

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности



А.А.Панфилов

« 01 » 07 \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ И МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Профиль/программа подготовки: Мехатроника и робототехника

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	4/144	18	18	18	54	36/экзамен/КП
Итого	4/144	18	18	18	54	36/экзамен/КП

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: освоение принципов построения, проектирования, моделирования и реализации систем управления роботами и мехатронными системами, способов организации движения, навигации в пространстве и локализации положения при движении исполнительных механизмов и мобильных роботов.

Задачи:

- изучить алгоритмы работы и способы организации управления мехатронными системами и мобильными роботами;
- изучить основные способы формирования траектории движения в декартовом пространстве с учетом параметров окружающей среды;
- изучить основные приемы программно-алгоритмической реализации управления движением роботов и мехатронных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Управление роботами и мехатронными системами» относится к вариативной части Б1.В блока дисциплин ОПОП магистратуры по направлению 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

Пререквизиты дисциплины: «Микропроцессорные средства и системы в мехатронике и робототехнике», «Исполнительные системы мехатронных и робототехнических систем», «Информационные системы в мехатронике и робототехнике»

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-2	частичное	Знать: основные понятия и концепции по курсу дисциплины, основные алгоритмы управления роботами и мехатронными устройствами. Уметь: работать с различными видами информации с помощью компьютерных и иных средств обработки информации, разрабатывать конструкторскую и проектную документацию компьютерных систем управления. Владеть: основными понятиями и концепциями в области систем управления, навыками решения задач построения траекторий движения роботов и мехатронных систем.
ПК-3	частичное	Знать: взаимодействие всех компонентов мехатронных и робототехнических систем, основные приемы алгоритмизации задач управления. Уметь: формировать управляющие сигналы на исполнительном, тактическом и стратегическом уровнях в мехатронных системах, разрабатывать и успешно применять алгоритмы решения практических задач управления движением в области мехатроники и робототехники. Владеть: способами построения компьютерных систем управления в тех разделах смежных курсов, которые используются при изучении управления роботами и мехатронными системами с использованием современной микроконтроллерной техники, навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при компьютерном моделировании роботов.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1.	Структуры и классификация управляющих систем в мехатронике	3	1	2			8	-	-
2.	Алгоритмы управления движением мехатронных систем	3	2-6	4	6		8	6/60	-
3.	Управление траекторными перемещениями исполнительных модулей роботов	3	7-12	6	6	8	18	10/50	Рейтинг-контроль №1
4.	Управление в мобильной робототехнике	3	13-18	6	6	10	18	12/54	Рейтинг-контроль №2,3
Всего за 3 семестр:				18	18	18	54	28/52	Экзамен, КП
Наличие в дисциплине КП/КР		7	1-18	-	-		КП	-	КП
Итого по дисциплине				18	18	18	54	28/52	Экзамен, КП

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Структуры и классификация управляющих систем в мехатронике.

Тема 1. Управляющие системы.

Определение объекта управления в мехатронной системе. Задачи управления.

Тема 2. Назначение и выполняемые функции.

Классы управляющих систем в робототехнике. Виды обеспечений в составе управляющих систем.

Тема 3. Организация системы управления.

Построение систем и алгоритмизация процесса управления. Классификация систем управления.

Тема 4. Управление движением.

Цикловые, позиционные, контурные и комбинированные системы управления.

Раздел 2. Алгоритмы управления движением мехатронных систем.

Тема 1. Постановка задачи управления движением.

Подготовка информации к программированию движения. Представление траектории движения.

Тема 2. Коррекция траектории с учетом геометрии робота.

Определение координат заданного контура. Расчет траекторий движения.

Тема 3. Определение систем координат исполнительного механизма и объекта управления.

Кодирование информации. Определение координат опорных точек траектории движения на плоскости.

Тема 4. Реализация алгоритмов управления.

Позиционные, кинематические и динамические алгоритмы управления. Взаимосвязь и особенности.

Раздел 3. Управление траекторными перемещениями исполнительных модулей роботов.

Тема 1. Режимы управления.

Уровни иерархии управления. Программные системы.

Тема 2. Управление в функции состояния.

Показатели качества управления движением.

Тема 3. Математическое обеспечение расчета траекторий движения.  
Интерполяция траекторий движения мехатронной системы. Основные методы интерполяции.  
Тема 4. Способы и средства реализации алгоритмов интерполяции.  
Оптимизация алгоритмов построения траекторий. Управление контурной скоростью.  
Раздел 4. Управление в мобильной робототехнике.  
Тема 1. Локализация.  
Локализация робота в пространстве. Вероятностная локализация. Системы координат. Алгоритмы локализации. Представление окружения. Граф видимости. Диаграмма Вороного. Алгоритмы Brushfire и Bug.  
Тема 2. Навигация.  
Алгоритмы прохождения лабиринтов. Движение вдоль опорной поверхности. Рекурсивный обход. Построение карт местности. Алгоритмы построения. Представление данных.

### **Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине**

Раздел 2. Алгоритмы управления движением мехатронных систем.  
Тема 2. Коррекция траектории с учетом геометрии робота.  
Практическое занятие 1. Расчет траекторий движения рабочего органа мехатронной системы в декартовом пространстве.  
Раздел 3. Управление траекторными перемещениями исполнительных модулей роботов.  
Тема 3. Математическое обеспечение расчета траекторий движения.  
Практическое занятие 2. Программно-алгоритмическое обеспечение управления траекторным перемещением схвата робота в свободной зоне.  
Лабораторная работа 1. Программирование позиционных алгоритмов управления.  
Раздел 4. Управление в мобильной робототехнике.  
Тема 2. Навигация.  
Практическое занятие 3. Реализация программного управления траекторным перемещением мобильного робота в зоне с препятствиями  
Лабораторная работа 2. Программирование контурного управления движением мобильного робота в свободной зоне.  
Лабораторная работа 3. Корректируемое управление движением мобильного робота в зоне с препятствиями.  
Лабораторная работа 4. Программирование алгоритмов позиционного управления на роботе «Фанук».  
Лабораторная работа 5. Программирование алгоритмов контурного управления на роботе «Фанук».

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Электротехника и электроника мехатронных и робототехнических систем» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (тема №1.1, тема №1.2, тема №2.2, тема №3.3, тема №3.4, тема №4.1, тема №4.2);
- Групповая дискуссия (тема №2.2, тема №3.3, тема №4.2);
- Тренинг (тема №2.1, тема №3.3, тема №4.1, тема №4.2);
- Разбор конкретных ситуаций (тема №2.1, тема №2.2, тема №4.1, тема №4.2).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль успеваемости:

Рейтинг-контроль №1, 3 сем.

1. Как готовится информация к программированию движения.
2. Представление траектории движения.
3. Понятие эквидистанты.
4. Определение координат заданного контура.
5. Кодирование информации.

6. Определение координат опорных точек, лежащих на прямых.
7. Определение координат опорных точек, лежащих на окружности.
8. Определение координат опорных точек, лежащих на эквидистанте.
9. Основные методы интерполяции.
10. Метод оценочной функции.
11. Линейная интерполяция траектории движения.
12. Круговая интерполяция траектории движения.
13. Параболическая интерполяция траектории движения.
14. Способы реализации алгоритмов.
15. Позиционные алгоритмы управления.
16. Кинематические алгоритмы управления.
17. Динамические алгоритмы управления.
18. Погрешности формообразования.

Рейтинг-контроль №2, 3 сем.

1. Определение местонахождения робота.
2. Оценка текущего положения робота.
3. Локальная и глобальная системы координат.
4. Построение конфигурационного пространства.
5. Определение положения узлов квадродерева.
6. Построение графа расстояний по заданному на плоскости окружению.
7. Определение треугольника Делоне.
8. Дискретный графический алгоритм построения.
9. Метод потенциального поля.
10. Алгоритмы локального планирования траектории.
11. Алгоритмы локального планирования движения.
12. Алгоритмы расчета кратчайшего пути.
13. Эвристические алгоритмы поиска пути.

Рейтинг-контроль №3, 3 сем.

Защита курсового проекта.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

Экзамен, 3 семестр.

1. Построение систем управления.
2. Функционирование и взаимодействие систем управления.
3. Объект управления в мехатронной системе. Задачи управления.
4. Назначение и выполняемые функции систем управления.
5. Алгоритмизация процесса управления в мехатронной системе.
6. Структура системы управления.
7. Программирование в мехатронных системах. Представление траектории движения.
8. Управление движением мехатронного модуля в цикловых, позиционных и контурных системах.
9. Уровни иерархии управления. Режимы управления движением мехатронного модуля.
10. Управление в функции состояния, комбинированные системы.
11. Показатели качества управления движением.
12. Метод оценочной функции.
13. Способы реализации алгоритмов интерполяции.
14. Реализация алгоритмов управления. Позиционные, кинематические и динамические алгоритмы управления. Взаимосвязь и особенности.
15. Реализация алгоритмов управления. Позиционные алгоритмы управления. Взаимосвязь и особенности.
16. Реализация алгоритмов управления. Кинематические алгоритмы управления. Взаимосвязь и особенности.

17. Реализация алгоритмов управления. Динамические алгоритмы управления. Взаимосвязь и особенности.
18. Структурный метод построения моделей.
19. Моделирование процессов управления мехатронной системой в реальном времени. Пример управления.
20. Моделирование процессов управления мехатронной системой в реальном времени. Универсальные алгоритмические модели.
21. Программное обеспечение систем управления. Классификация.
22. Локализация робота в пространстве. Вероятностная локализация. Системы координат.
23. Алгоритмы локализации. Представление окружения. Граф видимости.
24. Алгоритмы локализации. Диаграмма Вороного.
25. Алгоритмы локализации. Алгоритмы Brushfire и Bug.
26. Алгоритмы прохождения лабиринтов. Движение вдоль опорной поверхности
27. Алгоритмы прохождения лабиринтов. Рекурсивный обход.
28. Построение карт местности. Алгоритмы построения. Представление данных.

Самостоятельная работа студентов.

Самостоятельная работа студента выполняется в соответствии с учебным планом и программой дисциплины. Самостоятельная работа направлена на углубленное изучение разделов и подготовку к выполнению практических заданий.

Виды самостоятельной работы студентов:

- написание реферата;
- подготовка сообщения;
- подготовка доклада;
- написание эссе.

Самостоятельная работа выполняется по согласованным с преподавателем темам из разделов курса. Самостоятельная работа выполняется в течение учебного семестра, в котором изучается соответствующая тема. Результат выполнения работы представляется на практическом занятии и оформляется в электронном виде. При подготовке используется учебно-методическое обеспечение по п.7 рабочей программы.

Самостоятельная работа студентов, 3 сем.

1. Управление движением. Организация систем управления.
2. Многозадачность в управлении мехатронными системами..
3. Проектирование роботов.
4. Системы моделирования роботов.
5. Применение мобильных роботов.
6. Решение задачи навигации в робототехнике.
7. Прохождение лабиринтов.
8. Построение карт местности.
9. Информационные системы навигации и локализации.
10. Автомобильные системы автономного управления.

Курсовой проект

Тема курсового проекта: «Разработка программно-алгоритмического обеспечения, структуры и модели системы управления мобильного робота для организации движения в зоне с детерминированным расположением препятствий».

Траектория движения выбирается студентом на основе реальной карты местности, адаптированной к задаче. Конкретные числовые значения определяются преподавателем. Программная часть реализуется средствами алгоритмического языка SmallBasic, траектория движения имитируется графическим представлением на экране монитора ПК. Модель системы строится с использованием инструментария MatLab/

Содержание проекта:

1. Графическое представление траектории движения.
2. Представление маршрута движения.
3. Аппроксимация программной траектории.
4. Расчет уравнений движения по участкам траектории.
5. Разработка алгоритма обхода препятствий.
6. Определение структуры системы управления.
7. Составление алгоритма движения робота по рассчитанной траектории.
8. Программное представление траектории движения средствами алгоритмического языка.
9. Программирование траектории движения мобильного робота эмуляцией на экране ПК.
10. Построение Simulink-модели движения..

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Интеллектуальные мехатронные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.В. Абрамов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018.— 185 с.	2018	-	ЭБС «IPRbooks», <a href="http://www.iprbookshop.ru/70764.html">http://www.iprbookshop.ru/70764.html</a>
2. Кравцов А.Г. Промышленные роботы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кравцов А.Г., Марусич К.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 95 с..	2019	-	ЭБС «IPRbooks», <a href="http://www.iprbookshop.ru/85795.html">http://www.iprbookshop.ru/85795.html</a> .
3. Trends in Applied Mechanics and Mechatronics: Сборник научно-методических статей. Том 1/М.Н.Кирсанов - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 120 с.: 60x90 1/16. - (Научная мысль) (Обложка. КБС) ISBN 978-5-16-011287-9	2015	-	ЭБС «Znanium.com», <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=518946">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=518946</a>
Дополнительная литература			
1. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие / А. П. Лукинов .— Санкт-Петербург : Лань, 2012 .— 605 с. : ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (80,8 Мб) .— (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Библиогр.: с. 596-600 .— ISBN 978-5-8114-1166-5	2012	15	-
2. Егоров, Игорь Николаевич. Позиционно-силовое управление робототехническими и мехатронными устройствами : монография / И. Н. Егоров ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 191 с. : ил. — Библиогр.: с. 180-191.— ISBN 978-5-9984-0116-9	2010	60	<URL: <a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3008/1/00642.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3008/1/00642.pdf</a> >

## 7.2. Периодические издания

1. Научно-технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление» ISSN 2619-1253.
2. Научно-технический журнал «Робототехника и техническая кибернетика» ISSN 2310-5305.
3. Журнал «Мехатроника, Автоматика и Робототехника» ISSN 2541-8637.

## 7.3. Интернет-ресурсы

1. Курс лекций компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ncsystems.ru/index.php/ru/kafedra-ksu/obuchenie/lektcii>, свободный.
2. Научный журнал «Информационно-управляющие системы». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.cyberleninka.ru/journal/n/info\\_rmatсионно-upravlyayuschie-sistemy](http://www.cyberleninka.ru/journal/n/info_rmatсионno-upravlyayuschie-sistemy), свободный.
3. Робототехнические мехатронные системы. Егоров О.Д., Подураев Ю.В., Бубнов М.А. - М.: Издательство Станкин. - 2015. - 328 с. Доступ по регистрации на сайте <http://www.kodges.ru/nauka/tehnika1/303427-robototekhnicheskie-mehatronnye-sistemy.html>.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические/лабораторные работы проводятся в ауд.105-2, 106-2

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- пакеты ПО общего назначения (MS Windows, MS Office);
- ПО Microsoft Small Basic.

Рабочую программу составил  к.т.н., доцент Немонтов В.А.

Рецензент  
ПАО «НИПТИЭМ»,  
начальник лаборатории испытания электроприводов  Родионов Р.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизация, мехатроника и робототехника

Протокол № 1 от 01.07 2019 года

Заведующий кафедрой  Коростелев В.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Протокол № 1 от 01.07 2019 года

Председатель комиссии  Коростелев В.Ф.



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.20 года  
Заведующий кафедрой В.Ф. Коростелев

Рабочая программа одобрена на 2021/22 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 16 от 28.06.21 года  
Заведующий кафедрой В.Ф. Коростелев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_