МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ	УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе	Декан факультета информационных технологий и компьютерной безопасности
_____ /А.И.Колосов/	_____ /А.В. Бредихин/
_____ 2025	_____ 20225г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Автоматизация и управление производственными процессами»

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль Автоматизация производственно-технологических систем

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Автор программы _____ С.И. Поляков

Заведующий кафедрой Систем управления и информационных технологий в строительстве _____ Н.Г. Аснина

Руководитель ОПОП _____ А.В. Смольянинов

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью освоения дисциплины «Автоматизация и управление производственными процессами» является формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний и практических навыков в области автоматизации производственных процессов с использованием промышленных роботов KUKA, включая постановку задач, разработку программного обеспечения для управления роботизированными комплексами, применяемыми для сварки крупногабаритных конструкций.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение принципов работы и конструктивных особенностей промышленных роботов KUKA, применяемых в сварочном производстве

Освоение методов кинематического и динамического анализа манипуляционных роботов

Формирование умений по постановке задач автоматизации технологических процессов роботизированной сварки крупногабаритных конструкций

Изучение языка программирования промышленных роботов KUKA Robot Language (KRL)

Приобретение практических навыков разработки программного обеспечения для управления роботами в задачах автоматизированной сварки

Освоение методов оффлайн-программирования и моделирования с использованием программного комплекса KUKA.Sim

Формирование компетенций по интеграции роботизированных комплексов в производственные процессы

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Автоматизация и управление производственными процессами» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Автоматизация и управление производственными процессами» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - Способен применять методы моделирования в профессиональной деятельности

ПК-6 - Способен разрабатывать и использовать техническую документацию в соответствии со спецификой образовательной программы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	Знать: Принципы моделирования кинематики и динамики промышленных роботов Методы траекторного планирования движения манипуляторов. Основы создания цифровых двойников

	роботизированных комплексов
	Уметь: Разрабатывать математические модели движения промышленных роботов. Моделировать рабочие процессы в программном комплексе KUKA.Sim. Проводить виртуальные испытания программ роботов
	Владеть: Методами кинематического анализа робототехнических систем. Навыками работы с программным обеспечением для моделирования и симуляции Технологиями оффлайн-программирования промышленных роботов
ПК-6	Знать Требования к технической документации для робототехнических комплексов Стандарты программирования промышленных роботов KUKA Структуру и правила оформления программ на языке KRL
	Уметь: Разрабатывать техническое задание на автоматизацию производственных процессов. Создавать программную документацию для роботизированных систем. Оформлять технологические карты роботизированной сварки
	Владеть: Навыками разработки программного обеспечения на языке KRL. Методами создания и ведения технической документации. Инструментами автоматизированного проектирования робототехнических комплексов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Автоматизация и управление производственными процессами» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	60	60
В том числе:		
Лекции	20	20
Лабораторные работы (ЛР)	40	40
Самостоятельная работа	48	48
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	 108 3	 108 3

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		10
Аудиторные занятия (всего)	20	20

В том числе:		
Лекции	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа	84	84
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	108 3	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в робототехнику и промышленные роботы KUKA	История развития промышленной робототехники. Классификация промышленных роботов. Обзор роботов KUKA и их применение в сварочном производстве. Технические характеристики роботов KUKA для дуговой сварки (KR CYBERTECH arc, KR QUANTEC). Области применения. Безопасность при работе с роботизированными комплексами. Нормативные требования.	4	8	8	20
2	Кинематика и динамика промышленных роботов	Прямая и обратная кинематика манипуляторов. Метод Денавита- Хартенберга. Матрицы преобразования координат. Системы координат робота KUKA (WORLD, BASE, TOOL, ROBROOT). Рабочая зона и степени свободы. Особенности 6-осевых роботов. Планирование траекторий движения. Оптимизация перемещений.	4	8	8	20
3	Постановка задач роботизированной сварки крупногабаритных конструкций	Анализ технологических процессов сварки. Типы сварных соединений для крупногабаритных конструкций. Выбор типа сварочного соединения и пространственного положения шва. Подготовка конструкторской документации. Разработка технологической карты процесса. Требования к точности позиционирования при сварке. Выбор оборудования и комплектации робототехнического комплекса (робот, позиционеры, сварочное оборудование).	4	6	8	18
4	Основы программирования роботов KUKA. Язык KRL	Архитектура программного обеспечения KUKA (KR C4, KSS). Пульт управления smartPAD. Структура программы на языке KRL (.src и .dat файлы). Основные типы данных (INT, REAL, BOOL, CHAR) и переменные. Специальные типы (FRAME, POS, AXIS, E6POS). Команды перемещения (PTP, LIN, CIRC). Параметры движения ($VEL, $ACC, $APO). Управляющие структуры (IF-THEN-ELSE, FOR, WHILE, SWITCH). Подпрограммы и функции. Работа с системой координат и точками. Синхронизация с внешним оборудованием (цифровые входы/ выходы).	4	6	8	18
5	Разработка программного обеспечения для сварочных операций	Программирование сварочных траекторий. Типы швов и их программная реализация. Настройка параметров сварки в программе (ток, напряжение, скорость подачи проволоки, расход газа). Интеграция с сварочным оборудованием через	2	6	8	16

		ArcTech пакет. Программирование позиционеров и внешних осей (E1-E6). Синхронное движение. Оптимизация траекторий и времени цикла. Обработка прерываний и ошибок. Система безопасности. Тестирование и отладка программ.				
6	Оффлайн-программирование и моделирование. KUKA.Sim	Введение в оффлайн- программирование (OLP). Преимущества OLP. Работа с программным комплексом KUKA.Sim. Интерфейс программы. Создание виртуальной модели рабочей ячейки. Импорт CAD-моделей. Моделирование сварочных процессов. Программирование траекторий в симуляторе. Проверка достижимости точек и обнаружение коллизий. Оптимизация компоновки ячейки. Передача программ на реальный робот. Цифровые двойники производственных процессов. Виртуальная реальность в робототехнике.	2	6	8	16
		Итого	**20**	**40**	**48**	**108**

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в робототехнику и промышленные роботы KUKA	История развития промышленной робототехники. Классификация промышленных роботов. Обзор роботов KUKA и их применение в сварочном производстве. Технические характеристики роботов KUKA для дуговой сварки (KR CYBERTECH arc, KR QUANTEC). Области применения. Безопасность при работе с роботизированными комплексами. Нормативные требования.	2	2	14	18
2	Кинематика и динамика промышленных роботов	Прямая и обратная кинематика манипуляторов. Метод Денавита- Хартенберга. Матрицы преобразования координат. Системы координат робота KUKA (WORLD, BASE, TOOL, ROBROOT). Рабочая зона и степени свободы. Особенности 6-осевых роботов. Планирование траекторий движения. Оптимизация перемещений.	2	2	14	18
3	Постановка задач роботизированной сварки крупногабаритных конструкций	Анализ технологических процессов сварки. Типы сварных соединений для крупногабаритных конструкций. Выбор типа сварочного соединения и пространственного положения шва. Подготовка конструкторской документации. Разработка технологической карты процесса. Требования к точности позиционирования при сварке. Выбор оборудования и комплектации робототехнического комплекса (робот, позиционеры, сварочное оборудование).	2	2	14	18
4	Основы программирования роботов KUKA. Язык KRL	Архитектура программного обеспечения KUKA (KR C4, KSS). Пульт управления smartPAD. Структура программы на языке KRL (.src и .dat файлы). Основные типы данных (INT, REAL, BOOL, CHAR) и переменные. Специальные типы (FRAME, POS, AXIS, E6POS). Команды перемещения (PTP, LIN, CIRC). Параметры движения ($VEL, $ACC, $APO). Управляющие структуры (IF-THEN-ELSE, FOR, WHILE, SWITCH). Подпрограммы и функции. Работа с системой координат и точками. Синхронизация с внешним оборудованием (цифровые входы/ выходы).	2	2	14	18
5	Разработка программного обеспечения для сварочных операций	Программирование сварочных траекторий. Типы швов и их программная реализация. Настройка параметров сварки в программе (ток, напряжение, скорость подачи проволоки, расход газа). Интеграция с сварочным оборудованием через ArcTech пакет. Программирование позиционеров и внешних осей (E1-E6). Синхронное движение.	-	2	14	16

		Оптимизация траекторий и времени цикла. Обработка прерываний и ошибок. Система безопасности. Тестирование и отладка программ.				
6	Оффлайн-программирование и моделирование. KUKA.Sim	Введение в оффлайн- программирование (OLP). Преимущества OLP. Работа с программным комплексом KUKA.Sim. Интерфейс программы. Создание виртуальной модели рабочей ячейки. Импорт CAD-моделей. Моделирование сварочных процессов. Программирование траекторий в симуляторе. Проверка достижимости точек и обнаружение коллизий. Оптимизация компоновки ячейки. Передача программ на реальный робот. Цифровые двойники производственных процессов. Виртуальная реальность в робототехнике.	-	2	14	16
		Итого	**8**	**12**	**84**	**104**

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции и технических характеристик промышленного робота KUKA. Техника безопасности (4 часа)

Лабораторная работа № 2. Системы координат робота KUKA. Ручное управление роботом с использованием smartPAD (4 часа)

Лабораторная работа № 3. Решение задач прямой и обратной кинематики для манипулятора KUKA (4 часа)

Лабораторная работа № 4. Планирование траекторий движения робота в рабочем пространстве (4 часа)

Лабораторная работа № 5. Разработка технологической карты процесса роботизированной сварки крупногабаритной конструкции (3 часа)

Лабораторная работа № 6. Выбор и обоснование конфигурации робототехнического комплекса для заданной задачи сварки (3 часа)

Лабораторная работа № 7. Программирование простых перемещений на языке KRL. Команды PTP, LIN, CIRC (3 часа)

Лабораторная работа № 8. Использование управляющих структур и подпрограмм в KRL (3 часа)

Лабораторная работа № 9. Разработка программы для сварки линейного шва с заданными параметрами (3 часа)

Лабораторная работа № 10. Программирование сложных сварочных траекторий с использованием позиционеров (3 часа)

Лабораторная работа № 11. Создание виртуальной модели сварочной ячейки в KUKA.Sim (3 часа)

Лабораторная работа № 12. Оффлайн-программирование и моделирование процесса сварки крупногабаритной конструкции (3 часа)

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ

ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Критерии оценивания:

Аттестован: Выполнение лабораторных работ в срок, предусмотренный в рабочей программе. Успешная защита лабораторных работ. Активное участие в практических занятиях.

Не аттестован: Невыполнение лабораторных работ в установленный срок. Неспособность продемонстрировать необходимые знания и навыки при защите работ.

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения, 10 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-5	Знать: Принципы моделирования кинематики и динамики промышленных роботов Методы траекторного планирования движения манипуляторов. Основы создания цифровых двойников роботизированных комплексов	Тестирование	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь: Разрабатывать математические модели движения промышленных роботов. Моделировать рабочие процессы в программном	Решение практических задач	Продемонстрирова н верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	комплексе KUKA.Sim. Проводить виртуальные испытания программ роботов			
	Владеть: Методами кинематического анализа робототехнических систем. Навыками работы с программным обеспечением для моделирования и симуляции Технологиями оффлайн-программирования промышленных роботов	Выполнение практического задания	Продемонстрирова н верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-6	Знать Требования к технической документации для робототехнически х комплексов Стандарты программирования промышленных роботов KUKA Структуру и правила оформления программ на языке KRL	Тестирование	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь: Разрабатывать техническое задание на автоматизацию производственных процессов. Создавать программную документацию для роботизированных систем. Оформлять технологические карты роботизированной сварки	Разработка программы	Продемонстрирова н верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть: Навыками разработки программного обеспечения на языке KRL. Методами создания и ведения технической документации. Инструментами автоматизированного проектирования робототехнических комплексов	Оформление документации	Продемонстрирова н верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какой язык программирования используется для роботов KUKA?
a) RAPID
b) KRL
c) VAL3
d) ABB

2. Какая команда используется для линейного перемещения в KRL?
a) PTP
b) LIN
c) CIRC
d) MOVE

3. Сколько степеней свободы имеет стандартный промышленный робот KUKA для сварки?
a) 4
b) 5
c) 6
d) 7

4. Что такое метод Денавита-Хартенберга?
a) Метод программирования роботов
b) Метод описания кинематики манипуляторов
c) Метод сварки
d) Метод калибровки

5. Какое расширение имеет основной файл программы KRL?
a) .krl

b) .src
c) .dat
d) .prg

6. Что означает аббревиатура OLP в робототехнике?
a) Online Programming
b) Offline Programming
c) Optimal Linear Path
d) Operating Level Protocol

7. Какая система координат является базовой для робота KUKA?
a) WORLD
b) TOOL
c) BASE
d) ROBROOT

8. Что такое TCP в робототехнике?
a) Transmission Control Protocol
b) Tool Center Point
c) Technical Control Program
d) Total Coordinate Position

9. Какой тип движения обеспечивает команда CIRC?
a) Линейное движение
b) Движение по точкам
c) Круговое движение
d) Спиральное движение

10. Что такое E6POS в KRL?
a) Тип данных для позиции с 6 внешними осями
b) Команда перемещения
c) Система координат
d) Параметр скорости

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Рассчитать прямую кинематику 3-звенного манипулятора для заданных углов поворота суставов
2. Решить задачу обратной кинематики: определить углы в суставах для достижения заданной позиции TCP
3. Написать программу на KRL для перемещения робота по прямоугольной траектории
4. Разработать программу для сварки линейного шва длиной 500 мм с заданной скоростью
5. Создать подпрограмму на KRL для циклического выполнения операции захвата и перемещения детали

6. Рассчитать время цикла для заданной последовательности перемещений робота

7. Определить достижимость точки в рабочем пространстве робота с заданными параметрами

8. Составить технологическую карту для роботизированной сварки Т-образного соединения

9. Написать программу с использованием условных операторов для обработки различных типов деталей

10. Разработать алгоритм оптимизации траектории для минимизации времени перемещения

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Комплексная задача по автоматизации сварки:

Разработать полный комплекс документации и программного обеспечения для роботизированной сварки крупногабаритной конструкции (рама, ферма или корпус):

- Техническое задание
- Выбор и обоснование конфигурации робототехнического комплекса. Технологическая карта процесса
- Программа на языке KRL
- Моделирование процесса в KUKA.Sim

2. Оптимизация производственного процесса:

Провести анализ существующего процесса ручной сварки и предложить решение по его роботизации с расчетом экономической эффективности

3. Интеграция дополнительного оборудования:

Разработать программу для робота KUKA с использованием двух позиционеров для сварки цилиндрического резервуара

4. Программирование сложных траекторий:

Создать программу для сварки пространственной кривой (например, спираль) с переменными параметрами сварки

5. Обработка нештатных ситуаций:

Разработать систему обработки ошибок и прерываний при выполнении сварочных операций

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. История развития промышленной робототехники. Поколения роботов

2. Классификация промышленных роботов по различным признакам

3. Технические характеристики и области применения роботов KUKA серии CYBERTECH и QUANTEC

4. Прямая кинематика манипуляторов. Метод Денавита-Хартенберга

5. Обратная кинематика. Способы решения задачи обратной кинематики

6. Системы координат в роботах KUKA: WORLD, BASE, TOOL, ROBROOT

7. Рабочая зона промышленного робота. Степени свободы

8. Методы планирования траекторий движения роботов

9. Особенности постановки задач роботизированной сварки крупногабаритных конструкций

10. Требования к точности позиционирования при сварке различных типов соединений

11. Комплектация робототехнического сварочного комплекса. Позиционеры

12. Архитектура программного обеспечения KUKA. Контроллер KR C4

13. Структура программы на языке KRL. Файлы .src и .dat

14. Типы данных в KRL: базовые и специальные (FRAME, POS, E6POS, AXIS)

15. Команды перемещения в KRL: PTP, LIN, CIRC. Различия и области примеения

16. Параметры движения робота: скорость, ускорение, аппроксимация ($VEL, $ACC, $APO)

17. Управляющие структуры в KRL: условные операторы, циклы

18. Подпрограммы и функции в KRL. Передача параметров

19. Работа с цифровыми входами и выходами. Синхронизация с внешним оборудованием

20. Программирование сварочных траекторий. Настройка параметров сварки

21. Интеграция сварочного оборудования с роботом. Пакет ArcTech

22. Программирование позиционеров и внешних осей (E1-E6)

23. Оптимизация траекторий и времени цикла

24. Обработка прерываний и ошибок в программах KRL

25. Принципы оффлайн-программирования. Преимущества и недостатки

26. Программный комплекс KUKA.Sim. Основные возможности

27. Создание виртуальной модели рабочей ячейки. Импорт CAD-моделей

28. Моделирование сварочных процессов в симуляторе

29. Проверка достижимости точек и обнаружение коллизий

30. Цифровые двойники в робототехнике. Применение виртуальной реальности

31. Безопасность при работе с промышленными роботами

32. Техническое обслуживание роботов KUKA

33. Калибровка робота и инструмента

34. Системы технического зрения в робототехнике

35. Перспективы развития робототехники в сварочном производстве

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится в форме комплексного оценивания, включающего:

1. Тестирование (30% от итоговой оценки) - тест из 20 вопросов. Каждый правильный ответ - 1 балл. Максимум 20 баллов.

2. Решение практической задачи (35% от итоговой оценки) - задача по программированию на KRL. Максимум 20 баллов.

3. Выполнение проектного задания (35% от итоговой оценки) - разработка программы для сварки с моделированием в KUKA.Sim. Максимум 20 баллов.

Максимальное количество баллов - 60.

Критерии оценки:

«Зачтено» ставится, если студент набрал 42 балла и более (70% и выше)

«Не зачтено» ставится, если студент набрал менее 42 баллов (менее 70%)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в робототехнику и промышленные роботы KUKA	ПК-5, ПК-6	Тест, защита лабораторных работ №1-2
2	Кинематика и динамика промышленных роботов	ПК-5	Тест, решение задач, защита лабораторных работ №3-4
3	Постановка задач роботизированной сварки крупногабаритных конструкций	ПК-5, ПК-6	Разработка технологической карты, защита лабораторных работ №5-6
4	Основы программирования роботов KUKA. Язык KRL	ПК-6	Тест, разработка программ на KRL, защита лабораторных работ №7-8
5	Разработка программного обеспечения для сварочных операций	ПК-6	Разработка программного обеспечения, защита лабораторных работ №9-10
6	Оффлайн- программирование и моделирование. KUKA.Sim	ПК-5, ПК-6	Проектное задание, защита лабораторных работ №11-12

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 минут. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение практических задач осуществляется с использованием программного обеспечения KUKA (симулятор или реальный робот). Время выполнения задачи 45 минут. Оценивается правильность решения, качество кода и соблюдение стандартов программирования.

Выполнение проектного задания включает разработку комплексного решения по автоматизации сварочного процесса. Оценивается полнота документации, качество программного кода, работоспособность решения в симуляторе, обоснованность технических решений.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / К. Козловски [и др.]. - М.: Солон-Пресс, 2015. - 360 с.

2. Юревич Е.И. Основы робототехники: учебное пособие / Е.И. Юревич. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017. - 304 с.

3. Программирование промышленных роботов: учебное пособие / под ред. В.А. Полетаева. - М.: Машиностроение, 2019. - 248 с.

4. KUKA System Software (KSS): Programming Manual for KUKA Robot Language (KRL). - KUKA Roboter GmbH, 2020.

Дополнительная литература:

5. Белянин П.Н. Промышленные роботы и их применение: учебное пособие / П.Н. Белянин, В.И. Бутаков. - М.: Машиностроение, 2018. - 312 с.

6. Корендясев А.И. Теоретические основы робототехники: учебник / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес. - М.: Наука, 2019. - 383 с.

7. Зенкевич С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. - 480 с.

8. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9 кн. Кн. 3. Техническая имитация интеллекта / под ред. И.М. Макарова. - М.: Высшая школа, 2016. - 239 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение:

1. KUKA.Sim - программное обеспечение для моделирования и оффлайн-программирования роботов KUKA

2. KUKA.OfficeLite - программное обеспечение для разработки и редактирования программ KRL

3. MATLAB/Simulink с пакетом Robotics Toolbox - для математического моделирования

4. КОМПАС 3D - для 3D-моделирования конструкций и рабочих ячеек

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Официальный сайт компании KUKA: https://www.kuka.com
2. Образовательный портал KUKA College: https://www.kuka.com/kuka-college
3. RoboDK - платформа для моделирования роботов: https://robodk.com
4. IEEE Robotics and Automation Society: https://www.ieee-ras.org
5. Электронная библиотека по робототехнике: http://www.robot.bmstu.ru

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Scopus - база данных научных публикаций
2. Web of Science - информационная система
3. eLIBRARY.RU - научная электронная библиотека
4. IEEE Xplore Digital Library - база данных технических публикаций
5. Профессиональные форумы и сообщества программистов промышленных роботов

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

Лекционные занятия:

- Аудитория, оснащенная мультимедийным проектором и экраном
- Компьютер с установленным программным обеспечением для демонстрации презентаций
- Доска для записей

Лабораторные работы:

- Лаборатория робототехники
- Компьютерный класс с установленным программным обеспечением:

Самостоятельная работа:

- Компьютерный класс или библиотека с доступом к электронным ресурсам. Рабочие места, оборудованные компьютерами с выходом в интернет

Аудитории расположены по адресу г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Автоматизация и управление производственными процессами» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Особое внимание уделяется

изучению языка программирования KRL и методов постановки задач автоматизации производственных процессов.

Лабораторные работы выполняются на специализированном оборудовании (промышленный робот KUKA) и с использованием программного обеспечения для моделирования (KUKA.Sim) в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения. Особое внимание уделять записи синтаксиса команд KRL, структур данных, алгоритмов. Выделять ключевые слова и термины. Проверять термины и понятия с помощью справочников и документации KUKA. Обозначать вопросы и материал, вызывающие трудности, искать ответы в рекомендуемой литературе. При необходимости формулировать вопросы для преподавателя.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют применить теоретические знания на практике. Перед выполнением лабораторной работы необходимо: изучить теоретический материал по соответствующей теме, ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе, повторить правила техники безопасности. Во время выполнения работы строго соблюдать инструкции по безопасности при работе с роботом. Вести протокол выполнения работы, фиксировать результаты измерений и наблюдений. После завершения работы оформить отчет и подготовиться к защите.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа включает: проработку конспектов лекций и учебной литературы; изучение дополнительных материалов (документация KUKA, видеоуроки, статьи); выполнение домашних заданий по программированию на KRL; подготовку к лабораторным работам и их защите; работу с программным обеспечением KUKA.Sim; решение задач по кинематике и планированию траекторий; изучение примеров программ и адаптацию их под конкретные задачи; подготовку к промежуточной аттестации. Рекомендуется регулярная практика программирования и работы с симулятором.
Подготовка к промежуточной аттестации	Систематическая подготовка в течение семестра. Интенсивная подготовка за месяц до зачета. Последние три дня перед зачетом эффективно использовать для повторения и систематизации материала. Рекомендуется: повторить все лекционные материалы; просмотреть отчеты по лабораторным работам; повторить синтаксис основных команд KRL; решить типовые задачи; повторить алгоритмы решения задач кинематики; подготовить ответы на вопросы для зачета; попрактиковаться в написании простых программ на KRL.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП