


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  
« 16 » 01 2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Кинематика мехатронных и робототехнических систем

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

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника \_\_\_\_\_

Направленность (профиль) Электротехнические комплексы мехатронных и робототехнических систем

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, 2026

## Оглавление

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО .....	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ .....	5
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля .....	6
4.2.2. Лекционный курс .....	6
4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ .....	12
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	12
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям.....	12
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям .....	13
5.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	13
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	14
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
7.1. Перечень основной и дополнительной литературы .....	15
7.2. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий.....	17
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся .....	17
8.3. Требования к специализированному оборудованию.....	17
9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	18
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ .....	19
1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	20
2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины .....	20
3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины .....	20
4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине .....	23
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции .....	29

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью освоения дисциплины «Кинематика мехатронных и робототехнических систем» является формирование предметных знаний в области современной техники и технологий (летающие роботы, управление беспилотными летательными аппаратами), необходимых для реализации профессиональной деятельности студентов по профилю подготовки.*

*Задачами курса являются:*

- помочь обучающемуся получить представление о сфере современных высоких технологий в области робототехники, расширяя их кругозор;
- изучение основных понятий, устройства и принципов функционирования летающих роботов, их конструирования и управление БПЛА;
- изучение основ программирования БПЛА;
- развитие научно-технического творчества, необходимого будущему бакалавру профессионального образования в области мехатроники и робототехники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

2.1. Дисциплина «Кинематика мехатронных и робототехнических систем» 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	Физика Механика жидкости и газа	Цифровые двойники в промышленной робототехнике

### 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	<b>ПК-1.1.</b> Выполняет анализ технического задания и нормативной документации (ГОСТ, ЕСКД и др.). <b>ПК-1.2.</b> Определяет функциональные, конструктивные и эксплуатационные требования к разрабатываемому оборудованию. <b>ПК-1.3.</b> Обосновывает выбор материалов, комплектующих и методов изготовления деталей и узлов <b>ПК-1.4.</b> Разрабатывает чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификации в соответствии с требованиями ЕСКД.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

#### Очная форма обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестр № 7
			часов
1		2	3
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>		<b>56</b>	<b>56</b>
В том числе:			
Лекции (Л)		28	28
Лабораторные работы (ЛР)		-	-
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)		28	28
<b>Внеаудиторная контактная работа</b>		<b>1,5</b>	<b>1,5</b>
В том числе индивидуальные групповые консультации		1,5	1,5
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО)** (всего)</b>		<b>86</b>	<b>86</b>
Работа с книжными и электронными источниками		28	28
Подготовка к практическим занятиям		28	28
Подготовка к текущему контролю		16	16
Подготовка к промежуточному контролю		14	14
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>Зачет с оценкой (ЗаО)</b>	<b>ЗаО</b>	<b>ЗаО</b>
	<i>Прием зач., час.</i>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>ИТОГО:</b>			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</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.	7	<b>Раздел 1. Введение и структурные основы мехатронных и робототехнических систем</b>	10	-	12	26	48	Тестовый контроль
2.	7	<b>Раздел 2. Кинематический анализ: задачи о положениях</b>	10	-	12	26	48	
3.	7	<b>Раздел 3. Кинематический анализ: задачи о скоростях и ускорениях</b>	8	-	4	34	46	
4.	7	Контактная внеаудиторная работа					1,5	Индивидуальные и групповые консультации
Промежуточная аттестация							0,5	Зачет с оценкой
<b>Итого</b>			<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>86</b>	<b>144</b>	

### 4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов		
				5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
<b>Семестр 7</b>				<b>ОФО</b>	<b>ОЗФО</b>	<b>ЗФО</b>
1.	<b>Раздел 1. Введение и структурные основы мехатронных и робототехнических систем</b>	Основные понятия и определения мехатроники и робототехники. Виды мехатронных устройств и роботов.	Определения мехатроники и робототехники как междисциплинарных областей. Ключевые компоненты мехатронного модуля. Классификация роботов: по кинематической структуре, по уровню автономности, по сфере применения (промышленные, сервисные, мобильные). Примеры мехатронных систем.	4	-	-
2.		Структура и строение	Иерархическая структура робототехнической	4	-	-

		мехатронных устройств и роботов.	системы. Детальный разбор исполнительного уровня: манипулятор (звенья, кинематические пары, рабочий орган), система приводов (двигатели, редукторы, передаточные механизмы), система датчиков. Концепция кинематической цепи.			
3.		Структурный анализ, структурный синтез мехатронных устройств и роботов.	Основы теории механизмов и машин. Понятие о звеньях, кинематических парах (по виду контакта, по числу степеней свободы, по классу). Формула Чебышева-Грёблера-Малышева для определения числа степеней свободы механизма. Структурный анализ – разбор механизма на группы Ассура, определение его подвижности. Структурный синтез – принципы построения механизмов с заданным числом степеней свободы.	4	-	-
4.	<b>Раздел 2. Кинематический анализ: задачи о положениях</b>	Кинематический анализ механизмов мехатронных устройств и роботов.	Введение в кинематику. Цели кинематического анализа: определение положений, траекторий, скоростей и ускорений точек и звеньев. Системы координат: мировая (базовая), система звена, система инструмента. Понятие конфигурационного пространства и обобщенных координат.	4	-	-
5.		Прямая и обратная задача о положениях мехатронных устройств и роботов.	Ключевые задачи кинематики роботов. Прямая задача о положениях (ПЗП): по заданным углам/смещениям в сочленениях (обобщенным	4	-	-

			<p>координатам) определить положение и ориентацию рабочего органа в пространстве. Обратная задача о положениях (ОЗП): по заданному желаемому положению и ориентации рабочего органа найти набор углов/смещений в сочленениях. Многозначность и сложность решения ОЗП.</p>			
6.	<p><b>Раздел 3. Кинематический анализ: задачи о скоростях и ускорениях</b></p>	<p>Прямая и обратная задача о скоростях мехатронных устройств и роботов.</p>	<p>Дифференциальная кинематика. Прямая задача о скоростях: определение линейной и угловой скорости рабочего органа по заданным скоростям в сочленениях. Матрица Якоби – ключевой инструмент, связывающий скорости в пространстве суставов и в операционном пространстве. Обратная задача о скоростях: определение требуемых скоростей в сочленениях для обеспечения заданной скорости рабочего органа.</p>	4	-	-
7.		<p>Прямая и обратная задача об ускорениях мехатронных устройств и роботов.</p>	<p>Продолжение дифференциальной кинематики. Определение линейных и угловых ускорений звеньев и рабочего органа. Учет центробежных и кориолисовых составляющих ускорения. Связь с задачами динамики. Обратная задача об ускорениях для планирования движений.</p>	4	-	-
-	<p><b>ИТОГО часов в семестре:</b></p>			<b>28</b>	-	-

### 4.2.3. Лабораторный практикум

Не предусмотрен

### 4.2.4. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Содержание практического занятия	Всего часов		
				5	6	7
1				2	3	4
Семестр 7				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1.	<b>Раздел 1. Введение и структурные основы мехатронных и робототехнических систем</b>	Структура плоских механизмов мехатронных устройств и роботов.	Применение структурного анализа к плоским механизмам (все точки движутся в параллельных плоскостях). Определение вида и класса кинематических пар (вращательные, поступательные). Выделение первичного механизма (кривошипа, стойки) и структурных групп (II, III класса и т.д.). Расчет степеней свободы для плоских схем рычажных и кулачковых механизмов.	2	-	-
2.		Структура пространственных механизмов мехатронных устройств и роботов.	Особенности пространственных механизмов (звенья движутся в непараллельных плоскостях). Типы пространственных кинематических пар (сферическая, цилиндрическая, винтовая и др.). Применение общей формулы для пространственных цепей. Анализ простейших пространственных схем, характерных для	2		

			роботов (например, манипулятор с вращательными и поступательными парами).			
4.	<b>Раздел 2. Кинематический анализ: задачи о положениях</b>	Геометрический метод кинематического анализа плоских механизмов мехатронных устройств и роботов.	Графическое и графоаналитическое решение задач кинематики. Построение планов положений плоского рычажного механизма (например, четырехзвенника) с использованием циркуля и линейки. Определение траекторий характерных точек.	4	-	-
5.		Геометрический метод кинематического анализа пространственных механизмов мехатронных устройств и роботов.	Применение геометрических принципов к простым пространственным схемам. Проекционные построения. Определение положения звеньев манипулятора с 2-3 степенями свободы на основе геометрических соотношений (теоремы косинусов и синусов для сферических треугольников).	4		
6.		Задача о положениях механизмов мехатронных устройств.	Аналитическое решение ПЗП и ОЗП для типовых механизмов (рычажных, кулачковых). Составление уравнений связи координат. Решение на примере кривошипно-ползунного механизма или манипулятора типа RR на плоскости.	4		
7.		Задача о положениях	Использование метода	4		

		роботов.	Денавита-Хартенберга для формального описания кинематики (матрицы однородных преобразований). Решение ПЗП для антропоморфного манипулятора (3R). Введение в решение ОЗП для простейших случаев (манипулятор на плоскости, сферический манипулятор).			
8.	<b>Раздел 3. Кинематический анализ: задачи о скоростях и ускорениях</b>	Задача о скоростях механизмов мехатронных устройств.	Решение задач о скоростях для плоских механизмов. Метод планов скоростей (графический) и метод мгновенных центров скоростей. Аналитическое дифференцирование уравнений связи, полученных на предыдущих занятиях. Расчет скорости точки на шатуне или ползуне.	4	-	-
9.		Задача об ускорениях механизмов мехатронных устройств.	Решение задач об ускорениях для плоских механизмов. Метод планов ускорений. Расчет и построение векторов нормальных, касательных и полных ускорений. Анализ динамики механизма на основе кинематических результатов.	4		
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>28</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 7</b>				
1.	<b>Раздел 1. Введение и структурные основы мехатронных и робототехнических систем</b>	1.1.	Работа с книжными и электронными источниками	10
		1.2.	Подготовка к текущему контролю	6
		1.3.	Подготовка к практическим занятиям	10
2.	<b>Раздел 2. Кинематический анализ: задачи о положениях</b>	2.1.	Работа с книжными и электронными источниками	10
		2.2.	Подготовка к текущему контролю	6
		2.3.	Подготовка к практическим занятиям	10
3.	<b>Раздел 3. Кинематический анализ: задачи о скоростях и ускорениях</b>	3.1.	Работа с книжными и электронными источниками	8
		3.2.	Подготовка к текущему контролю	4
		3.3.	Подготовка к практическим занятиям	8
		3.4.	Подготовка к промежуточному контролю	14
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>86</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**

*Не предусмотрены*

## **5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям**

Практические занятия – это активная форма учебного процесса. При подготовке к практическим занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Темы теоретического содержания выносятся на практические занятия, предполагают дискуссионный характер обсуждения. Большая часть тем дисциплины носит практический характер, т.е. предполагает выполнение заданий и решение задач, анализ практических ситуаций.

## **5.4. 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	№ семес тра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов		
				5	6	7
				ОФО	ОЗФО	ЗФО
1	7	<i>Лекция: Структура и строение мехатронных устройств и роботов</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-
2		<i>Лекция: Кинематический анализ механизмов</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-
3		<i>Лекция: Прямая и обратная задача о положениях</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-
4		<i>Лекция: Прямая и обратная задача о скоростях</i>	Лекция с применением интерактивных технологий	4	-	-

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

<b>Список основной литературы</b>	
1.	Гусев, В. В. Основы мехатронных систем : учебное пособие / В. В. Гусев, А. Д. Молчанов, С. А. Поезд ; под редакцией В. В. Гусева. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 128 с. — ISBN 978-5-9729-0797-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/124239.html">https://www.iprbookshop.ru/124239.html</a>
2.	Овсянников, С. В. Проектирование мехатронных систем : учебное пособие / С. В. Овсянников, А. А. Бошляков. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2015. — 119 с. — ISBN 978-5-7038-4125-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/135542.html">https://www.iprbookshop.ru/135542.html</a>
3.	Лебедев, С. К. Кинематика и динамика электромехатронных систем в робототехнике : учебное пособие / С. К. Лебедев, А. Р. Колганов ; под редакцией А. Б. Виноградова. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 352 с. — ISBN 978-5-9729-2635-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/154708.html">https://www.iprbookshop.ru/154708.html</a>
<b>Список дополнительной литературы</b>	
1.	Таугер В.М. Конструирование мехатронных модулей : учебное пособие / Таугер В.М.. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 261 с. — ISBN 978-5-4497-1372-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/111141.html">https://www.iprbookshop.ru/111141.html</a>
2.	Мехатронные системы: структура и применение : учебное пособие / А.А. Игнатьев [и др.]. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2024. — 176 с. — ISBN 978-5-7433-3607-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/145556.html">https://www.iprbookshop.ru/145556.html</a>
3.	Каменев С.В. Основы построения станков с параллельной кинематикой : учебное пособие / Каменев С.В.. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 128 с. — ISBN 978-5-7410-1662-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/71304.html">https://www.iprbookshop.ru/71304.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

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 сертификат  Срок действия: с 24.12.2024 до 25.12.2025
Консультант Плюс	Договор № 272-186/С-25-01 от 30.01.2025 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:

- набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: проектор, экран, ноутбук;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, доска ученическая, тумба кафедры.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории: переносной проектор, переносной настенный экран, ноутбук, системный блок, монитор, плоттер, МФУ;
- специализированная мебель: стол преподавательский, стул для преподавателя, стол ученический, стул ученический, стол компьютерный, доска ученическая.

3. Помещение для самостоятельной работы.

Библиотечно-издательский центр.

Отдел обслуживания печатными изданиями: комплект проекционный, мультимедийный оборудование: экран настенный, проектор, ноутбук; рабочие столы на 1 место, стулья.

Отдел обслуживания электронными изданиями: интерактивная система, монитор, сетевой терминал, персональный компьютер, МФУ, принтер, рабочие столы на 1 место; стулья.

Информационно-библиографический отдел: персональный компьютер, сканер, МФУ, рабочие столы на 1 место, стулья.

### **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**

нет

## **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**

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Кинематика мехатронных и робототехнических систем

### 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

### 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
Раздел 1. Введение и структурные основы мехатронных и робототехнических систем	+
Раздел 2. Кинематический анализ: задачи о положениях	+
Раздел 3. Кинематический анализ: задачи о скоростях и ускорениях	+

### 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	

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

Кафедра МиРС

**Вопросы к зачету с оценкой**

1. Дайте определение мехатронного модуля и робототехнической системы, раскройте их ключевое различие и общность.
2. Перечислите и охарактеризуйте основные компоненты современного мехатронного устройства.
3. Назовите основные классификационные признаки промышленных роботов, приведите соответствующие примеры.
4. Объясните понятия кинематической цепи, звена и кинематической пары, классифицируйте пары по виду контакта и числу налагаемых связей.
5. Сформулируйте и поясните формулу Чебышева-Грёблера-Малышева для пространственной цепи, покажите её упрощение для плоского механизма.
6. Раскройте сущность структурного анализа по Ассуре, объясните понятия «первичный механизм» и «группа Асура».
7. Проведите структурный анализ плоского шарнирного четырехзвенника: определите число степеней свободы, выделите первичный механизм и структурные группы.
8. Сформулируйте прямую и обратную задачи о положениях для робота-манипулятора, объясните, какая из них решается неоднозначно и почему.
9. Раскройте понятие обобщенных координат механической системы, приведите примеры для плоского механизма и антропоморфного манипулятора.
10. Объясните суть геометрического метода кинематического анализа, его преимущества и ограничения применительно к плоским механизмам.
11. Для заданной схемы плоского кривошипно-ползунного механизма опишите последовательность построения плана положений.
12. Опишите основные этапы решения обратной задачи о положениях для простейшего плоского манипулятора с двумя вращательными сочленениями.
13. Объясните роль однородных матриц преобразования в кинематике роботов, охарактеризуйте матрицы поворота и переноса.
14. Опишите правила Денавита-Хартенберга для задания систем координат на звеньях, перечислите параметры Д-Х.
15. Дайте определение «вырожденной конфигурации» манипулятора с точки зрения задачи о положениях, приведите геометрический пример для манипулятора 2R.
16. Сформулируйте прямую и обратную задачи о скоростях для робота-манипулятора и раскройте их практическую значимость.
17. Дайте определение матрицы Якоби робота-манипулятора, объясните, что она связывает и от чего зависит.
18. Объясните связь между прямой и обратной задачами о скоростях и вырожденными конфигурациями, опишите поведение матрицы Якоби в сингулярной позе.
19. Объясните метод мгновенных центров скоростей для анализа плоских механизмов, опишите способ нахождения МЦС для звена, совершающего сложное движение.
20. Опишите последовательность построения плана скоростей для плоского четырехзвенного рычажного механизма.
21. Перечислите составляющие полного ускорения точки звена при плоском движении и дайте их физическую интерпретацию.
22. Объясните происхождение и физический смысл кориолисова ускорения,

укажите условие его возникновения.

23. Опишите последовательность построения плана ускорений для кривошипно-ползунного механизма, объясните, как на нем отображаются нормальная и касательная составляющие.

24. Объясните, как решается прямая задача об ускорениях для манипулятора, и почему для этого недостаточно простого дифференцирования матрицы Якоби по времени.

25. Сравните геометрический и аналитический методы кинематического анализа, укажите области их рационального применения.

26. По заданной простой кинематической схеме механизма определите его число степеней свободы.

27. Для заданной конфигурации простого манипулятора запишите постановку прямой задачи о положениях, указав исходные данные и искомые величины.

28. Объясните принципиальное отличие решения обратной задачи о положениях для антропоморфного манипулятора от решения для манипулятора типа SCARA.

29. Раскройте последствия попадания манипулятора в вырожденную конфигурацию для управления по скорости, предложите способы обхода этой проблемы.

30. Обоснуйте, почему кинематический анализ является необходимой основой для динамического анализа и синтеза систем управления робота.

## Комплект тестовых заданий

по дисциплине «Кинематика мехатронных и робототехнических систем»

- 1.** Ключевым признаком мехатронного устройства является
  - а) Наличие только механических компонентов
  - б) Механическое движение как основная функция
  - в) Функциональная интеграция механики, электроники и компьютерного управления
  - г) Использование исключительно электрических приводов
  
- 2.** Кинематическая пара пятого класса накладывает на относительное движение звеньев
  - а) Один условие связи
  - б) Пять условий связи
  - в) Три условия связи
  - г) Четыре условия связи
  
- 3.** Для плоского механизма формула для расчета степеней свободы (подвижности) имеет вид
  - а)  $W = 6n - 5P_5$
  - б)  $W = 3n - 2P_5 - P_4$
  - в)  $W = 3n - 2P_5 - P_4$
  - г)  $W = 4n - 3P_5 - 2P_4$
  
- 4.** Звено механизма, соединенное со стойкой только одной кинематической парой, называется
  - а) Шатуном
  - б) Коромыслом
  - в) Начальным звеном или кривошипом
  - г) Кулисой
  
- 5.** Прямая задача о положениях для манипулятора ставится как определение
  - а) Координат рабочего органа по заданным скоростям в сочленениях
  - б) Положения и ориентации рабочего органа по заданным углам в сочленениях
  - в) Углов в сочленениях по заданному положению рабочего органа
  - г) Ускорений звеньев по заданным силам
  
- 6.** Вырожденная (сингулярная) конфигурация манипулятора характеризуется
  - а) Максимальной скоростью рабочего органа
  - б) Вырождением ранга матрицы Якоби
  - в) Минимальным потреблением энергии
  - г) Упрощением решения прямой задачи о положениях

- 7.** Матрица Якоби в кинематике робота связывает
- а) Координаты рабочего органа с силами в сочленениях
  - б) Скорости в пространстве обобщенных координат со скоростями рабочего органа
  - в) Ускорения звеньев с моментами на валах двигателей
  - г) Положения сочленений с положением рабочего органа
- 8.** Метод мгновенных центров скоростей применим для анализа
- а) Только пространственных механизмов
  - б) Только плоских механизмов
  - в) Любых механизмов с циклическими движениями
  - г) Механизмов с гидравлическими приводами
- 9.** Кориолисово ускорение возникает при
- а) Прямолинейном относительном движении точки
  - б) Сложном движении, когда переносное движение – вращательное, а относительное – поступательное
  - в) Любом криволинейном движении
  - г) Равномерном вращении звена
- 10.** Параметр Денавита-Хартенберга, определяющий расстояние между осями z вдоль оси x, называется
- а) Угол поворота ( $\theta$ )
  - б) Длина звена (a)
  - в) Смещение (d)
  - г) Угол скручивания ( $\alpha$ )
- 11.** Структурная группа Ассура имеет нулевую подвижность и
- а) Не может быть присоединена к механизму
  - б) Не изменяет число степеней свободы механизма при присоединении
  - в) Увеличивает число степеней свободы механизма
  - г) Всегда содержит только два звена
- 12.** Для построения плана ускорений плоского механизма в первую очередь определяют ускорение точки, движение которой
- а) Является наиболее медленным
  - б) Является заданным или самым простым (например, равномерным)
  - в) Происходит по сложной траектории
  - г) Имеет максимальную скорость
- 13.** Основная трудность решения обратной задачи о положениях для манипулятора с шестью степенями свободы заключается в
- а) Многозначности решения (существовании нескольких кинематических конфигураций)
  - б) Невозможности составления уравнений
  - в) Обязательном использовании датчиков внешней среды
  - г) Отсутствии аналитических методов решения
- 14.** Вращательная кинематическая пара в пространственном механизме обеспечивает звеньям
- а) Три степени свободы

- б) Две степени свободы
- в) Одну степень свободы
- г) Пять степеней свободы

**15.** Нормальная составляющая ускорения точки звена, вращающегося вокруг неподвижной оси, всегда направлена

- а) По касательной к траектории
- б) К центру вращения (по радиусу)
- в) Перпендикулярно плоскости вращения
- г) Против вектора скорости

**16.** Матрица однородного преобразования размерностью  $4 \times 4$  используется для

- а) Описания только положения точки
- б) Одновременного описания положения и ориентации системы координат
- в) Решения только обратной задачи о скоростях
- г) Вычисления кинетической энергии звена

**17.** Если матрица Якоби квадратная и её определитель равен нулю, это означает, что

- а) Скорость рабочего органа максимальна
- б) Манипулятор находится в вырожденной конфигурации
- в) Обратная задача о скоростях имеет единственное решение
- г) Прямая задача о положениях неразрешима

**18.** Мгновенный центр скоростей для звена, совершающего плоскопараллельное движение, это точка, скорость которой в данный момент

- а) Максимальна
- б) Направлена под углом  $45^\circ$  градусов
- в) Равна нулю
- г) Равна скорости центра масс

**19.** Количество степеней свободы манипулятора — это

- а) Число его звеньев
- б) Число независимых обобщенных координат, задающих его конфигурацию
- в) Число его электродвигателей
- г) Число степеней свободы его рабочего органа

**20.** План скоростей для механизма строится на основе

- а) Векторных уравнений, связывающих скорости характерных точек
- б) Уравнений динамики Ньютона-Эйлера
- в) Теоремы Гаусса
- г) Принципа Даламбера

**21.** Перечислите три основных компонента (подсистемы) мехатронного модуля.

**22.** Запишите формулу Чебышева для расчета подвижности ( $W$ ) плоского механизма, пояснив обозначения каждой переменной.

**23.** Дайте определения прямой и обратной задач кинематики для робота-манипулятора.

24. Назовите два основных метода кинематического анализа механизмов.
25. Перечислите четыре параметра Денавита-Хартенберга для описания кинематической пары между соседними звеньями.
26. Назовите два типа задач, решаемых с использованием матрицы Якоби.
27. Перечислите три составляющие полного ускорения точки звена при его плоском движении.
28. Назовите два геометрических признака, по которым можно визуально определить вырожденную конфигурацию у простого манипулятора с двумя вращательными сочленениями.
29. Объясните, почему кинематический анализ предшествует динамическому при проектировании робототехнической системы.
30. Сформулируйте основное правило (теорему) для нахождения мгновенного центра скоростей, зная направления скоростей двух точек плоского звена.

#### **Критерии оценки тестового контроля**

по дисциплине «Цифровые двойники в промышленной робототехнике»

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. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

№ п.п.	Оценочное средство	Процедура оценивания (методические рекомендации)
1.	Тесты	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.	Лабораторная работа	является средством применения и реализации полученных обучающимся знаний, умений и навыков в ходе выполнения учебно- практической задачи, связанной с получением корректного значимого результата с помощью реальных средств деятельности. Рекомендуется для проведения в рамках тем (разделов), наиболее значимых в формировании практических (профессиональных) компетенций)
3.	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 инструментарий (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.