

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-  
Российского университета

Ю.В. Машин

«31» 08 2021 г.

Регистрационный № УД-150406/Б.т. В.3/р

**АВТОНОМНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ**

(наименование дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Направление подготовки 15.04.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Направленность (профиль) Промышленная и мобильная робототехника

Квалификация Магистр

	Форма обучения	
	Очная	Заочная
Курс	1	1
Семестр	1, 2	1, 2
Лекции, часы	16	4
Практические занятия, часы	52	12
Курсовая работа, семестр	2	2
Курсовой проект, семестр		
Экзамен, семестр	1,2	1,2
Контактная работа по учебным занятиям, часы	68	16
Самостоятельная работа, часы	184	236
Всего часов / зачетных единиц	252/7	252/7

Кафедра-разработчик программы: Электропривод и АПУ

(название кафедры)

Составитель: В. Н. Шарков, старший преподаватель

(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2021

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» (уровень магистратуры), утвержденным приказом рег. №15.04.06-2 от 30.08.2021 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Электропривод и АПУ»  
(название кафедры)  
« 30 » 08 2021 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой «Электропривод и АПУ»  Г.С. Ленеvский

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом  
Белорусско-Российского университета

«30» августа 2021 г., протокол № 1.

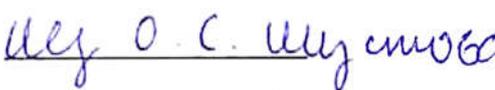
Зам. председателя  
Научно-методического совета  С.А. Сухоцкий

Рецензент: Яровой Александр Васильевич, директор УЧПП «Инвестпрограмма»  
(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Зав. кафедрой «Технология машиностроения»  В.М. Шеменков  
(название выпускающей кафедры)

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического  
отдела

 В.А. Кемова

# 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является изучение методов формирования и исследования математических моделей автономных мобильных роботов и сопутствующего математического аппарата, применяемых при компьютерном моделировании робототехнических систем для исследования их движения и планирования траекторий.

В результате изучения дисциплины магистранты должны получить такую совокупность знаний и умений, которые необходимы им для успешного решения задач, связанных с разработкой и управлением автономных мобильных роботов и умением правильно их эксплуатировать.

## 1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент (магистрант) должен знать:

- основные понятия и концепции математического моделирования мобильных колёсных роботов, порядок применения соответствующего теоретического аппарата в важнейших практических приложениях;
- теоретические основы математического моделирования робототехнических систем и используемого в ней вспомогательного математического аппарата;
- основные алгоритмы математического моделирования робототехнических систем;
- идеологию компьютерного моделирования робототехнических систем и принципы построения математических моделей робототехнических систем.

уметь:

- правильно применять основные алгоритмы математического моделирования, использовать методы вычислительной механики и математического моделирования в технических приложениях;
  - составлять уравнения, адекватно описывающие поведение робототехнических систем, применяя необходимый математический аппарат;
  - решать типовые задачи по основным разделам курса;
  - анализировать модели робототехнических систем на разных уровнях моделирования – инвариантном, координатном и программном – оперативно переключаясь по мере необходимости с одной точки зрения на другую;
  - самостоятельно разрабатывать, пользуясь приобретёнными при изучении управления движением мобильных колёсных роботов (а также получаемыми самостоятельно при помощи современных информационных технологий) знаниями и методами исследования, алгоритмы решения практических задач, достигая поставленных целей;
  - применять основные методы исследования движения неголономных механических систем, а также типовые алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач;
  - использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, квалифицированно применяя программное обеспечение и математические пакеты для компьютерного моделирования робототехнических систем;
  - пользоваться современными информационными технологиями для совершенствования и развития своего интеллектуального, профессионального и общекультурного уровня;
  - мыслить логично, обосновывать свои рассуждения, ясно и доходчиво излагать суть предлагаемых решений и получаемых результатов, представлять окончательные результаты проделанной работы в виде отчёта с его публикацией или публичной защитой.
- владеть:
- навыками применения основных законов математического моделирования, теории управления в важнейших практических приложениях;
  - матричными методами неголономной механики, методами теории управления движением, методами обработки информации в реальном масштабе времени;

- навыками применения методов теории управления движением механических, робототехнических и мехатронных систем для решения естественнонаучных и технических задач;
- навыками построения и исследования с применением компьютерной техники математических моделей робототехнических систем;
- типовыми алгоритмами исследования движения неголономных механических систем, управляемых систем абсолютно твёрдых тел;
- навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при численном исследовании математико-механических моделей робототехнических систем;
- навыками письменного аргументирования собственной точки зрения;
- навыками практического анализа логики различного рода рассуждений.

### 1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента (магистранта)

Дисциплина относится к блоку Б.1. В.3. Блок 1 «Дисциплины (модули)». Часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений.

Перечень учебных дисциплин (циклов дисциплин), которые будут опираться на данную дисциплину:

- Мобильная промышленная робототехника;
- Исследование и моделирование мехатронных и робототехнических систем.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины на практических занятиях будут применены при прохождении ознакомительной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы и дальнейшей профессиональной деятельности

### 1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-2	Способен осуществлять техническое, экономическое и правовое обеспечение работ по проектированию детской и образовательной робототехники
ПК-3	Способен осуществлять руководство работами по проектированию детской и образовательной робототехники

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

### 2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Тема 1. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях	Области применения колёсных роботов (транспорт, охрана, сервис, медицина). Беспилотные транспортные средства и задача автономного интеллектуального управления автомобилем. Конструктивные особенности колёсных роботов и типы колёс. Проблема устойчивости колёсных аппаратов при больших скоростях. Неголономные связи и корректность	ПК-2, ПК-3

		моделей неголономной механики. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для неголономных механических систем. Механический смысл неопределённых множителей Лагранжа и уравнения для их определения. Матричные методы при составлении уравнений неголономных систем. Условия устойчивости стационарных движений.	
2	Тема 2. Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях	Уравнения Маджи. Движение конька на плоскости. Уравнения Эйлера – Лагранжа в псевдоскоростях. Принцип Гаусса (принцип наименьшего принуждения), его энергетическая трактовка. Уравнения Аппеля для неголономных механических систем. Структура функции Аппеля и уравнений Аппеля. Теорема Кёнига для функции Аппеля. Способы подсчета обобщённых сил в уравнениях Аппеля. Функция Аппеля для твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Качение шара по шероховатой поверхности. Управление роботом шаровой формы. Введение псевдоскоростей для роботов с поворотными колёсами. Кинематические уравнения роботов с поворотными колёсами.	ПК-2, ПК-3
3	Тема 3. Математические модели трицикла	Уравнения Аппеля для трицикла – трёхколесного робота с двумя ведущими колёсами и пассивным роляльным колесом. Уравнения двигателей постоянного тока, вентильных двигателей. Стационарные движения трицикла при постоянных напряжениях на двигателях. Фазовая плоскость и типы бифуркаций при росте напряжений на двигателях. Построение программных движений трицикла по траектории, составленной из четвертей окружностей. Расчёт программных напряжений на двигателях робота. Условия реализуемости программных движений и зависимость скачков напряжений от гладкости программной траектории.	ПК-2, ПК-3
4	Тема 4. Задачи навигации мобильных роботов	Сенсорные подсистемы автономных мобильных роботов и их чувствительные элементы. Принципы работы оптронной линейки и систем технического зрения. Оптические сенсоры кругового обзора. Датчики углов поворотов колес. Волоконно-оптические и лазерные гироскопы. Кварцевые акселерометры. МЭМС-технологии и принципы работы микромеханических гироскопов и акселерометров. Ультразвуковые датчики. Дальномеры. Условия управляемости роботов с поворотными колёсами и роботов с роляльными колесами. Решение задачи наблюдаемости для разных наборов датчиков в мобильном роботе. Внешние и внутренние координаты мобильного робота. Прямая и обратная задача кинематики для колёсного робота. Алгоритмы автономной навигации колёсного робота. Уравнения для счисления пути. Уравнения ошибок навигационного алгоритма. Коррекция навигационных систем. Использование волоконно-оптических и лазерных гироскопов в навигационных задачах. Применение фильтра Калмана в задачах навигации мобильных колёсных роботов.	ПК-2, ПК-3

## 2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

### 2.2.1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины дневной формы обучения в первом семестре

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний
1	Тема 1. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях. Области применения колёсных роботов (транспорт, охрана, сервис, медицина). Беспилотные транспортные средства и задача автономного интеллектуального управления автомобилем. Конструктивные особенности колёсных роботов и типы колёс. Проблема устойчивости колёсных аппаратов при больших скоростях.	2	ПЗ №1. Применение уравнений Лагранжа с неопределёнными множителями в задачах динамики мобильных колёсных роботов	2	2	ЗИЗ
2			ПЗ №2. Применение уравнений Лагранжа с неопределёнными множителями в задачах динамики мобильных колёсных роботов	2	2	ЗИЗ
3	Тема 1. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях. Неголономные связи и корректность моделей неголономной механики. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для неголономных механических систем. Механический смысл неопределённых множителей Лагранжа и уравнения для их определения. Матричные методы при составлении уравнений неголономных систем. Условия устойчивости стационарных движений.	2	ПЗ №3. Применение псевдоскоростей для описания динамики колёсных роботов; уравнения Маджи.	2	2	ЗИЗ
4			ПЗ №4. Применение псевдоскоростей для описания динамики колёсных роботов; уравнения Маджи.		2	ЗИЗ
5	Тема 2. Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях Уравнения Маджи. Движение конька на плоскости. Уравнения Эйлера – Лагранжа в псевдоскоростях. Принцип Гаусса (принцип наименьшего принуждения), его энергетическая трактовка. Уравнения Аппеля для неголономных механических систем. Структура функции Аппеля и уравнений Аппеля. Теорема Кёнига для функции Аппеля. Способы подсчета обобщённых сил в уравнениях Аппеля.	2	ПЗ №5. Уравнения Эйлера – Лагранжа в псевдоскоростях и их использование в задачах динамики мобильных роботов.	2	2	ЗИЗ
6			ПЗ №6. Уравнения Эйлера – Лагранжа в псевдоскоростях и их использование в		1	ЗИЗ

			задачах динамики мобильных роботов.			
7	Тема 2. Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях Функция Апеля для твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Качение шара по шероховатой поверхности. Управление роботом шаровой формы. Введение псевдоскоростей для роботов с поворотными колёсами. Кинематические уравнения роботов с поворотными колёсами.	2	ПЗ №7. Описание динамики колёсных роботов при помощи уравнений Воронца и уравнений Чаплыгина.	2	1	ЗИЗ
8			ПЗ №8. Описание динамики колёсных роботов при помощи уравнений Воронца и уравнений Чаплыгина.		1	ЗИЗ
9	Тема 3. Математические модели трицикла Уравнения Апеля для трицикла – трёхколесного робота с двумя ведущими колёсами и пассивным рояльным колесом. Уравнения двигателей постоянного тока, вентильных двигателей. Стационарные движения трицикла при постоянных напряжениях на двигателях. Фазовая плоскость и типы бифуркаций при росте напряжений на двигателях.	2	ПЗ №9. Уравнения Апеля для неголономных механических систем с применением к динамике мобильных колёсных роботов.	2	1	ЗИЗ
10			ПЗ №10. Уравнения Апеля для неголономных механических систем с применением к динамике мобильных колёсных роботов.		1	ЗИЗ
11	Тема 3. Математические модели трицикла Построение программных движений трицикла по траектории, составленной из четвертей окружностей. Расчёт программных напряжений на двигателях робота. Условия реализуемости программных движений и зависимость скачков напряжений от гладкости программной траектории.	2	ПЗ №11. Описание электроприводов постоянного тока	2	1	ЗИЗ
12			ПЗ №12. Описание электроприводов постоянного тока		1	ЗИЗ
13	Тема 4. Задачи навигации мобильных роботов Сенсорные подсистемы автономных мобильных роботов и их чувствительные элементы. Принципы работы оптронной линейки и систем технического зрения. Оптические сенсоры кругового обзора. Датчики углов поворотов колес. Волоконно-оптические и лазерные гироскопы. Кварцевые акселерометры. МЭМС-технологии и принципы работы микромеханических гироскопов и акселерометров. Ультразвуковые датчики. Дальномеры. Условия управляемости роботов с поворотными колёсами и роботов с рояльными колесами.	2	ПЗ №13. Стационарные движения колёсных роботов	2	1	ЗИЗ
14			ПЗ №14. Стационарные движения колёсных роботов		1	ЗИЗ
15	Тема 4. Задачи навигации мобильных роботов	2	ПЗ №15. Нестационарные	2	1	ЗИЗ

	Решение задачи наблюдаемости для разных наборов датчиков в мобильном роботе. Внешние и внутренние координаты мобильного робота. Прямая и обратная задачи кинематики для колёсного робота. Алгоритмы автономной навигации колёсного робота. Уравнения для счисления пути. Уравнения ошибок навигационного алгоритма. Коррекция навигационных систем. Использование волоконно-оптических и лазерных гироскопов в навигационных задачах. Применение фильтра Калмана в задачах навигации мобильных колёсных роботов.		движения колёсных роботов			
16			ПЗ №16. Нестационарные движения колёсных роботов	2	1	ЗИЗ
17			ПЗ №17. Задачи определения сектора обзора и зоны видимости дальногомера	2	1	ЗИЗ
18-20					36	ПА (экзамен)
	Итого	16		34	58	

### 2.2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины дневной формы обучения во втором семестре

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний
1			ПЗ №18. Задачи определения сектора обзора и зоны видимости дальногомера	2	7	ЗИЗ
2						
3			ПЗ №19. Задачи определения навигационных характеристик робота	2	7	ЗИЗ
4						
5			ПЗ №20. Задачи определения навигационных характеристик робота	2	6	ЗИЗ
6						
7			ПЗ №21. Прямая и обратная задачи кинематики для колёсного робота	2	6	ЗИЗ
8						
9			ПЗ №22. Прямая и обратная задачи кинематики для колёсного робота	2	6	ЗИЗ
10						
11			ПЗ №23. Задачи управляемости и наблюдаемости для мобильных колёсных роботов.	2	6	ЗИЗ
12						

13			ПЗ №24. Задачи управляемости и наблюдаемости для мобильных колёсных роботов.	2	6	ЗИЗ
14						
15			ПЗ №25. Применение фильтра Калмана в задачах навигации мобильных колёсных роботов.	2	6	ЗИЗ
16						
17			ПЗ №26. Применение фильтра Калмана в задачах навигации мобильных колёсных роботов.	2	6	ЗИЗ
18						
1-18	Выполнение курсовой работы				36	
19-20					36	ПА (экзамен)
	Итого			18	128	

Принятые обозначения:

ЗИЗ – защита индивидуального задания;

ПА - Промежуточная аттестация.

### 2.2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины заочной формы обучения

Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Форма контроля знаний
1. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях.	2	Пр. з. 1. Применение уравнений Лагранжа с неопределёнными множителями в задачах динамики мобильных колёсных роботов	2	ЗИЗ
2. Задачи навигации мобильных роботов	2	Пр. з. 2. Применение уравнений Лагранжа с неопределёнными множителями в задачах динамики мобильных колёсных роботов	2	ЗИЗ
		Пр. з. 3. Прямая и обратная задачи кинематики для колёсного робота	2	ЗИЗ
		Пр. з. 4. Описание электроприводов постоянного тока	2	ЗИЗ
		Пр. з. 5. Задачи определения навигационных характеристик робота	2	ЗИЗ
		Пр. з. 6. Задачи управляемости и наблюдаемости для мобильных колёсных роботов.	2	ЗИЗ
				ПА (экзамен)
Итого	4		12	

### 2.3 Требования к курсовому проекту (курсовой работе)

Целью курсового проектирования является закрепление на практике знаний, полученных при изучении дисциплины. На курсовой проект (работу) отводится 1 з.е. (36 часов).

Примерная тематика курсовых проектов (работ) представлена в приложении

хранится на кафедре.

Курсовая работа включает следующие разделы

Пояснительная записка курсовой работы:

Введение.

- 1 Методы планирования и управления движением мобильных роботов.
- 2 Описание и моделирование исполнительской системы мобильного робота.
- 3 Разработка алгоритмов планирования движения мобильного робота.
- 4 Компьютерное исследование системы управления.
- 5 Вопросы технической реализации системы управления.

Заключение.

Список литературы.

Графическая часть курсовой работы

Лист 1 – Схема кинематическая исполнительской системы мобильного робота, схема компьютерной модели исполнительской системы мобильного робота.

Лист 2 – Алгоритмы планирования движения мобильного робота, исследование системы управления в основных режимах работы.

На выполнение курсовой работы отводится 36 часов.

Объем пояснительной записки – 25-30 страниц формата А4. Графическая часть – два листа формата А1.

### 3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий		Всего часов
		Лекции	Практические занятия	
1	Традиционные	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4		16
2	С использованием ПК (ЭВМ)		ПЗ №1-ПЗ №26	52
	<b>ИТОГО</b>	16	52	68

### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Экзаменационные билеты	1
3	Индивидуальные задания	1
4	Темы курсовых работ	1

### 5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ (МАГИСТРАНТОВ)

## 5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня*	Результаты обучения
ПК-2: Способен осуществлять техническое, экономическое и правовое обеспечение работ по проектированию детской и образовательной робототехники			
ИПК2.2: Способен формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники			
1	Пороговый уровень	Умение формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники	Умеет формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники
2	Продвинутый уровень	Способность формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники	Владеет способностью формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники
3	Высокий уровень	Понимать и оценивать задачи на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники	Понимает и оценивает задачи на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники
ПК-3: Способен осуществлять руководство работами по проектированию детской и образовательной робототехники			
ИПК-3.2: Осуществляет общее руководство проектной командой (проектно-конструкторского подразделения) по разработке детской и образовательной робототехники			
	Пороговый уровень	Умение осуществлять общее руководство проектной командой	Умеет осуществлять общее руководство проектной командой
	Продвинутый уровень	Способность осуществлять общее руководство проектной командой	Владеет способностью осуществлять общее руководство проектной командой
	Высокий уровень	Понимать и оценивать общее руководство проектной командой	Понимает и оценивает общее руководство проектной командой

## 5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: Способен осуществлять техническое, экономическое и правовое обеспечение работ по проектированию детской и образовательной робототехники	
Умеет формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники	Вопросы к выполнению индивидуального задания.
Владеет способностью формировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники	Вопросы к выполнению индивидуального задания.
Понимает и оценивает задачи на выполнение проектных работ для изготовления изделий детской и образовательной робототехники	Вопросы к выполнению индивидуального задания.
ПК-3: Способен осуществлять руководство работами по проектированию детской и образовательной робототехники	

Умеет осуществлять общее руководство проектной командой	Вопросы к выполнению индивидуального задания.
Владеет способностью осуществлять общее руководство проектной командой	Вопросы к выполнению индивидуального задания.
Понимает и оценивает общее руководство проектной командой	Вопросы к выполнению индивидуального задания.

### 5.3 Критерии оценки практических работ

К защите практической работы допускается магистрант, имеющий отчет в соответствии с требованиями к методическим указаниям.

Для конкретной оценки знаний студента следует руководствоваться следующими критериями:

- пороговый уровень: магистрант владеет терминологией по изучаемой дисциплине. Понимает назначение и возможности применяемых методов при решении задач, при ответах на вопросы по изученной дисциплине;

- продвинутый уровень: магистрант хорошо владеет терминологией по изучаемой дисциплине. Понимает назначение и возможности и умеет применять соответствующие методы при решении задач, при ответах на вопросы по изученной дисциплине;

- высокий уровень: магистрант глубоко владеет терминологией по изучаемой дисциплине. Умеет грамотно и корректно применять соответствующие методы при решении задач, при ответах на вопросы по изучаемой дисциплине и формулировать выводы по полученным результатам.

Критерии оценки практических работ:

– 7-8 баллов (высокий уровень): практическая работа выполнена и оформлена в соответствии с методическими указаниями, при защите представлен исчерпывающий ответ на контрольный вопрос;

– 4-6 баллов (продвинутый уровень): практическая работа выполнена, но оформлена не в соответствии с методическими указаниями, при защите представлен ответ на контрольный вопрос;

– 2-3 балла (пороговый уровень): практическая работа частично выполнена, оформлена не в соответствии с методическими указаниями, при защите частично представлен ответ на контрольный вопрос

### 5.4 Критерии оценки курсовой работы

При проведении защиты курсовой работы во внимание принимается текущая работа магистранта в течение семестра. Для допуска к защите курсовой работы магистрант должен набрать минимум 36 баллов, максимум 60 баллов. Соответственно интервал оценки полноты и качества ответов на вопросы составляет 15-40 баллов.

Для конкретной оценки знаний магистрант следует руководствоваться следующими критериями:

- пороговый уровень: магистрант владеет терминологией по изученной дисциплине. Понимает назначение и возможности применяемых методов при решении задач, при ответах на вопросы по изученной дисциплине;

- продвинутый уровень: магистрант хорошо владеет терминологией по изученной дисциплине. Понимает назначение и возможности и умеет применять соответствующие методы при решении задач, при ответах на вопросы по изученной дисциплине;

- высокий уровень: магистрант глубоко владеет терминологией по изученной дисциплине. Умеет грамотно и корректно применять соответствующие методы при решении задач, при ответах на вопросы по изученной дисциплине и формулировать выводы по полученным результатам.

При защите курсовой работы магистрант должен ответить на два основных вопроса и дополнительные, при необходимости.

Критерии оценки ответов

<b>Наименование</b>	<b>Баллы</b>
Высокий уровень ответа на основной вопрос	15
Продвинутый уровень ответа на основной вопрос	10
Пороговый уровень ответа на основной вопрос	5
Высокий уровень ответа на дополнительный вопрос	5
Продвинутый уровень ответа на дополнительный вопрос	3
Пороговый уровень ответа на дополнительный вопрос	1

### **5.5 Критерии оценки экзамена**

Билет на экзамен включает 2 теоретических вопроса. Каждый вопрос оценивается положительной оценкой в диапазоне от 8 до 20 баллов. Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям.

20 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, использует научную терминологию, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновать выводы и разъяснить их в логической последовательности, дает развернутый ответ на поставленный вопрос и четко отвечает на дополнительные вопросы.

18 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновать выводы и разъяснить их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности, в том числе и на дополнительные вопросы.

16 баллов – студент хорошо понимает пройденный материал, отвечает правильно, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, обосновывает выводы и разъясняет их, но допускает ошибки общего характера.

14 баллов – студент понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновать некоторые выводы, допускает ошибки общего характера.

12 баллов – студент отвечает в основном правильно на поставленный вопрос, но чувствуется механическое заучивание материала, отсутствует логическая последовательность при изложении ответа, не может ответить на дополнительные вопросы.

10 баллов – в ответе студента имеются недостатки, в рассуждениях допускаются ошибки, не может ответить на большую часть дополнительных вопросов, но в целом может сформулировать ответ;

8 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки;

Ниже 8 баллов – студент имеет общее представление о вопросе, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

## **6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Самостоятельная работа магистрантов (СРМ) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРМ включает следующие виды самостоятельной работы магистрантов:

- решение задач;
- конспектирование;
- изучение нормативных документов;
- обзор литературы;
- ответы на контрольные вопросы;

- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;
- подготовка к аудиторным (практическим) занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

Контроль самостоятельной работы магистрантов.

Контроль самостоятельной работы является мотивирующим фактором образовательной деятельности магистранта.

Контроль выполнения самостоятельной работы, отчет по самостоятельной работе должны быть индивидуальными.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы магистранта могут являться:

- уровень освоения магистрантом учебного материала;
- умение магистранта использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- сформированные компетенции в соответствии с целями и задачами изучения дисциплины «Автономные мобильные роботы».

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы магистрантов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРМ рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	Булгаков, А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление : монография / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. - 484 с. - (Серия «Библиотека инженера»). – Режим доступа: <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>	–	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1858795">https://znanium.com/catalog/product/1858795</a>

### 7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1.	Иванов А. А. Основы робототехники: учеб. пособие / А. А. Иванов. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. - 224с. - (Высшее образование).	Допущено УМО АМ в качестве учебного пособия для студентов вузов	12
2.	Иванов А. А. Основы робототехники: учеб. пособие / А. А. Иванов. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. - 224с. - (Высшее образование).	Допущено УМО АМ в качестве учебного пособия для студентов вузов	8
3.	Егоров О. Д. Конструирование механизмов роботов: учебник / О. Д. Егоров. - М.: Абрис: Высш. шк., 2012. - 444с.: ил.	Допущено УМО ВУЗов по образованию в области автоматизированного машиностроения	10
4.	Герман-Галкин С. Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. - СПб.: КОРОНА-Век, 2017. - 368с. + CD-ROM.	Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов вузов	7

### 7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

1. Материалы образовательного математического сайта Exponenta.ru, сетевой адрес <http://www.exponenta.ru>.
2. Материалы сайта «Единое окно доступа к образовательным ресурсам», сетевой адрес <http://window.edu>.
3. Материалы сайта «Все для студента», сетевой адрес: <tp://www.twirpx.com/files/tek/>
4. Материалы сайта «Электронная библиотечная система» сетевой адрес: <http://znanium.com>.

#### **7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам**

##### **7.4.1 Методические рекомендации**

- 1 Методические рекомендации к практическим занятиям (электронный вариант)

##### **7.4.2 Информационные технологии**

- Тема 1. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях
- Тема 2. Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях
- Тема 3. Математические модели трицикла
- Тема 4. Задачи навигации мобильных роботов

##### **7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе**

Лицензионное программное обеспечение, используемое в образовательном процессе:

- математический пакет MathCad;
- математический пакет Matlab;
- текстовый редактор Microsoft Word XP/2003/2007;
- операционная система Microsoft Windows 7.

## **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «316/2», рег. № ПУЛ-4.205-316/2-20, «207/2, 213/2».

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

по учебной дисциплине «Автономные мобильные роботы»

направлению подготовки 15.04.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА (уровень магистратуры)

направленность ( профиль) Промышленная и мобильная электротехника

на 2022-2023 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1	Дополнений и изменений нет	Протокол № 8 от 06 марта 2020 г.

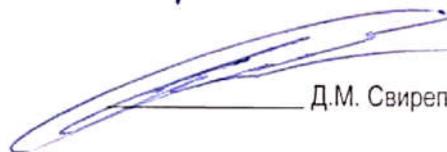
Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок»  
(Протокол № 9 от 30 марта 2022 г.)

Заведующий кафедрой:  
кандидат технических наук, доцент

  
Г.С. Ленеvский

УТВЕРЖДАЮ

Декан машиностроительного факультета  
кандидат технических наук, доцент  
«05» 06 2022 г.

  
Д.М. Свирепа

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой:  
«Технология машиностроения»  
кандидат технических наук, доцент

  
В.М. Шеменков

Ведущий библиотекарь  
Начальник учебно-методического  
отдела

  
В.А. Кемова  
«05» 06 2022 г.

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

по учебной дисциплине «Автономные мобильные роботы»  
направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника»  
направленности (профилю) Промышленная и мобильная робототехника  
на 2023–2024 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения			Основание
1.	Внести изменения в пункт 7.2 Дополнительная литература			Пополнение библиотеч- ного фонда
№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL	
5.	Иванов, А. А. Основы робототехники : учебное пособие / А. А. Иванов. – 2-е изд., испр. – Москва : ИН-ФРА-М, 2023. – 223 с. – (Высшее образование). – Режим доступа: <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a> .	Доп. Учебно-методическим объединением по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в кач. уч. пособия для студентов высших учебных заведений, обуч. по направлениям подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1995374">https://znanium.com/catalog/product/1995374</a>	
6.	Лебедев, С. К. Кинематика и динамика электромехатронных систем в робототехнике : учебное пособие / С. К. Лебедев, А. Р. Колганов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 352 с. – Режим доступа: <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>	—	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1831994">https://znanium.com/catalog/product/1831994</a>	

2	<p>Пункт 7.4.1 Методические рекомендации изложить в новой редакции</p> <p>1 Фурманов, С. М. Автономные мобильные роботы. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» очной и заочной форм обучения. Часть 1. – Могилев: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2023. – 48 с.</p> <p>2. Фурманов, С. М. Автономные мобильные роботы. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» очной и заочной форм обучения. Часть 2. – Могилев: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2023. – 44 с.</p>	<p>Сводный план изданий на 2023 год, протокол № 4 от 25.11.2022</p>
---	---	---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» (протокол № 6 от 14 февраля 2023 г.)

Заведующий кафедрой  
кандидат технических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ А. С. Коваль

УТВЕРЖДАЮ

Декан машиностроительного факультета  
кандидат технических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ Д. М. Свирепа

15 02 2023

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой «Технология машиностроения»  
кандидат технических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ В. М. Шеменков

Ведущий библиотекарь

  
  
\_\_\_\_\_ О. Е. Печковская

Начальник учебно-методического  
отдела

15 02 2023