

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«21» февраля 2023 года

## Рабочая программа дисциплины

**ФТД.01** Основы мехатроники

Учебный план: 2023-2024 15.04.02 ИИТА КИТМ ОО №2-1-87.plx

Кафедра: **28** Машиноведения

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
(специальность)

Профиль подготовки: Компьютерный инжиниринг технологических машин  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
2	УП	17	17	37,75	0,25	2	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	2	
Итого	УП	17	17	37,75	0,25	2	
	РПД	17	17	37,75	0,25	2	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утвержденным приказом Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1026

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Усов Алексей Георгиевич

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой машиноведения

\_\_\_\_\_

Марковец Алексей  
Владимирович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Марковец Алексей  
Владимирович

Методический отдел: Макаренко С.В.

---

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области основ мехатроники, обеспечить понимание базовых категорий и принципов мехатроники, приобретение практических навыков анализа и синтеза мехатронных объектов, формирование информационной и методологической базы для изучения специальных дисциплин.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Изучение принципов построения и основ проектирования робототехнических и мехатронных систем.
- Знакомство с современным состоянием развития роботов и мехатронных модулей.
- Демонстрация синергетического характера интеграции составляющих элементов изучаемых объектов.
- Формирование навыков проектирования мехатронных модулей и систем управления роботизированным производством, разработки их аппаратно-программного обеспечения

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математическое моделирование

Технологии 3D-моделирования машиностроительных изделий

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-1: Способен сопровождать жизненный цикл продукции машиностроения</b>
<b>Знать:</b> особенности разработки динамических и математических моделей мехатронных систем.
<b>Уметь:</b> разрабатывать и анализировать динамические и математические модели мехатронных систем.
<b>Владеть:</b> навыками математического моделирования мехатронных систем с применением современного программного обеспечения.
<b>ПК-2: Способен исследовать производство и формировать предложения по его совершенствованию</b>
<b>Знать:</b> методы построения, анализа и математического моделирования мехатронных систем.
<b>Уметь:</b> выбирать методы построения математических моделей мехатронных систем.
<b>Владеть:</b> навыками разработки математических моделей мехатронных систем по их динамическим моделям.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Основные сведения о мехатронике, промышленные роботы и их характеристики	2					
Тема 1. Предпосылки развития мехатроники и робототехники области применения мехатронных и робототехнических систем. Преимущества мехатронных устройств и систем. Определение мехатроники, как новой области науки и техники. Поколения мехатронных модулей. Структура автоматической машины, созданной на основе традиционного и мехатронного подходов в их проектировании. Сущность мехатронного подхода в проектировании и эксплуатации МС. Потенциально возможные точки интеграции функциональных элементов в мехатронные модули. Методы построения мехатронных устройств. Практическое занятие: Современные мехатронные и робототехнические системы в автоматизированном машиностроении		2	2	5	ГД	О
Тема 2. Промышленный робот, определение. Функциональная схема ПР. Структурная схема ПР. Поколения роботов. Роботы с программным управлением, адаптивные роботы, интеллектуальные роботы. Кинематические схемы ПР. Системы координатных перемещений, рабочее пространство, рабочая зона ПР. Классификация промышленных роботов. Принципы построения ПР: агрегатный, агрегатно - модульный, модульный принципы построения. Номенклатура основных технических характеристик ПР, их определение, параметрические ряды этих характеристик. Практическое занятие: Изучение структурных схем манипуляционных устройств		2	2	5		
Раздел 2. Принципы расчета параметров мехатронных устройств и промышленных роботов						
Тема 3. Кинематика манипуляторов. Прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов. Матрицы поворота. Матрица поворота вокруг произвольной оси. Представление матриц поворота через углы Эйлера. Практическое занятие: Решение прямой и обратной задачи кинематики манипуляционного устройства		5	5	5,75		О

Тема 4. Методы построения динамических моделей мехатронных устройств и их математическое описание. Практическое занятие: Анализ динамики манипуляционного устройства	4	4	5	ГД
Тема 5. Приводы мехатронных устройств, промышленных роботов и вспомогательного оборудования. Практическое занятие: Расчет удерживающих усилий в захватном устройстве	1	1	5	ГД
Тема 6. Принципы и системы управления мехатронных и робототехнических устройств. Практическое занятие: Точностной расчет манипуляционного устройства	1	1	5	ГД
Тема 7. Мехатронные устройства в текстильной и легкой промышленности: швейные роботы, вышивальные автоматы, автоматизированные раскройные и вырубочные комплексы и др. Практическое занятие: Современные мехатронные системы в технологическом оборудовании отрасли	2	2	7	ГД
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	37,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	34,25		37,75	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Классифицирует мехатронные системы; характеризует особенности методов анализа и математического моделирования мехатронной системы в зависимости от ее классификации. Использует методы определения кинематических и динамических характеристик полюса рабочего органа мехатронной системы применительно к технологическим машинам и оборудованию. Применяет методы разработки математических моделей мехатронных систем для решения задач выведения полюса рабочего органа в заданную точку пространства при заданной ориентации объекта.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания
ПК-2	Называет принципы решения прямой и обратной задачи кинематики при исследовании многокоординатной мехатронной системы. Выполняет построение динамической модели и разрабатывает математическую модель мехатронной системы применительно к решению задач кинематического и динамического анализа. Применяет программное обеспечение для выполнения вычислений и моделирования мехатронных систем.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся ответил на вопросы устного собеседования, решил	

	практические задачи, возможно допуская несущественные ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра	
Не зачтено	Обучающийся не ответил на вопросы устного собеседования, не решил практические задачи, допустил существенные ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра	

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 2	
1	Определение мехатроники. Цель и предмет мехатроники. Области применения мехатронных систем
2	Требования к функциональным и техническим показателям модулей мехатронных систем
3	Основные понятия робототехники: робот, степень подвижности, манипулятор, рабочий орган, система управления, робототехническое устройство, робототехнический комплекс, промышленный робот
4	Признаки классификации промышленных роботов (грузоподъемность, возможность передвижения, тип привода, способ установки на рабочем месте, выполняемая технологическая операция, способ управления, способ программирования, базовая система координат)
5	Расчет степени подвижности манипуляционной системы промышленного робота
6	Кинематические схемы манипуляторов и их особенности. Виды и конструкции захватов. Постановка задачи позиционирования захвата.
7	Прямая позиционная задача. Определение зоны обслуживания манипулятора. Коэффициент сервиса. Применение матричных расчетов в компьютерной системе МАТЛАБ
8	Обратная позиционная задача (ОПЗ). Аналитические методы решения тригонометрических уравнений. Решение ОПЗ на компьютере.
9	Вычисление скоростей и ускорений звеньев манипулятора. Прямая и обратная задачи о скорости. Допустимые скорости и ускорения.
10	Статика манипулятора. Система уравнений равновесия звеньев. Применение принципа возможных перемещений.
11	Главный вектор и главный момент сил инерции. Составление и решение уравнений кинетостатики манипулятора. Анализ рабочих сил и моментов.
12	Принципы работы и устройство электродвигателей (ЭД): асинхронного, синхронного двигателей переменного тока и двигателей постоянного тока.
13	Электромеханические характеристики двигателей.
14	Управление электродвигателем по току и по напряжению.
15	Особенности управления шаговым ЭД. Коммутаторы. Гидроусилители. Гидромоторы.
16	Уравнения Лагранжа 1 рода в случае наличия внешних связей. Переход от обобщенных координат к абсолютным декартовым. Вычисления, связанные с преобразованием матриц Якоби.
17	Критерии оптимальности управления движением манипулятора: быстродействие, точность позиционирования, безударность, энергосбережение и другие. Многокритериальные задачи
18	Сенсорные датчики. Принципы работы (эффекты Холла, Саньяка, etc) и устройство оптических и ультразвуковых датчиков положения, скорости, ускорения и ориентации.
19	Мехатронные устройства в текстильной и легкой промышленности.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы) находятся в Приложении к данной РПД

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку к зачету – 0,5 час.; зачет проходит в учебной аудитории

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Глухов, В. С., Дикой, А. А., Галустов, Р. А., Дикая, И. В.	Основы робототехники	Армавир: Армавирский государственный педагогический университет	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/82448.html">http://www.iprbookshop.ru/82448.html</a>
Крамаренко, Н. В., Рыков, А. А.	Алгоритмы управления движениями точки и робота-манипулятора	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/91317.html">http://www.iprbookshop.ru/91317.html</a>
Рябцев, В. А., Воропаев, А. А., Хван, Д. В.	Основы механики	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	<a href="http://www.iprbookshop.ru/108306.html">http://www.iprbookshop.ru/108306.html</a>
Подураев, Ю. В.	Мехатроника: основы, методы, применение	Саратов: Ай Пи Ар Медиа	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/86501.html">http://www.iprbookshop.ru/86501.html</a>
Баршутина, М. Н.	Микромехатроника	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63870.html">http://www.iprbookshop.ru/63870.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Дьяконов, В. П.	MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров	Саратов: Профобразование	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/87980.html">http://www.iprbookshop.ru/87980.html</a>
Тырыкин, С. В., Белоруцкий, Р. Ю.	Применение MATLAB для моделирования радиотехнических сигналов и устройств	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/91676.html">http://www.iprbookshop.ru/91676.html</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks (<http://www.iprbookshop.ru>)  
Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД <http://publish.sutd.ru>  
Электронный каталог фундаментальной библиотеки СПбГУПТД <http://library.sutd.ru>  
Материалы по продуктам MATLAB & Toolboxes: <http://matlab.exponenta.ru>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MATLAB

Octave

Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic

Microsoft Windows Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows Professional (Pro – профессиональная) Russian Upgrade Open No Level Academic

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Корпоративный справочник Материалы и Сортаменты

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления ВЕРТИКАЛЬ

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления КОМПАС-3D

SolidWorks Education Edition на SolidWorks 500 CAMPUS

#### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска



## Приложение

рабочей программы дисциплины

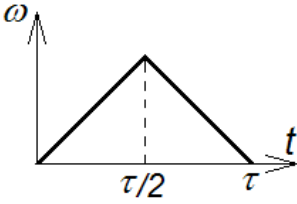
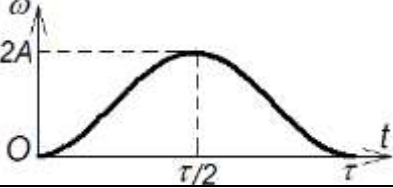
Основы мехатроники

наименование дисциплины

по направлению подготовки  
наименование ОП (профиля):

15.04.02 Технологические машины и оборудование  
Компьютерный инжиниринг технологических машин

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)	
Семестр 2		
1	<p>В абсолютной системе координат <math>Oxuz</math> совершаются следующие движения: поворот на угол <math>\alpha</math> вокруг оси <math>Ox</math>, сдвиг на <math>a</math> единиц длины вдоль оси <math>Ox</math>, сдвиг на <math>d</math> единиц вдоль оси <math>Ox</math>, поворот на угол <math>\vartheta</math> вокруг оси <math>Oz</math>. Сконструировать расширенную матрицу результирующего движения. Использовать систему вычислений МАТЛАБ.</p>	
2	<p>Наискорейшее время <math>\tau</math> при постоянном инерции привода <math>J</math> <math>\omega = \dot{\varphi} = Mt/J</math>, аппроксимация этого</p> 	<p>перемещения вала привода на угол <math>\varphi</math> при приведенном вращающем моменте <math>M</math> и моменте обеспечивается старт-стопным режимом вращения <math>\omega = M\tau/2J - Mt/J</math>. Синусоидальный режим выражается функцией <math>\omega = A(1 - \cos 2\pi t/\tau)</math>. Какое значение амплитуды <math>A</math> обеспечивает такое же перемещение за то же время?</p> 
3	<p>Определить законы изменения обобщенных координат <math>\varphi, \psi</math> манипулятора в интервале <math>t \in [0; 1]</math>, если точка А захвата движется согласно уравнениям <math>x_A = 1.226 + 0.2t</math>, <math>y_A = 0.0987</math> (м). <math>\varphi_0 = 32^\circ</math>, <math>\psi_0 = 17^\circ</math>, <math>a = 0.3</math> м, <math>b = 0.5</math> м. Для решения задачи составить программу в МАТЛАБ.</p> 