

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **Средства и методы управления в робототехнических системах**

Направление подготовки: *27.03.04 Управление в технических системах*

Направленность: *Информационное и техническое обеспечение цифровых систем управления*

Квалификация выпускника: бакалавр

Кострома  
2021

Рабочая программа дисциплины «Средства и методы управления в робототехнических системах» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом 27.03.04 Управление в технических системах, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования №871 от 31.07.2020 г.

Разработал: Смирнов Максим Александрович А., доцент кафедры АМТ, к.т.н.

Рецензент: Изотов Владимир Анатольевич, доцент кафедры АМТ, к.т.н., доцент

**ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:**

Заведующий кафедрой профессор,  
доктор технических наук Староверов Борис Александрович  
Протокол заседания кафедры №\_9\_ от 12.05.2021 г.

**ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры АМТ  
Протокол заседания кафедры №\_9\_ от 09.06.2022 г.  
Заведующий кафедрой Автоматики и микропроцессорной техники  
Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

**ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры АМТ  
Протокол заседания кафедры №\_6\_ от 21.04.2023 г.  
Заведующий кафедрой Автоматики и микропроцессорной техники  
Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель дисциплины:** формирование у студентов знаний, умений, навыков работы с современными робототехническими системами.

**Задачи дисциплины:**

- формирование у студентов знаний средств и методов управления в робототехнических системах;
- развитие у студентов навыков и умений выбирать типовые средства автоматизации для построения робототехнических систем управления;
- приобретение студентами опыта работы с современными аппаратными и программными средствами робототехнических систем.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить компетенцию:

ОПК-5 – способен решать задачи развития науки, техники и технологии в области управления в технических системах с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности.

Код и содержание индикаторов компетенции:

ИОПК-5.1. Знает основные средства и методы управления в робототехнических системах.

ИОПК-5.2. Умеет выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для решения задач управления с помощью робототехнических систем.

ИОПК-5.3. Имеет навыки настройки, конфигурирования, программирования робототехнических систем управления.

Таким образом, обучающийся должен:

**знать:**

- основные средства и методы управления в робототехнических системах.

**уметь:**

- выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для решения задач управления с помощью робототехнических систем.

**владеть:**

- навыками настройки, конфигурирования, программирования робототехнических систем управления.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана (Б1.О.36). Изучается на 4 курсе очного обучения (8 семестр).

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах/практиках: «Теория автоматического управления», «Теория цифровых систем управления», «Электрические машины и аппараты», «Автоматизированный электро-, гидро- и пневмопривод», «Технические средства измерений», «Микросхемотехника», «Микропроцессорная техника», «Средства автоматизации и управления».

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин/практик: «Автоматизированные системы управления техническими объектами» (междисциплинарный проект), дипломное проектирование.

### 4. Объем дисциплины

#### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	2
Общая трудоемкость в часах	72
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	32
Лекции	16
Практические занятия	–
Лабораторные занятия	16
Самостоятельная работа в часах	39,75
Контроль	–
Форма промежуточной аттестации	Зачет

#### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося (в часах)

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	–
Лабораторные занятия	16
Консультации	–
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	–
Курсовые работы	–
Курсовые проекты	–
Всего	32,25

## 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

### 5.1. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лабор.	
1	Робототехнические комплексы как объекты управления	10	2		2	6
2	Математические модели роботов	13	3		3	7
3	Системы управления робототехническими комплексами	13	3		3	7
4	Методы управления робототехническими комплексами	13	3		3	7
5	Программирование движений робота	12,75	3		3	6,75
6	Выбор робототехнических комплексов	10	2		2	6
	<b>Всего</b>	<b>71,75</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	<b>39,75</b>
	ИКР	0,25				
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	<b>39,75</b>

### 5.2. Содержание

#### ***Раздел 1. Робототехнические комплексы как объекты управления***

Структура робототехнических комплексов. Варианты типовых компоновок. Состав и архитектура промышленных робототехнических комплексов. Классификация робототехнических комплексов. Основные свойства робототехнических комплексов как объектов управления.

#### ***Раздел 2. Математические модели роботов***

Кинематическая, расширенная кинематическая и динамическая модель робота. Основные задачи динамики робототехнических систем. Способы повышения точности воспроизведения программных движений. Алгоритмы определения положения исполнительных механизмов и рабочих органов.

#### ***Раздел 3. Системы управления робототехническими комплексами***

Классификация систем управления робототехническими комплексами. Основные принципы управления, реализуемые в приводах роботов. Системы программного, адаптивного, интеллектуального управления. Системы группового управления роботами.

#### ***Раздел 4. Методы управления робототехническими комплексами***

Управление движением манипуляционных роботов. Разомкнутые и замкнутые системы управления роботами. Обобщенные законы управления движением для манипуляционных роботов. Алгоритмы параметрического синтеза и оптимизации программных движений.

Синтез корректирующих устройств и регуляторов исполнительной системы. Вычисление показателей качества исполнительной системы и отдельных приводов. Влияние периода квантования на устойчивость и динамическую точность робота.

#### ***Раздел 5. Программирование движений робота***

Постановка задач управления движением мобильных роботов: движение по заданной кривой, по заданной траектории; перемещение в заданное положение. Автоматизация программирования элементарных движений робота на основе кинематических моделей. Автоматизация программирования движений робота на основе динамических моделей.

Программирование движений роботов в соответствии с их собственными динамическими свойствами.

**Раздел 6. Выбор робототехнических комплексов**

Расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования. Выбор и обоснование информационной системы промышленного робота (подсистема восприятия и контроля информации внешней среды и обработки поступающей от них информации; подсистема контроля состояния элементов робота; подсистема обеспечения техники безопасности).

**6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

**6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине**

№	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Робототехнические комплексы как объекты управления	Самостоятельное изучение тем: «Состав и архитектура промышленных робототехнических комплексов»; «Классификация робототехнических комплексов». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №1, оформление отчета, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.	6	Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [2– 4, 6, 7, 13].	Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос.
2	Математические модели роботов	Самостоятельное изучение тем: «Основные задачи динамики робототехнических систем»; «Способы повышения точности воспроизведения программных движений». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №2, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.	7	Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [4, 5, 7, 11, 13].	Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос.
3	Системы управления робототехническими комплексами	Самостоятельное изучение тем: «Системы интеллектуального управления роботами»; «Системы группового управления роботами». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабора-	7	Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1–4, 6–8, 10, 11–13, 15, 16].	Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос.

		торной работе №3, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.			
4	Методы управления робототехническими комплексами	Самостоятельное изучение тем: «Синтез корректирующих устройств и регуляторов исполнительной системы»; «Вычисление показателей качества исполнительной системы и отдельных приводов»; «Влияние периода квантования на устойчивость и динамическую точность робота». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №4, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.	7	Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1, 4, 7–9, 11, 12, 14, 16].	Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос.
5	Программирование движений робота	Самостоятельное изучение темы: «Программирование движений роботов в соответствии с их собственными динамическими свойствами». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №5, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.	6,75	Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [2, 4, 7, 10, 11, 14].	Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос.
6	Выбор робототехнических комплексов	Самостоятельное изучение тем: «Алгоритмы формирования проектных решений по робототехнической системе»; «Разработка и выбор транспортно-технологических и структурно-компоновочных схем». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №6,	6	Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1, 3, 4, 6, 7, 12, 14, 15].	Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос.

		оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.			
	<b>Итого:</b>		39,75		

## 6.2. Тематика и задания для лабораторных занятий

№	Тема работы	Методические указания
1	Изучение системы управления мобильной платформой. Подключение узлов и элементов схемы управления платформой.	[13]
2	Программирование алгоритмов получения информации от датчиков мобильной платформы. Реализация алгоритмов самоориентации платформы с помощью вспомогательных датчиков.	[13]
3	Программирование алгоритмов движения платформы по заданной траектории.	[13]
4	Способы управления и программирования робота «Optima-2». Изучение схемы управления роботом «Optima-2».	[14]
5	Программирование робота «Optima-2» в различных системах координат. Привязка к различным базисам.	[14]
6	Построение замкнутой системы управления роботом «Optima-2» с использованием датчиков обратной связи.	[14]

## 7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### *а) основная:*

1. Иванов А. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие / А. А. Иванов. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 224 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=946200&spec=1>.

2. Иванов А. А. Основы робототехники: учеб. пособие / А. А. Иванов. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 223 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=939223&spec=1>.

3. Трофимов В. Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами / В. Б. Трофимов, С. М. Кулаков. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 232 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=760121&spec=1>.

4. Юревич Е. И. Основы робототехники: учеб. пособие / Е. И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 368 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=978555&spec=1>.

### *б) дополнительная:*

5. Афонин А. М. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации: учеб. пособие / А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев и др. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 192 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=424277&spec=1>.

6. Афонин В. Л. Интеллектуальные робототехнические системы: курс лекций / В. Л. Афонин, В. А. Макушкин. – М.: ИНТУИТ, 2005. – 208 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=232978&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=232978&sr=1).

7. Булгаков А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление: монография / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2008. – 486 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=117812&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=117812&sr=1).

8. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. – М.: Гор. Линия-Телеком, 2013. – 606 с. – Ре-

жим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=443651&spec=1>.

9. Игнатьев В. В. Программируемые контроллеры: учеб. пособие / В. В. Игнатьев и др. – Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – 137 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=989934&spec=1>.

10. Каляев И. А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов: учеб. пособие / И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, С. Г. Капустян. – М.: Физматлит, 2009. – 280 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=68414&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68414&sr=1).

11. Предко М. Устройства управления роботами / М. Предко. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 404 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=406841&spec=1>.

12. Рябов И. В. Автоматизированные информационно-управляющие системы: учеб. пособие / И. В. Рябов. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – 200 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=439330](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=439330).

#### ***в) методические указания:***

13. Установка по изучению мобильных роботизированных систем на базе мобильной платформы и робота-манипулятора: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. – Казань: ООО «Зарница – Инновации». – 2018. – 23 с. – Режим доступа: <https://drive.google.com/drive/folders/1nK5ulRRrZZqEUKYef8AJ8gL4Ia26vvOP>.

14. Установка по изучению роботизированных систем на базе робота-манипулятора «Optima-2»: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. – Казань: ООО «Зарница – Инновации». – 2018. – 57 с. – Режим доступа: <https://drive.google.com/drive/folders/1yYTDQn-1WIMYDJuwYrbdFm95jyJxi7wq>.

#### ***г) периодические издания:***

15. Автоматизация и современные технологии. – Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka/zhurnaly-mars.html>.

16. Автоматика и телемеханика. – Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka/zhurnaly-mars.html>.

#### ***Электронные библиотечные системы***

1. ЭБС «Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

2. ЭБС «Университетская библиотека online». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru>.

3. ЭБС «Znanium». – Режим доступа: <https://www.znanium.com>.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», полезных для освоения дисциплины**

#### ***Информационно-образовательные ресурсы***

1. Задачи по робототехнике. – Режим доступа: <http://karandashsamodelkin.blogspot.ru/>.

2. Мой робот. – Режим доступа: <http://www.myRobot.ru>.

3. Научно-учебный центр «Робототехника» МГТУ им. Н. Э. Баумана. – Режим доступа: <http://www.robot.bmstu.ru>.

4. Робототехника в России. – Режим доступа: <http://www.Robotics.ru>.

5. Робототехника: кибернетика, история робототехники, специализированные роботы, научные исследования. – Режим доступа: <http://www.roboticslib.ru>.

6. ЦНИИ робототехники и технической кибернетики. – Режим доступа: <http://www.rtc.ru>.

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лекционная аудитория должна быть оснащена презентационным оборудованием (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран).

Лаборатория робототехники Б-101/2 располагает современными роботизированными установками (роботы-манипуляторы «Optima-2» и «Optima-1», мобильные роботизированные платформы), выпускаемыми ООО «Зарница – Инновации», и соответствующим программным обеспечением для реализации алгоритмов управления (лицензионное программное обеспечение не используется).