ГОСТ 2.120-73). Общие положения. Требования к выполнению документов, перечень работ, выполняемых при разработке технического проекта.	К РК
2.	Мобильные роботы и микроконтроллеры. Сенсорные системы мобильных роботов	Простейшие колесные мобильные роботы. Мобильные роботы на гусеничной платформе. Шагающие роботы. Встраиваемые микроконтроллеры. Сенсорные системы мобильных роботов.	К РК ПР
3.	Приводы мобильных роботов и системы управления.	Электрические двигатели постоянного тока. Н-мост. Широтно-импульсная модуляция. Шаговые двигатели. Серводвигатели. Двухпозиционное управление. ПИД-управление. Управление по скорости и положению.	К РК Т ПР КР
4.	Проектирование мобильных роботов.	Проектирование колесных роботов. Проектирование гусеничных роботов. Одноколесный привод. Синхронный привод. Рулевое управление.	К РК Т
5.	Особенности шагающих роботов	Шестиногие мобильные роботы. Двуногие роботы. Датчики для шагающих роботов. Статическое равновесие. Динамическое равновесие.	К РК Т ПР

### 4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа)

Вид работы	3 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<i>Лекции (Л)</i>	18	18
<i>Лабораторные занятия (ЛР)</i>	-	-
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	18	18
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>81</b>	<b>81</b>
Курсовая работа	41	41
Самостоятельное изучение разделов	20	20
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	20	20
<b>Подготовка и прохождение промежуточной аттестации (сдача экзамена)</b>	27	27
<b>Вид итогового контроля</b>	Экзамен, диф. зачет	

#### 4.3 Лекционные занятия

№	Темы
1.	Общие вопросы проектирования Р и РТС. Особенности проектирования мобильных роботов.
2.	Мобильные роботы и микроконтроллеры. Сенсорные системы мобильных роботов
3.	Приводы мобильных роботов и системы управления.
4.	Проектирование мобильных роботов.
5.	Особенности шагающих роботов

#### 4.4 Практические занятия

№	Тема
1	Состав и структура мобильного робота EV-3. Особенности мехатронного модуля привода.
2	Особенности программирования мобильного робота EV-3.
3	Приводы мобильных роботов на основе двигателя постоянного тока. Эквивалентная схема. Особенности Н-моста для изменения направления

	движения мобильного робота.
4	Двухпозиционное управление мобильным роботом. ПИД управление.
5	Управление мобильным роботом по скорости и положению.

#### 4.5 Курсовая работа

Курсовая работа призвана научить магистранта правильно использовать в практической и исследовательской работе полученные теоретические знания.

В качестве курсовой работы студенты разрабатывают колесный мобильный робот и систему управления приводом. Объем расчетно-пояснительная записка составляет 35-40 страниц машинописного текста. Графическая часть курсовой работы должна содержать схему мобильного робота, эквивалентную схему привода, схему управления мобильным роботом на основе микроконтроллера.

Расчетно - пояснительная записка должна содержать:

1. Особенности колесных мобильных роботов
2. Сенсорные устройства мобильных роботов;
3. Приводы мобильных роботов на основе двигателей постоянного тока;
4. Разработка системы управления приводом.
  - 4.1. Расчет мощности выбор двигателя;
  - 4.2. Кинематический расчет мобильного робота;
  - 4.3. Анализ двухпозиционного управления.

Каждый студент получает на специальном бланке индивидуальное задание на курсовую работу. Законченная курсовая работа проверяется руководителем и допускается к защите перед комиссией.

Трудозатраты на выполнение курсового проекта составляют 25 часов.

#### 4.6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	2
1.	Особенности мобильных роботов на гусеничной платформе.
2.	Датчики, применяемые в мобильной робототехнике
3.	Особенности приводов, применяемых в мобильной робототехнике.
4.	ПИД управление. Пропорциональный регулятор. Интегральный регулятор. Дифференциальный регулятор.
5.	Особенности микроконтроллеров серии ATMEGO.
6.	Особенности омниколесных роботов.

### 5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации

#### 5.1 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОПОП ВО В КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

№	Контрольные мероприятия	Макс. балл (распред.)
3 семестр		
1	Посещение занятий	10 (3+3+4)
2	Коллоквиум	24 (8+8+8)
3	Решение задач и разработка программ перемещения робота на практических занятиях	36 (12+12+12)
Итого		70

### Коллоквиумы

Коллоквиумы проводятся в 3 семестре 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, практических занятий и основной и дополнительной литературы, рекомендуемой по дисциплине.

### Примеры задач и программ для практических занятий:

1. В качестве привода мобильного робота используется двигатель постоянного тока с независимым возбуждением. Рассчитать и построить естественные характеристики двигателя независимого возбуждения на основе номинальных данных: номинальная мощность двигателя  $P_{ном}$  (кВт), напряжение –  $U$  (В); число оборотов  $n$  (об/мин); номинальный ток –  $I$  (А).

2. Рассчитать и построить зависимость угловой скорости двигателя постоянного тока от времени (переходная характеристика) на основе исходных данных: момент двигателя –  $M$  (Н\*м), момента сопротивления –  $M_c$  (Н\*м), и момента инерции –  $J$  (кг\*м<sup>2</sup>).

3. Найти передаточную функцию и дифференциальное уравнение пассивной электрической цепи (рис. 3) относительно напряжений  $u_1$  и  $u_2$ .

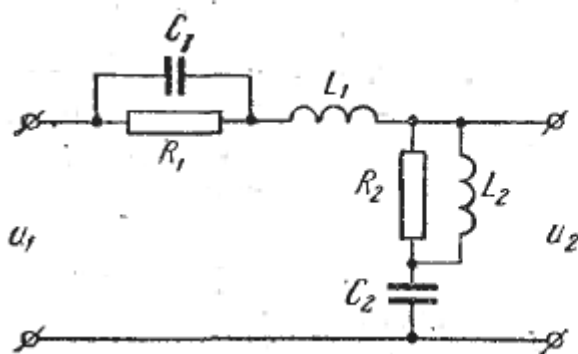


Рис. 1а. Схема к задаче 1.

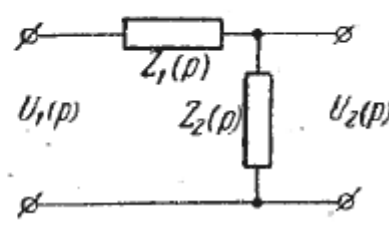


Рис. 1 б. Эквивалентная схема

4. Составить дифференциальное уравнение движения и передаточную функцию двигателя постоянного тока с независимым возбуждением относительно угловой скорости  $\omega$  при моменте нагрузки  $M_n = 0$ .



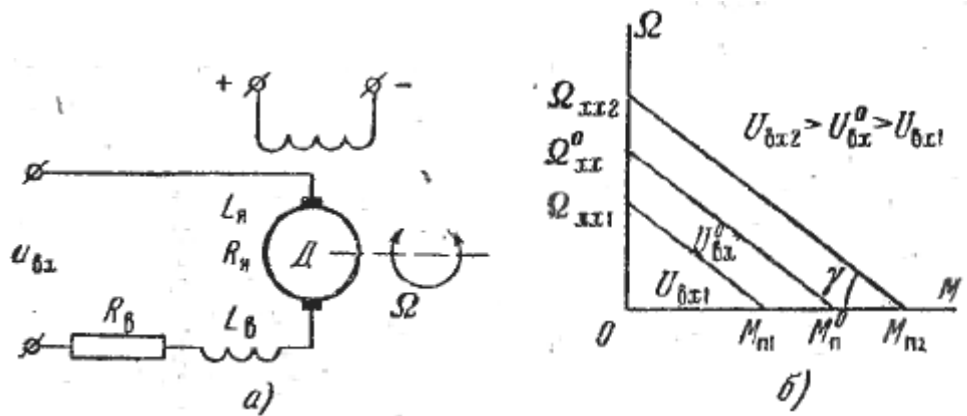


Рис. 2 Схема и механические характеристики

5. Найти передаточную функцию разомкнутой цепи, состоящей из трех последовательно соединенных звеньев с передаточными функциями  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ . если  $W_1(p) = k_1$ ;  $W_2(p) = \tau p$ ;  $W_3(p) = \frac{k_2}{T_1 p + 1}$ . Найти дифференциальное уравнение системы.

6. Построить амплитудно-фазовую характеристику звена с передаточной функцией  $W_1(p) = k/p$ .

7. Построить амплитудно-фазовую характеристику цепи RC, представленной на рис. 3.  $R = 1$  ком,  $C = 10$  мкф.

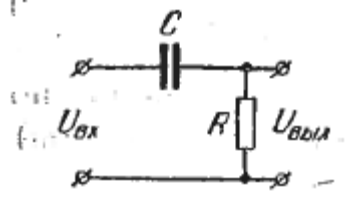


Рис. 3 Схема к задаче 5.

6. Построить вещественную частотную характеристику  $P(\omega)$  замкнутой системы автоматического регулирования. Передаточная функция разомкнутой системы

$$W(p) = \frac{K}{p(1+Tp)}$$

7. Разработка программ для перемещения мобильного робота EV-3.

7.1. Ознакомиться с особенностями программирования в графической среде мобильного робота EV-3.

7.2. Изучить интерфейс и особенности заливки программы в память робота.

7.3. Исследовать величину перемещения робота в зависимости от числа оборотов двигателей роботов.

7.4. Исследовать угол поворота робота от числа оборотов одного двигателя, когда второй двигатель неподвижен.

7.5. Разработать программу перемещения робота на заданное расстояние и проверить экспериментально исполнение программы..

7.6. Разработать программу перемещения робота на заданное время перемещения и проверить экспериментально исполнение программы.

Оформить отчет о проделанной работе.

## 5.2. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проходит в 3 семестре в форме защиты курсовой работы и экзамена. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и одну задачу. За защиту курсовой работы на экзамене магистрант может набрать максимально по 30 баллов.

### Экзаменационные вопросы

1. Какая документация требуется при разработке робота в рамках выполнения инициативного проекта?
2. Опишите структурный и блочно-иерархический подходы к разработке робототехнических комплексов.
3. Перечислите основные этапы проектирования робота, выделяемые в рамках итерационной процедуры.
4. Опишите основное содержание технического предложения.
5. Дайте характеристику стадии эскизного проекта при разработке робота.
6. Опишите технический проект и его содержание. Какая рабочая документация появляется в результате выполнения технического проекта?
7. Приведите основные группы патентного поиска.
8. Какую структуру имеет техническое задание на НИР?
9. Перечислите основные этапы жизненного цикла изделия.
10. Какие разновидности САПР существуют?
11. Перечислите виды обеспечения САПР.
12. Каким образом САПР классифицируется по типу базовой подсистемы?
13. Опишите процедуру проектирования робота как системы управления.
14. В чем заключается свойство устойчивости положения равновесия системы?
15. Опишите процедуру исследования устойчивости нелинейной системы методом функций Ляпунова.
16. Каким образом анализируется устойчивость системы по ее линеаризованной модели?
17. Что представляют собой встраиваемые системы управления ?
18. Приведите состав и структуру мобильных роботов.
19. Что представляют собой простейшие мобильные роботы на колесной платформе
20. Приведите схемы компоновки мобильных колесных роботов и опишите их особенности.
21. Для чего нужны встраиваемые контроллеры. Опишите состав и структуру микроконтроллера ATMEGA.
22. Какие датчики и для чего используются они в мобильной робототехнике ?
23. Сенсорные устройства. Категории сенсорных устройств.
24. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.
25. Энкодер на валу двигателя.
26. Для чего применяются компас и гироскоп в мобильной робототехнике?
27. Приводы мобильных роботов на основе двигателей постоянного тока.
28. Приведите основные характеристики двигателя постоянного тока.
29. Приведите эквивалентную схему двигателя постоянного тока с независимым возбуждением и напишите уравнение состояния.
30. Что представляет собой широтно-импульсная модуляция и для чего она нужна?
31. Принцип двухпозиционного управления.
32. Принцип ПИД управления.
33. Пропорциональный регулятор.
34. Интегральный регулятор.

### 35. Дифференциальный регулятор.

- рассчитывать и конструировать роботы и их основные узлы (У1);
- управлять современными мобильными роботами в ручном и программном режимах (У2);
- оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД (У3);
- пользоваться современными средствами вычислительной техники при расчете и проектировании роботов и их узлов (У4);

## 6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 6.1 Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

ОПК 9. Способен разрабатывать и осваивать новое технологическое оборудование.

ОПК 9.1 Способен разобраться в новом оборудовании и осваивать новые технологии при разработке мехатронных и робототехнических устройств и систем.

ОПК 9.2 Способен к проектированию, программированию, эксплуатации и обслуживанию мехатронных и робототехнических устройств.

Результаты обучения (объекты оценивания)	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
Способен разрабатывать и осваивать новое технологическое оборудование (ОПК 9). Способен разобраться в новом оборудовании и осваивать новые технологии при разработке мехатронных и робототехнических устройств и систем (ОПК 9.1)	Знает новые способы, методы и подходы, при разработке мехатронных и робототехнических устройств и систем. Умеет разрабатывать и осваивать новые информационные технологии в области мехатроники и робототехники. Владеет навыками разработки, программирования и управления мобильными роботами.	практические занятия, коллоквиум, зачет, экзамен.
Способен к проектированию, программированию, эксплуатации и обслуживанию мехатронных и робототехнических устройств (ОПК 9.2)	Знает методы и средства проектирования, программирования, эксплуатации и обслуживания мехатронных и робототехнических устройств. Умеет эксплуатировать, программировать и управлять мобильными роботами.	практическое занятие, контрольная работа, зачет, экзамен.

	Владеет навыками программирования, эксплуатации и обслуживания мехатронных и робототехнических устройств.	
--	---	--

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств. Лань. Учебное пособие. 2012.
2. Томас Бройнль. Встраиваемые робототехнические системы. Проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления. – М. – Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2012. 520 с.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2004.
2. Егоров О. Д. Конструирование мехатронных модулей : учебник для вузов / О. Д. Егоров, Ю. В. Подураев. — 2-е изд., испр. и доп.. — Москва: Станкин, 2005. — 368 с.
3. Юревич Е.И. Основы робототехники: учебное пособие / Е. И. Юревич. — 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 401 с.
4. Леликов, О. П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. — Москва: Машиностроение, 2007. — 464 с.
5. Погребной В. К. Автоматизированное проектирование распределённых систем реального времени: учебное пособие / В. К. Погребной; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 311 с.:
6. Макаров И. М.Юревич Е.И. Интеллектуальные роботы. М.: Машиностроение. Учебное пособие, 2007.

#### 7.3. Интернет-ресурсы

1. . <http://www.kbsu.ru> - Открытый университет
2. <http://www.knigafund.ru/> - ЭБС Книгафонд
3. <http://www.iprbookshop.ru> - ЭБС «IPR book»
4. <http://www.viniti.ru> - РЖ ВИНТИ. Электронный Банк данных реферативных журналов ВИНТИ РАН по широкому спектру наук
5. <http://www2.viniti.ru/> - электронный каталог научно-технической продукции

#### 7.4 Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий. Программное обеспечение

1. ПО SimIn Tech.
2. Программный комплекс “Компас”.

## 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.
3.	Пять мобильных роботов EV-3.	Лабораторные занятия	Роботы EV-3 относятся к классу программируемых мобильных роботов. Они оснащены различными датчиками, позволяющими программировать сложные перемещения робота, обходя при этом различные препятствия.

## 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 невидимого 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 (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- 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, объекты 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.