Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра систем автоматизации производства

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.40 Промышленные роботы»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
(код и наименование направления подготовки)

Системы автоматизации технологических процессов и производств
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.40 Промышленные роботы*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра систем автоматизации производства
наименование кафедры

протокол № 8 от "13" марта 2026г.

Заведующий кафедрой
Кафедра систем автоматизации производства — Д.А. Проскурин
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
доцент каф.САП — А.А. Корнипаева
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств — Д.А. Проскурин
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
С.А.Биктимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству от Аэрокосмического института
А.М. Черноусова
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Корнипаева А.А., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

овладение теоретическими и практическими навыками, необходимыми для выбора, использования и анализа применения промышленных роботов для автоматизации производств с целью повышения их эффективности**.**

Задачи:

- получить представление о проблемах автоматизации производств и использовании промышленных роботов (ПР), об особенностях конструкций ПР, о системах управления ПР, о тенденциях развития ПР, и элементной базе составных частей;
- изучить объект (ПР) и предмет курса (параметры, принципы действия и программирование), алгоритмы решения прямых и обратных задач кинематики и кинематического управления роботами;
- освоить методы управления манипуляторами, основанных на полной динамической модели манипуляционной системы, применяя необходимые для построения модели знания принципов действия и математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем;
- ознакомиться с алгоритмами адаптивного управления роботами; принципами построения самонастраивающихся систем управления роботами и РТС.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.16 Физика, Б1.Д.Б.23 Теория машин и механизмов, Б1.Д.Б.24 Детали машин, Б1.Д.Б.27 Оборудование автоматизированного машиностроительного производства*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.32 Гибкие производственные системы, ФДТ.2 Электромеханика станков и роботов*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9-В-1 Изучает принципы и реализуемые физические методы работы, устройство и технические параметры технологического оборудования ОПК-9-В-2 Анализирует техническую документацию, сопровождающую технологическое оборудование ОПК-9-В-3 Разрабатывает методики эксплуатации технологического оборудования	**Знать:** - классификацию промышленных роботов по кинематике, назначению, типу привода, технические параметры; - методы математического анализа и моделирования, современные подходы и программные средства моделирования работы промышленных роботов (ПР), алгоритмы адаптивного управления,

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		конструкции, кинематику и технические параметры ПР. **Уметь:** -строить кинематические схемы манипуляторов, рассчитывать ПЗК/ОЗК, анализировать рабочее пространство и зоны сингулярностей; - моделировать робототехническую систему с использованием современных программных средств, разрабатывать управляющую программу ПР, диагностировать неисправности при выполнении задания. **Владеть:** -методикой анализа технического задания на выбор робота с учётом технологических требований и ограничений рабочего пространства; - системами моделирования работы ПР, системами разработки программ автоматического управления ПР.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**108**
Контактная работа:	**35,25**	**35,25**
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**72,75**	**72,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основы промышленной робототехники	16	4		2	10
2	Основы кинематики и динамики промышленных роботов	34	6		4	24
3	Датчики и сенсорные системы промышленных роботов	26	4		2	20
4	Программирование и управление промышленными роботами, интеграция и применение ROS2	32	4		8	20
	Итого:	108	18		16	74
	Всего:	108	18		16	74

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Основы промышленной робототехники

Введение в промышленную робототехнику: история развития робототехники и роль ПР в автоматизации технологических процессов. Классификация роботов, области применения, технические характеристики: грузоподъёмность, точность позиционирования, рабочая зона, число степеней подвижности. Обзор современных тенденций и технологий в промышленной робототехнике (коллаборативные роботы, мобильные платформы). Типовые компоновки промышленных манипуляторов (SCARA, дельта‑роботы, антропоморфные и др.). Компомненты ПР: типы приводов, передаточные механизмы, датчики положения/усилия/зрения, требования к точности и быстродействию. Технологические операции с использованием ПР. Нормы и стандарты безопасности при работе с ПР. Примеры внедрения ПР на российских предприятиях.

Раздел 2 Основы кинематики и динамики промышленных роботов

Кинематика манипуляторов. Системы координат, параметры Денавита-Хартенберга, прямая и обратная задачи кинематики, рабочие зоны: однородные преобразования, матрицы поворота и трансляции, классические и модифицированные DH-параметры: правила построения, ограничения, примеры для 6-DOF, SCARA, дельта-роботов, алгоритм решения прямой задачи кинематики (ПЗК), рабочее пространство: зоны досягаемости, «мёртвые зоны», влияние конструктивных ограничений. Методы решения обратной задачи кинематики (ОЗК): аналитические, геометрические, численные (Якобиан, псевдообратная матрица). Матрица Якоби: кинематика скоростей и усилий, анализ управляемости. Типы сингулярностей (вытянутая, сложенная, ортогональная), их физический смысл и последствия для приводов. Основы траекторного планирования: joint-space vs task-space, полиномиальные интерполяции, ограничения по ускорению и рывку. Динамика, приводы и сенсорика. Уравне-

ния движения: подход Лагранжа-Эйлера и Ньютона-Эйлера, сравнение вычислительной сложности. Структура динамической модели. Физический смысл компонентов: матрица инерции, кориолисовы/центробежные силы, гравитационная компенсация, вязкое/кулоновское трение. Идентификация параметров, влияние динамики на выбор сервоприводов, редукторов и систем охлаждения. Практические ограничения: перегрузки, резонансы, влияние внешней нагрузки и момента инерции схвата.

Раздел 3 Датчики и сенсорные системы промышленных роботов

Классификация и принципы работы датчиков положения и перемещения. Инкрементальные и абсолютные энкодеры: оптические, магнитные, резольверы; разрешение, точность, частота опроса. LVDT, потенциометрические датчики, индуктивные/ёмкостные сенсоры ближнего действия. Интерфейсы подключения, требования к надёжности в промышленной среде. Силовые и тактильные сенсоры, системы технического зрения. Датчики усилия/момента (F/T-сенсоры): принцип работы на тензометрах, калибровка, компенсация температуры, динамический диапазон. Тактильные массивы и «электронная кожа» для захвата хрупких объектов. Промышленные камеры: 2D/3D, Time-of-Flight, структурированный свет, стереозрение; параметры – разрешение, частота кадров, глобальный/роллинговый затвор, защита. Лидары и лазерные сканеры: принципы измерения, точность, угол обзора, защита от промышленных помех.

Раздел 4 Программирование и управление промышленными роботами, интеграция и применение ROS2

Системы управления ПР: архитектура, алгоритмы. Архитектура ROS2 и базовое программирование узлов управления. Принципы работы ROS2: ноды, топики, сервисы, действия, параметры. Паттерны промышленного управления: разомкнутый/замкнутый контур, событийная архитектура. Интеграция датчиков и построение контуров управления в ROS2. Архитектура работы с сенсорами: драйверы, sensor_msgs, аппаратные/программные временные метки. Синхронизация потоков, обработка в реальном времени. Реализация ПИД-регуляторов, конечных автоматов (FSM), диагностика. Планирование движений и кинематическое управление. Силовое управление, адаптивные алгоритмы и промышленная интеграция. Интеграция с АСУ ТП. Разработка системы управления с обратной связью и планирование траекторий в ROS2. Создание пакета для управления виртуальным манипулятором, реализация ПИД-регулятора по данным joint_states, настройка коэффициентов и анализ переходных процессов. Загрузка URDF-модели в MoveIt2, настройка кинематических решателей и ограничений, программирование сценария «взять-переместить-установить», анализ параметров траектории.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Анализ технических характеристик и обоснование внедрения промышленного робота с заданными числом степеней свободы	2
2	2	Кинематический анализ и динамическое моделирование ПР с заданными числом степеней свободы	4
3	3	Основы обработки изображений для систем технического зрения промышленных роботов	2
4	4	Разработка системы управления с обратной связью и настройка ПИД‑ регулятора в ROS2	4
4	5	Планирование траекторий и кинематическое управление манипулятором в MoveIt2	4
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

- Корнипаева, А. А. Методы и инструменты моделирования и управления робототехническими комплексами в технологических процессах и производствах [Электронный ресурс] : учебное пособие для обуча-

ющихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в состав укрупненной группы направлений подготовки 15.00.00 Машиностроение / А. А. Корнипаева, М. А. Корнипаев, Р. Я. Канчурин; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 32054 Кб). - Оренбург : ОГУ, 2026. - 1 электрон. опт. диск (CD-R). - Загл. с этикетки диска. - Систем. требования: Intel Core или аналогич.; Microsoft Windows 7, 8, 10 ; 512 Мб ; монитор, поддерживающий режим 1024x768 ; мышь или аналогич. устройство. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/239465_20260227.pdf - ISBN 978-5-7410-3558-0.. - ■ гос. регистрации 0322600835.

- Чихачева, О. А. Механизмы промышленных роботов : примеры и расчеты : учебное пособие : [16+] / О. А. Чихачева, Ю. И. Бровкина. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 104 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=726212 (дата обращения: 13.04.2026). – Библиогр. в кн . – ISBN 978-5-9729-2380-9. – Текст : электронный

- Авцинов, И. А. Основы организационно-технологического управления роботизированными комплексами : лабораторный практикум : учебное пособие : [16+] / И. А. Авцинов, В. К. Битюков ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2022. – 181 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=712735 (дата обращения: 13.04.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-00032-570-4. – Текст : электронный.

- Лебедев, С. К. Кинематика и динамика электромехатронных систем в робототехнике : учебное пособие : [16+] / С. К. Лебедев, А. Р. Колганов ; науч. ред. А. Б. Виноградов. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 352 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=725757 (дата обращения: 13.04.2026). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-2635-0. – Текст : электронный.

- Рязанов, С. И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : робототехника, робототехнические комплексы : практикум : учебное пособие : [16+] / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 156 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=726163 (дата обращения: 13.04.2026). – ISBN 978-5-9729-1351-0. – Текст : электронный.

- Авцинов, И. А. Основы организационно-технологического управления роботизированными комплексами : практикум : учебное пособие : [16+] / И. А. Авцинов, В. К. Битюков ; науч. ред. И. А. Хаустов ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2024. – 133 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=731613 (дата обращения: 13.04.2026). – ISBN 978-5-00032-688-6. – Текст : электронный.

5.2 Дополнительная литература

- Иванов, В. К. Управление движением мехатронных систем : учебное пособие : [16+] / В. К. Иванов ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2020. – 118 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612080 (дата обращения: 03.03.2025). – Библиогр.: с. 112-113. – ISBN 978-5-8158-2187-3. – Текст : электронный.

- Балабанов, П. В. Программирование робототехнических систем : учебное электронное издание : учебное пособие / П. В. Балабанов. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018. – 82 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570263 (дата обращения: 03.03.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1938-7. – Текст : электронный.

- Егоров, О. Д. Механика роботов : учебное пособие / О. Д. Егоров ; Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2007. – 224 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429843 (дата обращения: 03.03.2025). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

- Юревич, Е. И. Основы робототехники [Комплект] : учеб. пособие для вузов / Е. И. Юревич.- 2-е изд. - СПб. : БВХ-Петербург, 2007. - 416 с.

5.3 Периодические издания

5.3.1 Автоматизация в промышленности: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2020-2026.

5.3.2 Информационные технологии в проектировании и производстве: журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2019-2026.

5.3.3 Автоматизация. Современные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2017-2024.

5.4 Интернет-ресурсы

Например:
https://stepik.org/course/221157/ - «Stepik», МООК: «ROS2 — Введение в робототехнику»;
https://stepik.org/course/83993/ - «Stepik», МООК: «Основы мехатроники и робототехники»;
https://stepik.org/course/133468/ «Stepik», МООК: «Практическое руководство к ROS».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5.5.1 Операционная система РЕД ОС.

5.5.2 Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»

5.5.3.Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/..

5.5.4 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru

5.5.5 Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D

5.5.6 Платформа для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций «DION» (Конфигурация «DION EDU»)5.5.3 Программное обеспечение для имитационного моделирования и программирования CoppeliaSim Edu. Образовательная лицензия. Доступна бесплатно. – Режим доступа: https://www.coppeliarobotics.com.

5.5.7 Система трехмерного моделирования в машиностроении САПР КОМПАС 3D. Бессрочная лицензия. Доступна бесплатно (ограниченная версия). / Разработчик: АСКОН. . – Режим доступа: https://kompas.ru/kompas-3d/about/.

5.5.8 Фреймворк с открытым исходным кодом для разработки робототехнических систем ROS 2 (Robot Operating System 2) / Разработчик: Open Robotics. – Режим доступа: https://www.ros.org

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.