

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе  Г.Ю. Нагорная

«26» 11 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровые двойники в промышленной робототехнике

Уровень образовательной программы \_\_\_\_\_ бакалавриат \_\_\_\_\_

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 15.03.06 Мехатроника и робототехника \_\_\_\_\_

Направленность (профиль) Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

Срок освоения ОП \_\_\_\_\_ 4 года \_\_\_\_\_

Институт \_\_\_\_\_ Инженерный \_\_\_\_\_

Кафедра разработчик РПД \_\_\_\_\_ Мехатронные и робототехнические системы \_\_\_\_\_

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ Мехатронные и робототехнические системы \_\_\_\_\_

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_  Семенова Л.У.

Директор института \_\_\_\_\_  Павленко Е.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_  Малсугенов Р.С.

Черкесск, 2025

## Содержание

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО .....	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ .....	6
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля .....	7
Очная форма обучения .....	7
4.2.2. Лекционный курс .....	7
4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ .....	10
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	10
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям.....	10
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям .....	11
5.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	11
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	12
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
7.1. Перечень основной и дополнительной литературы .....	13
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» .....	13
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение .....	13
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий.....	15
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся .....	15
8.3. Требования к специализированному оборудованию.....	15
9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	16
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ .....	17
по дисциплине.....	17
1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	18
2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины .....	18
3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины .....	18
4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине .....	24
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции .....	32

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Цифровые двойники в промышленной робототехнике» являются:

- изучение моделей, описывающих строение и функционирование производственных систем в контексте Индустрии 4.0;
- освоение технологий проектирования технических систем с учетом технологии цифровых двойников.

Задачами курса являются:

- получение комплексного представления о существующих подходах к созданию цифровых двойников промышленных робототехнических систем;
- формирование навыков анализа систем с целью создания цифровых двойников;
- формирование требований к аппаратной части и программному обеспечению цифровых двойников промышленных робототехнических комплексов;
- изучение современных тенденций в области создания цифровых двойников.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

2.1. Дисциплина «Цифровые двойники в промышленной робототехнике» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Основы моделирования и 3d печати Компьютерный инжиниринг и прототипирование Компьютерная графика Датчики и основы измерений Компьютерное управление мехатронными и робототехническими системами САПР технологических процессов Проектирование мехатронных устройств и роботов Проектирование человеко-машинных интерфейсов	Преддипломная практика

	Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание оборудования	
--	--	--

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1.	<b>ПК-1</b>	Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем	<p><b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов</p> <p><b>ПК-1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.</p>
2.	<b>ПК-2</b>	Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления	<p><b>ПК-2.1.</b> Выполняет анализ технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе.</p> <p><b>ПК-2.2.</b> Определяет состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке</p> <p><b>ПК-2.3.</b> Выполняет подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы</p>
3.	<b>ПК-3</b>	Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем	<p><b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

#### Очная форма обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестр № 8
			часов
1		2	3
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>		<b>30</b>	<b>30</b>
В том числе:			
Лекции (Л)		10	10
Лабораторные работы (ЛР)		20	20
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>		<b>1,7</b>	<b>1,7</b>
В том числе индивидуальные групповые консультации		1,7	1,7
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)</b>		<b>40</b>	<b>40</b>
Работа с книжными и электронными источниками		10	10
Подготовка к лабораторным работам		10	10
Подготовка к текущему контролю		12	12
Подготовка к промежуточному контролю		8	8
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>зачет (З)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
	<i>Прием зач., час.</i>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>			
<b>часов</b>		<b>72</b>	<b>72</b>
<b>зач. ед.</b>		<b>2</b>	<b>2</b>

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля

#### Очная форма обучения

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	СРО	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	8	<b>Раздел 1: Основы и архитектура цифровых двойников</b>	4	8	-	8	20	Тестовый контроль
2.	8	<b>Раздел 2: Технические компоненты и системы</b>	4	8	-	12	24	
3.	8	<b>Раздел 3: Интеграция и практическое применение</b>	2	4	-	20	26	
4.	8	<b>Контактная внеаудиторная работа</b>					1,7	Индивидуальные и групповые консультации
Промежуточная аттестация							0,3	Зачет
<b>Итого</b>			<b>10</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>40</b>	<b>72</b>	

### 4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 8</b>				<b>ОФО</b>
1.	<b>Раздел 1. Основы и архитектура цифровых двойников</b>	Введение в цифровые двойники	Понятие цифрового двойника и история его развития. - Области применения цифровых двойников в технике и промышленности. - Основные компоненты цифрового двойника	2
2.		Архитектура цифровых двойников роботов	Слои архитектуры цифрового двойника: от физического уровня до аналитического. - Связь между цифровым двойником и физическим роботом. - Примеры архитектурных решений в робототехнике	
3.		Облачные платформы для цифровых двойников	Популярные облачные платформы (Azure Digital Twins, AWS IoT, Siemens MindSphere). - Преимущества и недостатки облачных решений. - Интеграция цифрового двойника с	2

			облачными сервисами	
4.	<b>Раздел 2. Технические компоненты и системы</b>	Аппаратная часть цифровых двойников в робототехнике	Сенсоры и исполнительные механизмы в цифровых двойниках. - Средства сбора и передачи данных с физических объектов. - Особенности взаимодействия аппаратной и цифровой среды.	2
5.		Системы передачи данных в цифровых двойниках	Протоколы и технологии передачи данных (MQTT, OPC UA и др.). - Требования к скорости, надежности и безопасности передачи данных. - Архитектура IoT-сетей в цифровых двойниках	2
6.	<b>Раздел 3. Интеграция и практическое применение</b>	Интеграция цифровых двойников роботов в управление производством	Связь цифровых двойников с системами MES и ERP. - Управление производственными процессами в реальном времени. - Автоматизация и оптимизация с помощью цифровых двойников	2
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>10</b>

#### 4.2.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 8</b>				<b>ОФО</b>
1.	<b>Раздел 1. Основы и архитектура цифровых двойников</b>	Анализ жизненного цикла роботизированной ячейки	Изучение этапов жизненного цикла роботизированной ячейки: проектирование, моделирование, внедрение, эксплуатация и модернизация. Идентификация точек интеграции с цифровым двойником.	2
2.		Создание архитектуры цифрового двойника	Разработка структурной схемы цифрового двойника робота. Определение компонентов (физическая модель, данные, симуляция, интерфейсы) и их взаимосвязей.	2
3.		Развертывание цифрового двойника в облачной платформе	Освоение работы с облачным сервисом (на примере AWS IoT, Azure Digital Twins). Создание экземпляра двойника, настройка потоков данных и базовых правил логики.	4
4.	<b>Раздел 2. Технические компоненты системы</b>	Выбор аппаратной части для создания цифрового двойника робота	Анализ и обоснование выбора датчиков, контроллеров и средств связи для сбора данных с физического робота и их передачи в цифровую модель.	2
5.		Моделирование робота для цифрового двойника роботизированной ячейки	Создание кинематической и динамической 3D-модели промышленного робота в симуляционной среде (на примере ROS, Gazebo, CoppeliaSim).	2
6.		Моделирование окружения для цифрового двойника роботизированной ячейки	Построение виртуальной модели рабочей ячейки: стапели, конвейеры, препятствия. Настройка физических свойств объектов и их взаимодействия с моделью робота.	2
7.		Интеграция машинного зрения в цифрового двойника роботизированной ячейки	Настройка виртуальной камеры в симуляторе. Разработка алгоритма распознавания объектов/дефектов и интеграция его вывода в логику управления цифровым двойником.	2
8.	<b>Раздел 3. Интеграция практическое применение</b>	Интеграция цифрового двойника в систему управления производством	Настройка обмена данными между цифровым двойником и системой MES/SCADA. Моделирование сценариев: прогнозная аналитика, оптимизация режимов работы, виртуальные испытания.	4
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>20</b>

### 4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
<b>Семестр 8</b>				
1.	<b>Раздел 1. Основы и архитектура цифровых двойников</b>	1.1.	Работа с книжными и электронными источниками	2
		1.2.	Подготовка к текущему контролю	4
		1.3.	Подготовка к лабораторным работам	2
2.	<b>Раздел 2. Технические компоненты и системы</b>	2.1.	Работа с книжными и электронными источниками	4
		2.2.	Подготовка к текущему контролю	4
		2.3.	Подготовка к лабораторным работам	4
3.	<b>Раздел 3. Интеграция и практическое применение</b>	3.1.	Работа с книжными и электронными источниками	4
		3.2.	Подготовка к текущему контролю	4
		3.3.	Подготовка к лабораторным работам	4
		3.4.	Подготовка к промежуточному контролю	8
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>40</b>

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.

В ходе лекций обучающимся даются рекомендации:

- по ведению конспектирования учебного материала;
- уделяется внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;

- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой. В случаях пропуска занятия обучающемуся необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме во время индивидуальных консультаций.

## **5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям**

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки обучающихся. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение обучающимися лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование; цель работы; предмет и содержание работы; оборудование, технические средства, инструмент; порядок (последовательность) выполнения работы; правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости); общие правила оформления работы; контрольные вопросы и задания; список литературы (по необходимости).

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у обучающихся формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос обучающихся для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия

## **5.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и владений, которые должны быть усвоены и освоены будущими бакалаврами по данной дисциплине.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов
1	2	3	4	5
				<b>ОФО</b>
1	8	<i>Лекция: Архитектура цифровых двойников роботов</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	2
2	8	<i>Лекция: Облачные платформы для цифровых двойников</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	2
3	8	<i>Лекция: Системы передачи данных в цифровых двойниках</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	2
4	8	<i>Лекция: Интеграция цифровых двойников роботов в управление производством</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	2
5	8	<i>Лабораторная работа: Развертывание цифрового двойника в облачной платформе</i>	Работа в парах	4
6	8	<i>Лабораторная работа: Моделирование окружения для цифрового двойника роботизированной ячейки</i>	Работа в парах	4
7	8	<i>Лабораторная работа: Интеграция машинного зрения в цифрового двойника роботизированной ячейки</i>	Работа в парах	4

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

<b>Список основной литературы</b>	
1.	Гнатюк В.И. Цифровой двойник электротехнического комплекса по электропотреблению : учебное пособие / Гнатюк В.И., Кивчун О.Р., Шпилевая С.Г.. — Калининград : Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2024. — 86 с. — ISBN 978-5-9971-0845-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/155235.htm">https://www.iprbookshop.ru/155235.htm</a>
2.	Гусев С.А. Цифровые двойники в области автомобильного транспорта : учебное пособие / Гусев С.А., Куверин И.Ю., Гусева И.А.. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2023. — 248 с. — ISBN 978-5-7433-3555-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/131673.html">https://www.iprbookshop.ru/131673.html</a>
3.	Пенский О.Г. Математические модели цифровых двойников : учебное пособие / Пенский О.Г.. — Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. — 156 с. — ISBN 978-5-7944-3267-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/118930.html">https://www.iprbookshop.ru/118930.html</a>
<b>Список дополнительной литературы</b>	
1.	Интеллектуальные мехатронные системы : учебное пособие / И. В. Абрамов, А. И. Абрамов, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 185 с. — ISBN 978-5-4497-3899-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/145148.html">https://www.iprbookshop.ru/145148.html</a>
2.	Таугер В.М. Детали мехатронных модулей : учебное пособие / Таугер В.М.. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 123 с. — ISBN 978-5-4497-1842-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/125343.html">https://www.iprbookshop.ru/125343.html</a>
3.	Блинов, В. Л. Цифровые двойники турбомашин : учебное пособие / В. Л. Блинов, С. В. Богданец ; под редакцией О. В. Комарова. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2022. — 162 с. — ISBN 978-5-7996-3545-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/157130.html">https://www.iprbookshop.ru/157130.html</a>

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://window.edu.ru> - Единое окно доступа к образовательным ресурсам;

<http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

### 7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

	Реквизиты лицензий/ договоров
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073

	Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный договор № 621 Срок действия: с 25.09.2025 до 24.09.2026
Консультант Плюс	Договор № 7 от 15.01.2026 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01.07.2025 г. до 30.06.2026 г.
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий**

#### **1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (ауд.320)**

Набор демонстрационного оборудования: интерактивная система Smart Board 480, ноутбук - 1 шт., компьютер в сборе - 1 шт., МФУ – 1 шт., плоттер - 1 шт.

Специализированная мебель: доска ученическая – 1 шт., стол офисный – 2 шт., стол – 1 шт., стол компьютерный - 2 шт., стол ученический - 14 шт., стул мягкий – 4 шт., стул ученический- 28 шт., стол металлический – 3 шт., стол лабораторный – 1 шт., шкаф – 1 шт., кафедра – 1 шт., стеллажи – 3 шт., шкаф вытяжной

#### **2. Лаборатория информационных технологий (ауд.317)**

Лабораторное оборудование: системный блок – 11 шт., монитор - 11 шт., клавиатура – 11 шт., мышь проводная – 11 шт.

Специализированная мебель: стол компьютерный - 10 шт., стул мягкий – 10 шт., стол компьютерный угловой - 1 шт., офисное кресло – 1 шт., книжный шкаф – 1 шт.

#### **3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд.312)**

Специализированная мебель: столы компьютерные – 13 шт., стулья ученические – 25 шт., столы ученические – 6 шт., стол двухтумбовый – 1 шт., стол одностумбовый – 1 шт.

Персональные компьютеры с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно - образовательную среду Организации - 13 шт.

### **8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся**

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.

2. Рабочее место обучающегося, оснащенное компьютером с доступом к сети «Интернет», для работы в электронных образовательных средах, а также для работы с электронными учебниками.

### **8.3. Требования к специализированному оборудованию**

Выделенные стоянки автотранспортных средств для инвалидов; достаточная ширина дверных проемов в стенах, лестничных маршей, площадок

## **9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**Цифровые двойники в промышленной робототехнике**

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Цифровые двойники в промышленной робототехнике

### 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
<b>ПК-1</b>	Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем
<b>ПК-2</b>	Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления
<b>ПК-3</b>	Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

### 2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)		
	ПК-1	ПК-2	ПК-3
Раздел 1. Основы и архитектура цифровых двойников	+		+
Раздел 2. Технические компоненты и системы	+	+	+
Раздел 3. Интеграция и практическое применение	+	+	+

### 3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

**ПК 1. Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).	Анализ не выполнен или содержит грубые ошибки в понимании ТЗ и стандартов.	Выполнен базовый анализ ключевых требований ТЗ и стандартов, но с неточностями и пробелами.	Анализ выполнен полно, выявлены основные требования ТЗ, учтены ключевые положения стандартов. Имеются незначительные недочеты в деталях.	Проведен глубокий, комплексный анализ ТЗ и нормативной документации. Четко выделены и систематизированы все требования, выявлены потенциальные противоречия и предложены варианты их устранения.	текущий тестовый контроль	зачет
<b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.	Требования не определены или определены неверно, что делает разработку невозможной.	Определены основные требования, но неполно, с упущениями по отдельным аспектам (например, не учтены условия эксплуатации).	Полно определены функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования, в целом корректно отражены в техническом решении. Имеются небольшие	Требования определены всесторонне, четко, измеримо и взаимосвязанно. Учтены критерии надежности, безопасности, ремонтпригодности и экономической эффективности.	текущий тестовый контроль	

			несоответствия.			
<b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов	Выбор не обоснован или обоснован некорректно. Не учтены ключевые параметры.	Приведены базовые обоснования, но без глубокого анализа альтернатив или экономических/технологических аспектов.	Выбор обоснован по основным критериям (технические характеристики, технологичность). Анализ достаточен для принятия решения.	Выбор всесторонне обоснован с точки зрения технических, экономических, технологических и эксплуатационных факторов. Проведен сравнительный анализ альтернатив и обоснована оптимальность выбора.	текущий тестовый контроль	
<b>ПК-1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, детализировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.	Чертежи отсутствуют или содержат грубые нарушения требований ЕСКД, не соответствуют ТЗ.	Разработан минимальный комплект чертежей с основными видами и размерами, но с ошибками в оформлении (шрифты, рамки, линии) и неполными спецификациями.	Разработан полный комплект документации в соответствии с ЕСКД. Чертежи корректны, но могут содержать мелкие неточности в оформлении или сложных узлах.	Документация разработана безупречно, в полном соответствии с требованиями ЕСКД и ТЗ. Грамотно выполнены все виды, разрезы, проставлены необходимые допуски и посадки. Спецификации составлены полностью и точно.	текущий тестовый контроль	

**ПК 2. Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления**

Планируемые результаты обучения (показатели)	Критерии оценивания результатов обучения	Средства оценивания результатов обучения
--	--	--

достижения заданного уровня освоения компетенций)	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>ПК-2.1.</b> Выполняет анализ технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе.	Анализ не выполнен или не позволяет понять принцип работы и требования к системе.	Выделены основные компоненты и функции системы по документации, но анализ поверхностный, с пропуском важных деталей и интерфейсов.	Проведен качественный анализ, определены все ключевые подсистемы, их функции и взаимосвязи. Понятны основные требования к настройке.	Выполнен глубокий системный анализ. Выявлены не только явные, но и скрытые требования, возможные конфликты функций. На основе анализа сформулирован план настройки.	текущий тестовый контроль	зачет
<b>ПК-2.2.</b> Определяет состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке	Состав определен неверно, интерфейсы и требования не выявлены.	Определен базовый состав оборудования и основные интерфейсы (например, тип сети), но упущены детали (версии ПО, адресация, настройки безопасности).	Точно определен полный состав оборудования, все необходимые интерфейсы связи и требования к их настройке. Могут быть незначительные пробелы в требованиях к ПО.	Полностью и точно определен состав, включая резервные компоненты. Детально описаны все интерфейсы (физические, логические, протоколы). Сформулированы конкретные требования к версиям ПО, конфигурационным файлам, параметрам безопасности и синхронизации.		
<b>ПК-2.3.</b> Выполняет подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов	Система не собрана и не настроена, не функционирует.	Выполнено физическое подключение основных компонентов и	Система собрана и настроена корректно, все компоненты взаимодействуют.	Система собрана безупречно, все каналы связи настроены оптимально		

связи и конфигурацию системы		базовая настройка. Система выполняет простейшие функции, но работа нестабильна или с ошибками.	Выполнены основные функции. Могут быть неоптимальные настройки или не реализованы некоторые расширенные функции.	(надежность, скорость). Выполнена тонкая настройка параметров контроллеров и ПО. Система работает стабильно, эффективно и соответствует всем функциональным требованиям.		
------------------------------	--	--	--	--	--	--

### ПК 3. Способен разрабатывать электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
<b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.	Схемы отсутствуют, нечитаемы или не соответствуют задаче.	Разработаны упрощенные схемы, отражающие основную идею, но с ошибками в обозначениях, без учета интерфейсов совместимости.	Схемы разработаны корректно, соответствуют стандартам. Учтены основные требования по совместимости (уровни сигналов, питание).	Разработаны детальные и точные схемы. Полностью учтены все аспекты совместимости с другими подсистемами (согласование импедансов, защита цепей, развязка). Предусмотрены элементы диагностики и тестирования.	текущий тестовый контроль	зачет

<p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p>	<p>Моделирование и проверка не проведены.</p>	<p>Проведено упрощенное моделирование основных узлов или поверхностная проверка на стенде. Результаты неполные.</p>	<p>Проведено корректное моделирование ключевых характеристик и функциональная проверка на макете/стенде. Устройство выполняет основные функции. Анализ результатов удовлетворительный.</p>	<p>Проведено комплексное моделирование (электрическое, тепловое, помехоустойчивость) и всесторонняя проверка на аппаратном прототипе. Результаты тщательно проанализированы, выявлены и устранены все недочеты.</p>		
<p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>	<p>Проект ПП не выполнен или содержит критические ошибки, делающие изготовление невозможным.</p>	<p>Разработан базовый проект ПП, но с нарушениями правил трассировки (узкие дорожки, острые углы), без учета ЭМС и теплового режима.</p>	<p>ПП разработана корректно, соблюдены основные правила. Частично учтены требования ЭМС (развязка цепей) и технологичности. Проект пригоден для изготовления.</p>	<p>ПП разработана профессионально с учетом всех норм ЭМС (разделение аналоговых/цифровых цепей, экранирование), теплового расчета (тепловые отверстия, полигоны), технологических ограничений (минимальные зазоры, контроль импеданса). Проект оптимизирован для серийного производства.</p>		

**4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине**  
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ

Кафедра МиРС

**Вопросы к зачету**

1. Дайте определение цифрового двойника и поясните его отличие от цифровой модели.
2. Перечислите основные компоненты архитектуры цифрового двойника промышленного робота.
3. Опишите жизненный цикл цифрового двойника от проектирования до эксплуатации.
4. Назовите виды цифровых двойников по уровню детализации и приведите примеры их использования в робототехнике.
5. Объясните преимущества использования облачных платформ для развертывания цифровых двойников.
6. Перечислите аппаратные компоненты, необходимые для создания цифрового двойника роботизированной ячейки.
7. Опишите процесс создания кинематической и динамической модели робота для цифрового двойника.
8. Назовите программные среды, используемые для моделирования роботов и их окружения.
9. Раскройте роль технического зрения в цифровом двойнике и приведите пример интеграции камеры в симуляцию.
10. Определите, какие данные необходимы для синхронизации физического робота с его цифровым двойником.
11. Опишите типовые протоколы и интерфейсы передачи данных в системах цифровых двойников, например OPC UA или MQTT.
12. Объясните понятие «цикл обратной связи» в контексте цифрового двойника и приведите пример.
13. Раскройте, как цифровой двойник интегрируется в систему управления производством, такую как MES или SCADA.
14. Приведите пример использования цифрового двойника для виртуальных испытаний методом НЛ-тестирования.
15. Объясните, как цифровой двойник применяется для прогнозного обслуживания промышленных роботов.
16. Опишите процесс оптимизации производственного цикла с использованием цифрового двойника.
17. Назовите возможные проблемы при интеграции цифрового двойника с устаревшими системами предприятия.
18. Объясните, как цифровой двойник может быть использован для обучения операторов и программирования роботов.
19. Раскройте, как методы машинного обучения применяются в цифровых двойниках.
20. Объясните разницу между понятиями «цифровая тень» и «цифровой двойник».
21. Опишите, как производится анализ данных, собираемых с цифрового двойника, для принятия решений.
22. Приведите пример использования искусственного интеллекта для адаптивного управления роботом на основе данных цифрового двойника.
23. Сформулируйте требования к вычислительным ресурсам для создания и эксплуатации цифрового двойника.

24. Объясните, как обеспечивается кибербезопасность данных в системе цифрового двойника.
25. Опишите процесс верификации и валидации цифрового двойника.
26. Перечислите основные этапы разработки цифрового двойника для конкретной роботизированной ячейки.
27. Раскройте понятие «масштабируемость» цифрового двойника и способы её достижения.
28. Назовите современные тренды в развитии технологий цифровых двойников, такие как когнитивные двойники или метавселенные.
29. Перечислите основные барьеры для внедрения цифровых двойников на промышленных предприятиях.
30. Опишите возможное будущее развитие цифровых двойников в контексте Индустрии 5.0.

## Комплект тестовых заданий

по дисциплине «Цифровые двойники в промышленной робототехнике»

1. Какой из перечисленных документов является частью конструкторской документации в соответствии с ЕСКД: (ПК-1)
  - a) Техническое задание
  - b) Маршрутная карта
  - c) Сборочный чертёж
  - d) Программа испытаний
2. Цифровой двойник – это: (ПК-2)
  - a) Физическая модель робота
  - b) Программная среда для программирования контроллеров
  - c) Виртуальная динамическая копия физического объекта, синхронизированная с ним через данные
  - d) САД-модель оборудования
3. Какая схема определяет функциональные блоки устройства и их взаимосвязи: (ПК-3)
  - a) Принципиальная электрическая схема
  - b) Монтажная схема
  - c) Структурная схема
  - d) Чертеж общего вида
4. К конструктивным требованиям к оборудованию НЕ относится: (ПК-1)
  - a) Масса и габариты
  - b) Материал изготовления
  - c) Интерфейсы связи
  - d) Быстродействие системы
5. Для настройки обмена данными между контроллером робота и ПК чаще всего используется протокол: (ПК-2)
  - a) HTTP
  - b) FTP
  - c) OPC UA
  - d) SMTP
6. При трассировке печатной платы для цифровых цепей важно учитывать: (ПК-3)
  - a) Цвет изоляции
  - b) Длину дорожек для минимизации задержек сигнала
  - c) Только ширину дорожек
  - d) Только количество слоев
7. ГОСТ, регламентирующий общие правила оформления чертежей, это: (ПК-1)
  - a) ГОСТ 2.301-68
  - b) ГОСТ 2.104-2006

- c) ГОСТ Р 15.201-2000
  - d) ГОСТ 2.701-2008
8. Ключевой компонент для сбора данных с физического робота для цифрового двойника – это: (ПК-2)
- a) Монитор
  - b) Датчики (сенсоры)
  - c) Блок питания
  - d) Корпус
9. Для функциональной проверки спроектированной электронной платы используют:
- a) Только визуальный осмотр (ПК-3)
  - b) Программное моделирование и аппаратный прототип
  - c) Только изучение схемы
  - d) Опрос экспертов
10. При выборе материала для детали, работающей в агрессивной среде, главным критерием является: (ПК-1)
- a) Низкая стоимость
  - b) Высокая коррозионная стойкость
  - c) Цвет
  - d) Магнитные свойства
11. Анализ функциональных требований к робототехнической системе проводится на этапе: (ПК-2)
- a) Только монтажа
  - b) Разработки технического задания
  - c) Только эксплуатации
  - d) Утилизации
12. Спецификация в конструкторской документации – это: (ПК-1)
- a) Перечень всех сборочных единиц и деталей с их количеством
  - b) Инструкция по эксплуатации
  - c) График работы
  - d) Описание алгоритма управления
13. Принципиальная электрическая схема необходима для: (ПК-3)
- a) Определения габаритов устройства
  - b) Понимания электрических соединений и выбора элементов
  - c) Разработки программы управления
  - d) Составления сметы
14. Конфигурация системы управления роботом включает в себя: (ПК-2)
- a) Только настройку IP-адресов
  - b) Задание параметров ПИД-регуляторов, ограничений, точек траектории
  - c) Только установку программного обеспечения
  - d) Покраску корпуса
15. Эксплуатационные требования могут включать: (ПК-1)
- a) Диапазон рабочих температур
  - b) Только стоимость разработки
  - c) Только цветовую гамму
  - d) Имя разработчика

16. Для связи датчиков с контроллером в промышленности часто используется интерфейс: (ПК-2)
- USB
  - HDMI
  - RS-485 / Modbus
  - Bluetooth
17. Электромагнитная совместимость (ЭМС) при разработке платы обеспечивается: (ПК-3)
- Использованием одного цвета для всех дорожек
  - Правильным заземлением, экранированием и развязкой цепей
  - Увеличением напряжения питания
  - Уменьшением количества компонентов
18. ЕСКД расшифровывается как: (ПК-1)
- Единая система конструкторской документации
  - Единая система контроля данных
  - Единая система компьютерного дизайна
  - Единая система качества документации
19. Метод аддитивного изготовления (3D-печать) целесообразно выбирать для: (ПК-1)
- Крупносерийного производства простых деталей
  - Быстрого прототипирования и изготовления сложных геометрических деталей малой серией
  - Изготовления фундаментов
  - Производства печатных плат
20. Функциональное требование «Точность позиционирования 0.1 мм» относится к: (ПК-2)
- Конструктивному требованию
  - Эстетическому требованию
  - Эксплуатационному требованию
  - Эргономическому требованию
21. На чертеже общего вида указывают: (ПК-1)
- Технологию изготовления каждой детали
  - Габаритные, установочные и присоединительные размеры изделия
  - Программный код контроллера
  - ФИО заказчика
22. Программное моделирование электронной схемы позволяет оценить: (ПК-3)
- Только цвет корпуса
  - Работоспособность, временные диаграммы, тепловые режимы
  - Только стоимость компонентов
  - Удобство монтажа
23. Настройка каналов связи включает: (ПК-2)
- Выбор скорости передачи данных (baud rate), проверку целостности линии
  - Только прокладку кабеля
  - Только выбор цвета кабеля
  - Написание инструкции для оператора
24. Требование «Время наработки на отказ 10 000 часов» является: (ПК-1)
- Функциональным
  - Конструктивным

- c) Эксплуатационным (надежность)
  - d) Экономическим
25. При разработке принципиальной схемы для совместимости с другими подсистемами важно согласовывать: (ПК-3)
- a) Уровни логических сигналов (3.3В, 5В, 24В) и протоколы связи
  - b) Только цвет проводов
  - c) Только тип разъема
  - d) Имена файлов
26. В состав оборудования для цифрового двойника, кроме датчиков, входит: (ПК-2)
- a) Шкаф управления с контроллером, промышленный компьютер (ПК), сетевой коммутатор
  - b) Только монитор
  - c) Только клавиатура
  - d) Только корпус робота
27. Выбор подшипника для вращательного узла робота обосновывается, прежде всего: (ПК-1)
- a) Его цветом
  - b) Нагрузочной способностью, скоростными характеристиками и условиями работы
  - c) Страной производства
  - d) Наличием в ближайшем магазине
28. Допуски и посадки на чертежах проставляются для обеспечения: (ПК-1)
- a) Только красивого вида
  - b) Заданного характера сопряжения деталей и взаимозаменяемости
  - c) Увеличения массы изделия
  - d) Сложности изготовления
29. Цель анализа технической документации перед настройкой системы: (ПК-2)
- a) Понять структуру, интерфейсы и алгоритмы работы для корректной настройки
  - b) Найти опечатки
  - c) Определить стоимость системы
  - d) Выбрать цвет окраски
30. Тепловой расчет при проектировании печатной платы делается для: (ПК-3)
- a) Определения цвета платы
  - b) Предотвращения перегрева компонентов и обеспечения надежности
  - c) Увеличения скорости работы
  - d) Упрощения трассировки
31. Комплексная настройка подразумевает: (ПК-2)
- a) Настройку аппаратной части, ПО, параметров управления и проверку их совместной работы
  - b) Только установку драйверов
  - c) Только подключение к сети
  - d) Только ввод в эксплуатацию
32. Нормативный документ, устанавливающий виды и комплектность конструкторских документов: (ПК-1)
- a) ГОСТ 2.102-2013
  - b) ГОСТ 12.0.003-2015
  - c) ГОСТ Р ИСО 9001-2015
  - d) СанПиН 2.2.4.3359-16

33. Требование «Система должна иметь возможность интеграции с MES» является:  
(ПК-1)
- Функциональным
  - Конструктивным
  - Эксплуатационным
  - Некорректным
34. Аппаратная проверка устройства может включать: (ПК-3)
- Прозвонку цепей, измерение напряжений, подачу тестовых сигналов
  - Только чтение datasheet
  - Только обсуждение с коллегами
  - Только просмотр схемы на экране
35. Требование к программно-аппаратной настройке может включать: (ПК-2)
- Версию операционной системы на ПК, версию прошивки контроллера
  - Только длину кабелей
  - Только температуру в цеху
  - Только график работы персонала
36. Детализовочный чертеж содержит: (ПК-1)
- Изображение одной детали со всеми необходимыми для ее изготовления данными
  - Изображение всего изделия в сборе
  - Только спецификацию
  - Инструкцию по сборке
37. Для изготовления корпуса, испытывающего ударные нагрузки, часто выбирают:  
(ПК-1)
- Стекло
  - Алюминиевый сплав или ударопрочный пластик
  - Бумагу
  - Резину
38. При разработке схемы устройства для мехатронной системы важно учитывать питание от: (ПК-3)
- Только одной шины 5В
  - Разных источников или стабилизаторов для аналоговой и цифровой частей
  - Только батареек
  - Только солнечных панелей
39. Для понимания логики работы системы управления роботом необходимо проанализировать: (ПК-2)
- Техническое задание, схемы алгоритмов, описание программы
  - Только прайс-лист на оборудование
  - Только договор на поставку
  - Только инструкцию по охране труда
40. После подключения и настройки системы обязательным этапом является: (ПК-2)
- Комплексное тестирование всех функций в соответствии с ТЗ
  - Только уборка рабочего места
  - Только составление отчета
  - Только оплата счета
41. Перечислите основные виды конструкторских документов, входящих в комплект по ГОСТ 2.102-2013 для сборочной единицы. (ПК-1)

42. Опишите последовательность действий при анализе технического задания на робототехническую систему перед ее настройкой. (ПК-2)
43. Какие факторы необходимо учесть при разработке принципиальной схемы электронного устройства, чтобы обеспечить его совместимость с внешними промышленными сетями (например, EtherCAT или PROFINET). (ПК-3)
44. Сформулируйте три функциональных, три конструктивных и три эксплуатационных требования к промышленному роботу-манипулятору. (ПК-1)
45. Назовите не менее пяти типов оборудования или компонентов, которые необходимо определить и учесть при составлении перечня для настройки типовой роботизированной ячейки с цифровым двойником. (ПК-2)
46. Объясните, каким образом при трассировке многослойной печатной платы обеспечивается выполнение норм по электромагнитной совместимости (ЭМС). (ПК-3)
47. Обоснуйте выбор материала (например, конкретной марки стали или алюминиевого сплава) для несущей конструкции манипулятора робота, работающего в цехе с повышенной влажностью. (ПК-1)
48. Опишите этапы функциональной проверки спроектированного блока питания для контроллера робота с использованием программных и аппаратных средств. (ПК-3)
49. Какие действия входят в процесс конфигурации системы управления роботом после его физического подключения? Перечислите ключевые шаги. (ПК-2)
50. По каким разделам технического задания (ТЗ) вы будете проводить анализ и почему эти разделы наиболее важны для начала разработки конструкторской документации. (ПК-1)

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

№ п.п.	Оценочное средство	Процедура оценивания (методические рекомендации)
1.	Тестовые задания	являются простейшей форма контроля, направленная на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест состоит из небольшого количества элементарных задач; может предоставлять возможность выбора из перечня ответов; занимает часть учебного занятия (10–30 минут); правильные решения разбираются на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем
2.	Зачет	служит формой проверки качества усвоения обучающимися учебного материала

Данные формы контроля осуществляются с привлечением разнообразных технических средств. Технические средства контроля могут содержать: программы компьютерного тестирования, учебные задачи, комплексные ситуационные задания.

В понятие технических средств контроля может входить оборудование, используемое обучающимся при практических работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента.

Однако контроль с применением технических средств имеет ряд недостатков, т.к. не позволяет отследить индивидуальные способности и креативный потенциал обучающегося. В этом он уступает письменному и устному контролю. Как показывает опыт некоторых вузов - технические средства контроля должны сопровождаться устной беседой с преподавателем.

Информационные системы и технологии (ИС) оценивания качества учебных достижений обучающихся являются важным сегментом информационных образовательных систем, которые получают все большее распространение в вузах при совершенствовании (информатизации) образовательных технологий. Программный инструментальный (оболочка) таких систем в режиме оценивания и контроля обычно включает: электронные обучающие тесты, электронные аттестующие тесты, электронный практикум и др.

Электронные обучающие и аттестующие тесты являются эффективным средством контроля результатов образования на уровне знаний и понимания.

Режим обучающего, так называемого репетиционного, тестирования служит, прежде всего, для изучения материалов дисциплины и подготовке обучающегося к аттестующему тестированию, он позволяет обучающемуся лучше оценить уровень своих знаний и определить, какие вопросы нуждаются в дополнительной проработке. В обучающем режиме особое внимание должно быть уделено формированию диалога пользователя с системой, путем задания вариантов реакции системы на различные действия обучающегося при прохождении теста. В результате обеспечивается высокая степень интерактивности электронных учебных материалов, при которой система предоставляет обучающемуся возможности активного взаимодействия с модулем,

реализуя обучающий диалог с целью выработки у него наиболее полного и адекватного знания сущности изучаемого материала

Аттестующее тестирование знаний обучающихся предназначено для контроля уровня знаний и позволяет автоматизировать процесс текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации.

### **5.1. Критерии оценки тестового контроля**

Оценка «отлично», если правильные ответы составляют 100 - 90%

Оценка «хорошо», если правильные ответы составляют 89 – 80 %

Оценка «удовлетворительно», если правильные ответы составляют 79 – 70 %

Оценка «неудовлетворительно», если правильные ответы составляют 69 % и менее.

### **5.2. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины на зачете**

Оценка «**зачтено**» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и диалектическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач.

Оценка «**не зачтено**» - за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за незнание основных понятий дисциплины.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина	Цифровые двойники в промышленной робототехнике
Реализуемые компетенции	<b>ПК-1, ПК-2, ПК-3</b>
Индикаторы достижения компетенций	<p><b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.).</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию.</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов</p> <p><b>ПК-1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.</p> <p><b>ПК-2.1.</b> Выполняет анализ технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе.</p> <p><b>ПК-2.2.</b> Определяет состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке</p> <p><b>ПК-2.3.</b> Выполняет подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы</p> <p><b>ПК-3.1.</b> Разрабатывает структурные и принципиальные схемы устройства с учётом совместимости с другими подсистемами мехатронной или робототехнической системы.</p> <p><b>ПК-3.2.</b> Проводит моделирование и функциональную проверку разработанного устройства с использованием программных и аппаратных средств.</p> <p><b>ПК-3.3.</b> Выполняет разработку печатных плат, компоновку узлов и трассировку с учётом норм ЭМС, тепловых и технологических требований.</p>
Трудоемкость, з.е.	<b>72/2</b>
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	Зачет в 8 семестре