

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Институт информационных технологий и анализа данных
(121)»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании совета института ИТиАД им. Е.И.Попова
Протокол №8 от 16 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

**«МЕХАНИКА МАНИПУЛЯЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ / MECHANICS OF
MANIPULATION DEVICES»**

Направление: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Мехатронные и робототехнические системы / Mechatronic and robotic systems

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Кононенко Роман
Владимирович
Дата подписания: 23.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Говорков Алексей
Сергеевич
Дата подписания: 24.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Кононенко Роман
Владимирович
Дата подписания: 24.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Механика манипуляционных устройств / Mechanics of manipulation devices» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Способность выполнять расчеты, проектирование, производить структурный, кинематический, динамический анализ механизмов и узлов мехатронных и робототехнических систем, разрабатывать проектно-конструкторскую и технологическую документацию	ПКС-1.6, ПКС-1.7

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.6	Способен производить расчеты механизмов несущих и исполнительных модулей промышленных роботов и робототехнических комплексов на основе современных методов, средств и технологий	Знать Классификацию и структуру несущих и исполнительных модулей промышленных роботов Методы кинематического, динамического и прочностного расчетов механизмов Современные программные средства для моделирования и расчетов (CAD/CAE-системы) Подходы к расчету нагрузок, деформаций, жесткости и прочности элементов модулей Критерии оценки работоспособности и надежности механизмов роботов Уметь Выполнять кинематические и динамические расчеты механизмов роботов Производить прочностные расчеты элементов несущих и исполнительных модулей Использовать современные методы и средства расчетов (МКЭ, численные методы) Моделировать и анализировать

		работу механизмов с использованием CAD/CAE Оценивать влияние конструктивных параметров на характеристики модулей Обосновывать выбор конструктивных решений на основе расчетов Владеть Навыками кинематического и динамического анализа механизмов манипуляторов Практикой прочностных расчетов несущих элементов с использованием МКЭ Методами оптимизации конструктивных параметров модулей роботов Навыками использования CAD/CAE-систем для проектирования и расчетов Способами оценки надежности и ресурса механизмов на основе расчетов
ПКС-1.7	Владеет современными методами, средствами и технологиями проектирования несущих механических систем промышленных роботов и робототехнических комплексов, их отдельных модулей и устройств исполнительных систем на основе принятия обоснованных решений	Знать Современные методы и технологии проектирования несущих механических систем роботов Принципы построения и проектирования исполнительных систем и модулей робототехнических комплексов Средства автоматизированного проектирования (CAD/CAE/CAM) Методы оптимизации конструкций несущих систем по критериям прочности, жесткости, массы Требования к проектированию несущих и исполнительных систем Нормативные документы и стандарты в области робототехники

		Уметь Применять современные методы и технологии проектирования несущих систем роботов Проектировать отдельные модули и устройства исполнительных систем Использовать CAD/CAE-системы для проектирования и моделирования Проводить анализ и выбор конструктивных решений Оптимизировать конструкцию по заданным критериям Обосновывать принимаемые проектные решения Владеть Навыками проектирования несущих систем промышленных роботов Практикой использования CAD/CAE-систем при проектировании Методами оптимизации конструкций несущих и исполнительных систем Способами обоснования и выбора проектных решений Навыками разработки конструкторской документации на модули и системы
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Механика манипуляционных устройств / Mechanics of manipulation devices» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия / Chemistry», «Теоретическая механика / Theoretical Mechanics», «Гидропневмоавтоматика / Hydraulics»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика / Industrial practice: pre-graduation practice», «Управление мехатронными и робототехническими системами / Control of Mechatronic and Robotic Systems»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108
Аудиторные занятия, в том числе:	75	45	30
лекции	25	15	10
лабораторные работы	15	15	0
практические/семинарские занятия	35	15	20
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	141	63	78
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Зачет, Курсовая работа	Экзамен	Зачет, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение в механику манипуляционных устройств. Классификация промышленных роботов	1	2							Контрольная работа
1	Несущие системы промышленных роботов	2	4			2, 3	9	1	63	Контрольная работа
1	Исполнительные модули и механизмы роботов	3	6	2, 3	11					Контрольная работа
1	Кинематический анализ механизмов манипуляторов	4	3	1	4					Контрольная работа
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		15		15		9		99	

Семестр № 8

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Динамический анализ и расчет нагрузок	1	4			1	6			Контрольн ая работа
2	Прочностной расчет и оптимизация конструкций (МКЭ)									Контрольн ая работа
2	Проектирование и современные CAD/CAE- технологии в робототехнике	2, 3	6			2, 4	14	1	78	Контрольн ая работа
	Промежуточная аттестация									Зачет, Курсовая работа
	Всего		10				20		78	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в механику манипуляционных устройств. Классификация промышленных роботов	Предмет и задачи дисциплины. Классификация промышленных роботов и манипуляторов: по назначению, типу привода, числу степеней подвижности, конструкции несущей системы. Основные элементы роботов: несущие и исполнительные модули. Требования к механическим системам роботов.
1	Несущие системы промышленных роботов	Назначение и типы несущих систем. Конструктивные схемы: колонные, порталные, консольные, шарнирные. Материалы несущих систем. Требования к жесткости, прочности, виброустойчивости. Влияние конструкции несущей системы на точность позиционирования.
1	Исполнительные модули и механизмы роботов	Классификация исполнительных механизмов: вращательные и поступательные. Зубчатые, реечные, червячные, винтовые, ременные, цепные передачи. Механизмы параллельной структуры. Выбор типа исполнительного механизма в зависимости от нагрузки и требуемых динамических характеристик.
1	Кинематический анализ механизмов манипуляторов	Прямая и обратная задачи кинематики. Системы координат звеньев. Матрицы преобразования (метод Денавита-Хартенберга). Расчет скоростей и ускорений. Рабочая зона манипулятора. Особенности кинематики роботов с параллельной

	структурой.
--	-------------

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Динамический анализ и расчет нагрузок	Моделирование динамики манипуляторов. Методы динамического анализа: метод Лагранжа, метод Ньютона-Эйлера. Расчет инерционных нагрузок. Уравнения движения. Определение усилий в приводах. Учет сил тяжести, сил трения и внешних нагрузок.
2	Прочностной расчет и оптимизация конструкций (МКЭ)	Метод конечных элементов в расчетах несущих систем. Построение расчетных моделей. Задание граничных условий и нагрузок. Анализ напряжений, деформаций, перемещений. Оптимизация конструкции по критериям прочности, жесткости и массы. Использование CAE-систем (ANSYS, SolidWorks Simulation, Abaqus).
2	Проектирование и современные CAD/CAE-технологии в робототехнике	Интеграция CAD- и CAE-систем в процесс проектирования. Топологическая оптимизация. Аддитивные технологии и их применение для изготовления элементов роботов. Обоснование конструктивных решений. Документирование проекта. Кейсы проектирования промышленных роботов и РТК.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Кинематический анализ манипулятора (прямая и обратная задачи кинематики)	4
2	Расчет рабочей зоны и траекторий движения манипулятора	4
3	Динамический расчет нагрузок в звеньях и приводах манипулятора	7

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Прочностной расчет несущей системы методом конечных элементов (CAE)	6
2	Оптимизация конструкции несущего модуля по критериям прочности и массы	6
3	3D-моделирование несущего модуля промышленного робота в CAD-системе	3

Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Разработка конструкторской документации на модуль или узел робота	6
2	Проектирование исполнительного механизма вращательного движения	6
4	Модальный и вибрационный анализ несущей конструкции робота	8

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	63

Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	78

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Размещены на образовательной платформе el.istu.edu

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Размещены на образовательной платформе el.istu.edu

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Размещены на образовательной платформе el.istu.edu

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Размещены на образовательной платформе el.istu.edu

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Размещены на образовательной платформе el.istu.edu

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Защита лабораторных и практических работ

Критерии оценивания.

Ответы на контрольные вопросы преподавателя

6.1.2 семестр 8 | Контрольная работа**Описание процедуры.**

Защита лабораторных и практических работ

Критерии оценивания.

Ответы на контрольные вопросы преподавателя

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-1.6	Отлично Самостоятельно выполняет полный комплекс расчетов механизмов, обосновывает выбор методов и средств, интерпретирует результаты и дает рекомендации Хорошо Выполняет расчеты с незначительной помощью, использует современные средства, но испытывает трудности с интерпретацией и оптимизацией Удовлетворительно Выполняет расчеты по шаблону, использует ограниченный набор методов, поверхностно понимает результаты Неудовлетворительно Не владеет методами расчетов механизмов, не может выполнить анализ и обосновать конструктивные решения	Защита лабораторных и практических работ
ПКС-1.7	Отлично Самостоятельно проектирует несущие и исполнительные системы с использованием современных средств, обосновывает решения, выполняет оптимизацию конструкций Хорошо Проектирует с незначительной помощью, использует	Защита лабораторных и практических работ

	основные средства проектирования, испытывает трудности с оптимизацией и обоснованием Удовлетворительно Выполняет проектирование по шаблону, использует ограниченный набор средств, поверхностно обосновывает решения Неудовлетворительно Не владеет методами и средствами проектирования, не может обосновать проектные решения	
--	--	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Ответы на контрольные вопросы

Пример задания:

Что изучает механика манипуляционных устройств? Каковы основные задачи дисциплины?

Дайте классификацию промышленных роботов по назначению, типу привода, числу степеней подвижности.

Какие основные элементы входят в состав промышленного робота? Что такое несущие и исполнительные модули?

Какие требования предъявляются к механическим системам промышленных роботов?

Какие типы несущих систем промышленных роботов вы знаете? Опишите их конструктивные схемы.

Какие материалы используются для несущих систем роботов и почему?

Какие требования предъявляются к жесткости и прочности несущих систем?

Как конструкция несущей системы влияет на точность позиционирования робота?

Какие факторы влияют на виброустойчивость несущей системы?

Что такое исполнительный модуль робота? Какие типы исполнительных механизмов существуют?

Какие виды передач используются в исполнительных механизмах роботов?

Что такое механизмы параллельной структуры? В чем их преимущества и недостатки?

Как выбрать тип исполнительного механизма в зависимости от нагрузки и динамических характеристик?

Какие требования предъявляются к исполнительным модулям роботов?

Что такое прямая и обратная задачи кинематики манипулятора?

В чем суть метода Денавита-Хартенберга для описания кинематики?

Как рассчитываются скорости и ускорения звеньев манипулятора?

Что такое рабочая зона манипулятора и как она определяется?

Каковы особенности кинематического анализа роботов с параллельной структурой?

Какие методы используются для динамического анализа манипуляторов?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Свободно и полно отвечает на все вопросы, демонстрирует глубокое понимание материала	Отвечает на большинство вопросов, но допускает незначительные неточности	Отвечает только на базовые вопросы, сложные темы вызывают затруднения	Не может ответить на базовые вопросы
Приводит примеры из практики, обосновывает выбор методов и конструктивных решений	Знает основные методы расчетов, но испытывает трудности с обоснованием и выбором решений	Знает основные понятия, но не может объяснить методы расчетов	Не знает основных методов и понятий
Уверенно выполняет кинематические, динамические и прочностные расчеты	Выполняет расчеты, но с небольшими ошибками	Выполняет простые расчеты по шаблону	Не умеет выполнять расчеты
Владеет современными CAD/CAE-инструментами и	Владеет базовыми инструментами проектирования	Поверхностно знаком с современными средствами проектирования	Не знаком с CAD/CAE-системами
	70–89% правильных ответов	50–69% правильных ответов	Менее 50% правильных ответов

методами проектирования			
90–100% правильных ответов			

6.2.2.2 Семестр 8, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

ответы на контрольные вопросы

Пример задания:

В чем отличие метода Лагранжа от метода Ньютона-Эйлера?

Какие нагрузки учитываются при динамическом расчете манипулятора?

Как рассчитываются усилия в приводах при динамическом анализе?

Что такое метод конечных элементов (МКЭ) и как он применяется для расчета несущих систем?

Как строятся расчетные модели несущих систем в CAE-системах? Какие нагрузки задаются?

Что такое топологическая оптимизация и как она применяется в проектировании роботов?

Как выполняется оптимизация конструкции по критериям прочности, жесткости и массы?

Как интегрируются CAD- и CAE-системы в процесс проектирования роботов?

Какие современные технологии (аддитивные, цифровые двойники) применяются при разработке робототехнических систем?

Как обосновываются конструктивные решения при проектировании несущих и исполнительных систем роботов?_

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Понимает основные понятия и методы механики манипуляционных устройств	Не знает основных понятий и методов
Знает типы несущих и исполнительных систем	Не может выполнить расчеты
Может выполнить кинематический и	Не знаком с CAD/CAE-системами
	Не может описать процесс проектирования

прочностной расчет по алгоритму Понимает этапы проектирования с использованием CAD/CAE Отвечает на $\geq 50\%$ вопросов осмысленно и без грубых ошибок	Отвечает на 50% вопросов или отказывается от ответа
--	--

6.2.2.3 Семестр 8, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Ответы на вопросы по ходу выполнения работы

Пример задания:

Какова цель и задачи вашей курсовой работы? Какое изделие или узел вы проектировали?

Какую методику кинематического анализа вы использовали? Как решали прямую и обратную задачи кинематики?

Как вы выполняли динамический расчет? Какие нагрузки учитывали и как определяли усилия в приводах?

Какие конструкционные материалы вы выбрали для несущих элементов и почему?

Как вы выполняли прочностной расчет? Использовали ли метод конечных элементов (МКЭ)? Какие результаты получили?

Проводили ли вы оптимизацию конструкции? По каким критериям и какими методами?

Какое программное обеспечение вы использовали для 3D-моделирования и расчетов? Почему выбрали именно его?

Какие основные конструктивные решения вы приняли и почему? Есть ли альтернативные варианты?

С какими основными трудностями вы столкнулись при выполнении работы и как их преодолели?

Каковы основные результаты работы? Какие выводы можно сделать о работоспособности и эффективности спроектированной конструкции?

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Полностью соответствует	Работа соответствует	Работа выполнена по шаблону, без	Работа не соответствует теме или

теме и требованиям Выполнен полный расчетно-пояснительный анализ: кинематика, динамика, прочность Использованы современные CAD/CAE-инструменты Приведена оптимизация конструкции с обоснованием решений Чертежи и 3D-модель выполнены на высоком уровне Защита работы — четкая, аргументированная, уверенная	теме, но есть незначительные недочеты Основные расчеты выполнены, но не все разделы проработаны полно CAD/CAE-моделирование выполнено, но без глубокой оптимизации Чертежи и модель есть, но есть мелкие ошибки Защита — грамотная, но без глубокого обоснования	глубокой проработки Расчеты неполные или упрощенные CAD/CAE-моделирование поверхностное Чертежи с ошибками, 3D-модель отсутствует или выполнена частично Защита — неуверенная, на вопросы отвечает с трудом	не выполнена Расчеты отсутствуют или содержат грубые ошибки CAD/CAE-моделирование не выполнено Чертежи и документация отсутствуют Защита — неудовлетворительная или работа не представлена
--	---	--	---

7 Основная учебная литература

1. Робототехника и гибкие автоматизированные производства : в 9 кн.: учеб. пособие для вузов. Кн. 1. Системные принципы создания гибких автоматизированных производств / Игорь Михайлович Макаров, 1986. - 174.
2. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учеб. пособие для вузов по специальности "Мехатроника" ... / Ю. В. Подураев, 2006. - 255.
3. Рыжиков И. Н. Моделирование элементов мехатронных систем : учебное пособие для специальности "Мехатроника" / И. Н. Рыжиков; под ред. О. В. Репецкого, 2008. - 99.
4. Методические указания по проведению лабораторных работ по дисциплине "Механика манипуляционных устройств" направления подготовки 221000 - "Мехатроника и робототехника", профиль - "Наладка, программирование и эксплуатация мехатронных и робототехнических систем" : методические указания / Иркут. гос. техн. ун-т, 2013. - 55.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-6127.pdf>

5. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие [для подготовки бакалавров и магистров по направлению "Мехатроника и робототехника"] / А. П. Лукинов, 2012. - 605.

[Сайт] – URL: <https://e.lanbook.com/book/2765#book>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Воротников С. А. Информационные устройства робототехнических систем : учеб. пособие для вузов по направлению "Мехатроника и робототехника" / С. А. Воротников, 2005. - 382.

2. Юревич Е. И. Основы робототехники : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. диплом. специалистов 652000 "Мехатроника и робототехника" ... / Евгений Юревич, 2005. - 401.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.