

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# **Программное обеспечение робототехнических систем**

Направление подготовки: *27.03.04 Управление в технических системах*

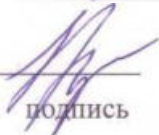
Направленность: *Информационное и техническое обеспечение цифровых систем  
управления*

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Кострома

Рабочая программа дисциплины «Программное обеспечение робототехнических систем» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом ФГОС ВО (утвержден приказом Минобрнауки России от 20.10.2015 № 1171) и учебным планом по направлению подготовки 27.03.04 *Управление в технических системах*, профиль Информационное и техническое обеспечение цифровых систем управления (год начала подготовки - 2020).

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

Рецензент:  Изотов В. А., доцент кафедры АМТ, к.т.н., доцент

подпись

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры АМТ.

Протокол заседания кафедры №1 от 31,08.2020 г.

г. Заведующий кафедрой АМТ



Староверов Б. А., д.т.н., профессор

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель дисциплины:** формирование у студентов знаний, умений, навыков программирования современных робототехнических систем.

**Задачи дисциплины:**

- изучение основных понятий робототехнических систем, принципов их проектирования и программирования;
- изучение программного обеспечения для реализации алгоритмов управления робототехническими системами;
- приобретение навыков по проектированию и программированию робототехнических систем.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- принципы работы робототехнических систем и особенности их программирования;
- принципы циклового, дискретного, непрерывного управления подвижными частями роботов;
- технологию создания и программирования автономных роботов;
- методы расчета отдельных блоков и устройств робототехнических систем;
- языковые средства, схемы и системы программирования

роботов. **уметь:**

- составлять алгоритмы движения робота по заданной траектории и выполнения технологических операций;
- разрабатывать на языках высокого и низкого уровня управляющие программы для функционирования робототехнических систем;
- вычислять траектории движения элементов робототехнических систем;
- выбирать средства вычислительной техники и программное обеспечение для решения задач робототехники;
- использовать языки и системы программирования роботов.

**владеть:**

- навыками управления мобильными роботами с разными активными и пассивными приводами и разным типом базы;
- навыками разработки алгоритмов движения робота;
- навыками программирования роботизированных систем, в том числе на языке KRL (язык программирования промышленных роботов KUKA);
- компьютерными технологиями представления вида и динамики движений робота при 3D-моделировании;
- методами программного синтеза автоматических систем управления роботов.

**освоить компетенции:**

- способность производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием (ПК-6).

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ.9). Изучается на 4 курсе очного обучения (7 семестр).

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах/практиках: «Математика», «Прикладная математика», «Физика», «Теория автоматического управления», «Технические средства измерений» («Техническое зрение и сенсоры в робототехнике»), «Микропроцессорная техника», «Основы алгоритмизации», «Программирование», «Моделирование систем и процессов», «Операционные системы», «Управляющие системы реального времени», «Информационные технологии в управлении»; практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

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

### 4. Объем дисциплины

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

| Виды учебной работы,                     | Очная форма | Очно-заочная | Заочная |
|--|-------------|--------------|---------|
| Общая трудоемкость в зачетных единицах   | 5           | -            |         |
| Общая трудоемкость в часах               | 108         |              |         |
|  | 84          |              |         |
| Аудиторные занятия в часах, в том числе: |             |              |         |
| Лекции                                   | 28          |              |         |
| Практические занятия                     |             |              |         |
| Лабораторные занятия                     | 56          |              |         |
| Консультации                             |             |              |         |
| Самостоятельная работа в часах,          | 23,75       |              |         |
| в том числе курсовой проект (работа)     |             |              |         |
| Контроль                                 |             |              |         |
| Форма промежуточной аттестации           | Зачет 0,25  |              |         |

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

| Виды учебных занятий | Очная форма час | Очно-заочная | Заочная час |
|----------------------|-----------------|--------------|-------------|
| Лекции               | 28              |              |             |
| Практические занятия |                 |              |             |
| Лабораторные занятия | 56              |              |             |
| Консультации         |                 |              |             |
| Зачет/зачеты         | 0,25            |              |             |
| Экзамен/экзамены     |                 |              |             |
| Курсовые работы      |                 |              |             |
| Курсовые проекты     |                 |              |             |
| Всего                | 84,25           |              |             |

## 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 | Роботы и робототехнические системы                                    | 8             | 4                  |        | -         | 4                      |
| 2 | Элементы автоматики робототехнических систем                          | 18            | 4                  |        | 10        | 4                      |
| 3 | Программные пакеты моделирования робототехнических систем             | 18            | 4                  |        | 10        | 4                      |
| 4 | Алгоритмическое и программное обеспечение робототехнических систем    | 20            | 4                  |        | 12        | 4                      |
| 5 | Языки программирования роботов  | 20            | 6                  |        | 12        | 2                      |
| 6 | Средства разработки программного обеспечения робототехнических систем | 12,75         | 3                  |        | 6         | 3,75                   |
| 7 | Способы программирования роботов и робототехнических систем           | 11            | 3                  |        | 6         | 2                      |
|   | <b>Всего</b>  | <b>107,75</b> | <b>28</b>          |        | <b>56</b> | <b>23,75</b>           |
|   | <b>Зачет</b>  | 0,25          |                    |        |           |                        |
|   | <b>Итого:</b>   | 108           | 28                 |        | 56        | <b>23,75</b>           |

### 5.2. Содержание

#### ***Раздел 1. Роботы и робототехнические системы***

История и современное состояние робототехники. Платформы современной робототехники. Классификация робототехнических систем. Структура робототехнических систем. Агрегатно-модульный принцип построения роботов и робототехнических систем.

#### ***Раздел 2. Элементы автоматики робототехнических систем***

Информационные датчики и системы. Устройства формирования управляющих сигналов. Системы технического зрения роботов. Приводы.

#### ***Раздел 3. Программные пакеты моделирования робототехнических систем***

Структура модели робототехнической системы. Применение схем замещения элементов роботов и робототехнических систем различной физической природы при разработке их динамических математических моделей. Прикладные программы моделирования и исследования кинематики и динамики манипуляционных роботов. Технология моделирования.

#### ***Раздел 4. Алгоритмическое и программное обеспечение робототехнических систем***

Основные принципы и методология разработки прикладного программного обеспечения робототехнических систем. Программное обеспечение для интеллектуальных робототехнических систем, содержащих системы технического зрения. Структура программного обеспечения системы управления роботом. Организация взаимодействия программных модулей в системе управления роботом. Программно-аппаратные подходы к согласованию работы элементов робототехнических систем.

#### ***Раздел 5. Языки программирования роботов***

Аналитический обзор роботоориентированных языков программирования. Развитие языков программирования для роботов. Языки низкого уровня. Языки стандарта МЭК

61131-3 как инструмент разработки программного обеспечения для управляющих контроллеров в робототехнических системах. Языки высокого уровня (C#, C++, Java) как инструмент для реализации управляющих функций в робототехнических системах. Язык программирования передовой робототехники KUKA Robot Language (KRL). Графические языки программирования.

**Раздел 6. Средства разработки программного обеспечения робототехнических систем**

Интерпретаторы, компиляторы, симуляторы и эмуляторы. Интегрированные средства разработки. Аппаратные средства для программирования. Программирование Lego-роботов, Arduino-роботов, TRIK-роботов, роботов на базе одноплатных компьютеров. Интерфейс типовой среды программирования.

**Раздел 7. Способы программирования роботов и робототехнических систем**

Ручное обучение или показ-обучение. Прямое обучение с автоматической коррекцией погрешностей позиционирования. Обучение ведением или сопровождением. Программирование с помощью команд. Диагностическое программирование.

**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 | Роботы и робототехнические системы              | Самостоятельное изучение тем: «Классификация робототехнических систем»; «Структура робототехнических систем»; «Агрегатно-модульный принцип построения роботов и робототехнических систем». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №1, оформление отчета, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом. | 4    | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [2, 4, 5, 7, 13].      | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |
| 2 | Элементы автоматизации робототехнических систем | Самостоятельное изучение тем: «Системы технического зрения роботов»; «Приводы роботов». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №2, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.   | 4    | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [2, 4, 5, 11, 12, 14]. | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |

|   |  |  |   |  |   |
|---|--|--|---|--|---|
| 3 | Программные пакеты моделирования робототехнических систем          | Самостоятельное изучение тем: «Прикладные программы моделирования и исследования кинематики и динамики манипуляционных роботов»; «Технология моделирования в среде V-REP». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №3, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.  | 4 | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [2, 4, 5, 7, 10, 15, 16].           | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |
| 4 | Алгоритмическое и программное обеспечение робототехнических систем | Самостоятельное изучение тем: «Программное обеспечение для интеллектуальных робототехнических систем, содержащих системы технического зрения»; «Организация взаимодействия программных модулей в системе управления роботом»; «Программно-аппаратные подходы к согласованию работы элементов робототехнических систем». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №4, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом. | 4 | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 13, 16, 17]. | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |
| 5 | Языки программирования роботов                                     | Самостоятельное изучение тем: «Развитие языков программирования для роботов. Языки низкого уровня. Языки высокого уровня (C#, C++, Java) как инструмент для реализации управляющих функций в робототехнических системах»; «Графические языки программирования». Проработка лекционного материала.  | 2 | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1, 3, 4, 6, 8, 9, 13].             | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |

|   |   |   |      |  |   |
|---|---|---|------|--|---|
|   |   | Подготовка к лабораторной работе №5, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.  |      |  |   |
| 6 | Средства разработки программного обеспечения робототехнических систем | Самостоятельное изучение тем: «Программирование Lego- роботов, Arduino-роботов, TRIK- роботов, роботов на базе одноплатных компьютеров»; «Интерфейс типовой среды программирования». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №6, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом. | 3,75 | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1, 3, 4, 6, 8, 9, 13, 17]. | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |
| 7 | Способы программирования роботов и робототехнических систем           | Самостоятельное изучение тем: «Программирование роботов методом сопровождения»; «Программирование роботов с помощью команд»; «Диагностическое программирование». Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторной работе №7, оформление отчетов, подготовка к защите. Выполнение домашнего задания по разработке алгоритма управления роботом.                     | 2    | Внимательно изучите материалы лекций, соответствующие разделы литературы [1-4, 6, 9, 10, 13].        | Самоконтроль; защита лабораторных работ; проверка домашнего задания; контрольный опрос. |
|   | <b>Итого:</b>   |   | 23,7 |  |   |

## 6.2. Тематика и задания для лабораторных занятий

| № | Тема работы   | Методические указания |
|---|---|-----------------------|
| 1 | Способы управления и программирования роботов. Низкоуровневый подход для управления роботом.  | [13]                  |
| 2 | Программирование робота-манипулятора «Optima-1» в среде Arduino IDE.  | [14]                  |
| 3 | Знакомство со средой разработки программного обеспечения для управления мобильной платформой. Программирование алгоритмов управления манипулятором. | [15]                  |
| 4 | Основы программирования движения робота «Optima-2».   | [13]                  |



|   |   |      |
|---|---|------|
| 5 | Способы управления и программирования роботов. Язык программирования KRL: изучение основных операторов.                   | [13] |
| 6 | Способы управления и программирования роботов. Язык KRL: взаимодействие с аналоговым интерфейсом.                         | [13] |
| 7 | Способы управления и программирования роботов. Язык KRL: использование различных рабочих органов манипулятора «Optima-2». | [13] |

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

### а) основная:

1. Дженжер В. О. Введение в программирование LEGO-роботов на языке NXT-G / В. О. Дженжер, Л. В. Денисова. - М.: «ИНТУИТ», 2016. - 104 с. - Режим доступа: [http://bibHodub.ru/mdex.php?page=book\\_red&id=428987&sr=1](http://bibHodub.ru/mdex.php?page=book_red&id=428987&sr=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. Момот М. В. Мобильные роботы на базе Arduino. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017. - 288 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=978521&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 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).
6. Бейктал Д. Конструируем роботов на Arduino. Первые шаги / Д. Бейктал. - М.: Лаб. Знаний, 2016. - 323 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=939661&spec=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://bibliodub.ru/mdex.php?page=book\\_red&id=117812&sr=1](http://bibliodub.ru/mdex.php?page=book_red&id=117812&sr=1).
8. Древис Ю. Г. Системы реального времени: технические и программные средства: учеб. пособие. - М.: МИФИ, 2010. - 320 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=560589&spec=1>.
9. Игнатъев В. В. Программируемые контроллеры: учеб. пособие / В. В. Игнатъев 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. Москвичев А. А. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов: учеб. пособие / А. А. Москвичев, А. Р. Кварталов, Б. В. Устинов. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 176 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=483005&spec=1>.
12. Предко М. Устройства управления роботами / М. Предко. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 404 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=406841&spec=1>.

### в) методические указания:

13. 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-IWIMYDJuwYrbdfm95jyJxi7wq>.

14. Установка по изучению роботизированных систем на базе робота-манипулятора «Optima-1»: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. - Казань: ООО «Зарница - Инновации». - 2018. - 23 с. - Режим доступа: <https://drive.google.com/drive/folders/1yYTDQn-IWIMYDJuwYrbdFm95jyJxi7wq>.

15. 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>.

#### **з) периодические издания:**

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

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

#### **Электронные библиотечные системы**

1. ЭБС «Лань». - Режим доступа: <https://elanbook.com>.

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

3. ЭБС «Znanium». - Режим доступа: <https://www.znaniy.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).