

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 30 » сентября 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Электромеханические системы в робототехнике
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления)

Направленность: Автоматизация в электроэнергетике и электротехнике
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка студентов к инженерной деятельности по разработке, проектированию, наладке и эксплуатации электромеханических (мехатронных) систем в робототехнике.

Изучение дисциплины должно содействовать формированию у студентов владения физико-математическим аппаратом, необходимым для описания электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем; способности составлять математические модели электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники.

Задачи дисциплины:

- изучение и освоение методов научно-исследовательской работы и творческой инновационной деятельности в области анализа и синтеза электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем и систем управления электромеханическими (мехатронными) и робототехническими модулями и системами, а также научно-исследовательской работы в междисциплинарных областях путем модификации существующих или разработки новых методов и алгоритмов, исходя из задач конкретного исследования;
- изучение и освоение методов проектной деятельности в области создания и внедрения электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем, систем управления электромеханическими (мехатронными) и робототехническими модулями и системами, востребованных на мировом рынке и позволяющих осуществлять сбор, пространственный анализ и интерпретацию данных в различных, в том числе в междисциплинарных, областях производства и человеческой деятельности;
- изучение и освоение методов поиска и получения новой информации, необходимой для решения задач в области интеграции знаний применительно к проектированию средств электромеханики (мехатроники) и робототехники и их систем управления, активного участия в инновационной деятельности предприятий и организаций, в том числе транснациональных компаний.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объекты дисциплины:

- электромеханические (мехатронные) системы;
- робототехнические системы;
- методы анализа и синтеза электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем;
- системы управления электромеханическими (мехатронными) и робототехническими модулями и системами;
- методы проектирования и внедрения электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем;
- методы пространственного анализа и интерпретации данных в области электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем;
- методы поиска и получения новой информации, необходимой для решения задач в области интеграции знаний применительно к проектированию средств электромеханики (мехатроники) и робототехники и их систем управления.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.15	ИД-1ПК-2.15	Знает: методы научно-исследовательской работы и творческой инновационной деятельности в области анализа и синтеза электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем и систем управления электромеханическими (мехатронными) и робототехническими модулями и системами, применяемыми в единой электроэнергетической системе Российской Федерации; принципы работы и построения электростанций на основе альтернативных источников энергии с применением электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем; средства автоматизации электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем для преобразования, передачи и потребления электроэнергии; алгоритмическое и программное обеспечение микропроцессорных средств и систем в электромеханических (мехатронных) и робототехнических система	Знает: альтернативные и возобновляемые источники энергии и их роль в формировании энергетического сектора Российской Федерации и мира; основные положения среднесрочной и долгосрочной стратегий развития электроэнергетики в Российской Федерации; принципы работы и построения электростанций на основе альтернативных источников энергии; методы расчета стоимости основных производственных ресурсов в альтернативной энергетике; средства автоматизации для преобразования, передачи и потребления электроэнергии; алгоритмическое и программное обеспечение микропроцессорных средств и систем в электроэнергетике	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.15	ИД-2ПК-2.15	<p>Умеет: рассчитывать параметры электротехнических устройств и установок, в том числе электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем, в области альтернативной энергетики; выбирать и использовать микропроцессорные средства, электромеханические (мехатронные) и робототехнические системы, а также программное обеспечение для преобразования, передачи и потребления электроэнергии; применять программное обеспечение для повышения энергоэффективности в электромеханических (мехатронных) и робототехнических системах, применяемых в электроэнергетике.</p>	<p>Умеет: рассчитывать параметры электротехнических устройств и установок в области альтернативной энергетики; определять стоимость основных производственных ресурсов в области альтернативной энергетики; выбирать и использовать микропроцессорные средства и программное обеспечение для преобразования, передачи и потребления электроэнергии; применять программное обеспечение для повышения энергоэффективности в электроэнергетических системах</p>	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.15	ИД-3ПК-2.15	<p>Владеет навыками: использования знаний, полученных при изучении схем преобразования энергии возобновляемых источников в механическую, электрическую и тепловую энергию с учетом возможности применения электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем; обоснования технических решений по генерации электроэнергии и разработке</p>	<p>Владеет навыками: использования знаний, полученных при изучении схем преобразования энергии возобновляемых источников в механическую, электрическую и тепловую энергию; обоснования технических решений по генерации электроэнергии и разработке электрооборудования в области альтернативной энергетики; формулирования технических заданий, выбора, разработки и использования</p>	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем в области альтернативной энергетики;</p> <p>формулирования технических заданий, выбора, разработки и использования микропроцессорных средств, электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем, а также программного обеспечения для автоматизации процессов преобразования, передачи и потребления электроэнергии;</p> <p>использования программного обеспечения для повышения энергоэффективности в электромеханических</p>	<p>микропроцессорных средств и программного обеспечения для автоматизации процессов преобразования, передачи и потребления электроэнергии;</p> <p>использования программного обеспечения для повышения энергоэффективности в электроэнергетических системах</p>	
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	<p>Знает методы решения задач инженерной сложности по выбору серийных электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем, основы междисциплинарного подхода и документирования требований при проектировании новых электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем в области электроэнергетики и электротехники.</p>	<p>Знает методы решения задач инженерной сложности по выбору серийных объектов, основы междисциплинарного подхода и документирования требований при проектировании новых объектов в области профессиональной деятельности</p>	Экзамен
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	<p>Умеет решать основные задачи инженерной сложности по выбору серийных электромеханических</p>	<p>Умеет решать основные задачи инженерной сложности по выбору серийных объектов, документировать</p>	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		(мехатронных) и робототехнических систем, документировать требования при проектировании новых электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем в области электроэнергетики и электротехники.	требования при проектировании новых объектов в области профессиональной деятельности	
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеет навыками выбора серийных электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем и проектирования отдельных частей новых электромеханических (мехатронных) и робототехнических систем в области электроэнергетики и электротехники.	Владеет навыками выбора серийных объектов и проектирования отдельных частей новых объектов в области профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	44	44	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	24	24	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	64	64	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Введение. Определения и терминология мехатроники. Принципы мехатроники. Методы построения мехатронных устройств.	2	0	4	10
<p>Тема 1. Введение</p> <p>Предпосылки развития мехатроники и робототехники области применения мехатронных и робототехнических систем. Преимущества мехатронных устройств и систем.</p> <p>Тема 2. Определения и терминология мехатроники</p> <p>Определение мехатроники, как новой области науки и техники. Триада сущности мехатронных систем. Факторы, обусловившие развитие МС. Тенденции изменения и ключевые требования мирового рынка в области мехатроники.</p> <p>Тема 3. Принципы мехатроники. Методы построения мехатронных устройств.</p> <p>Поколения мехатронных модулей.</p> <p>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.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Промышленные роботы.	6	0	8	20
<p>Тема 4. Промышленные роботы, основные понятия, классификация ПР Робототехника – новое комплексное научно-техническое направление в области автоматизации различных процессов, возникшее на стыке ряда наук, прежде всего механики и кибернетики, составная часть мехатроники. История развития робототехники Промышленный робот, определение. Функциональная схема ПР. Структурная схема ПР. Поколения роботов. Роботы с программным управлением, адаптивные роботы, интеллектуальные роботы.</p> <p>Тема 5. Принципы построения промышленных роботов, их характеристики Роботы, традиционные, перспективные области их применения. Предметная область робототехники. Роботы, определение. Структурная схема робота. 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.</p>				
Манипуляторы.	6	0	8	20
<p>Тема 6. Кинематика манипуляторов Матрицы поворота. Матрица поворота вокруг произвольной оси. Представление матриц поворота через углы Эйлера. Геометрический смысл матриц поворота. Однородные координаты и матрицы преобразований. Геометрический смысл однородной матрицы преобразования. Однородная матрица композиции преобразований. Звенья, сочленения и их параметры. Представление Денавита — Хартенберга.</p> <p>Тема 7. Прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов Прямая задача кинематики. Уравнения кинематики манипулятора. Обратная задача кинематики. Метод обратных преобразований. Геометрический подход в решении обратной задачи кинематики</p> <p>Тема 8. Расчёт характеристик манипуляторов промышленных роботов Точностной расчёт манипулятора: постановка задачи. Расчёт погрешности</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
позиционирования ПР модульного типа при отработке программных движений. Расчёт погрешности позиционирования ПР с управлением по степеням подвижности по положению. Определение допустимых погрешностей по степеням подвижности ПР с управлением по положению по заданной погрешности позиционирования объекта манипулирования.				
Приводы и системы управления электромеханических (мехатронных) и робототехнических устройств	4	0	4	14
Тема 9. Приводы мехатронных устройств, промышленных роботов и вспомогательного оборудования Типы приводов, используемых в мехатронике и робототехнике, их сравнительный анализ. Пневмоприводы промышленных роботов, область их применения. Принцип действия поршневых пневмоприводов. Элементы схем управления пневмоприводов. Типовые принципиальные пневматические схемы приводов. Силовой расчёт пневмоцилиндров. Расчёт основных параметров пневмоцилиндров. Торможение и демпфирование движений поршня в пневмоцилиндре. Использование механических и гидравлических демпферов для торможения. Принцип их действия, расчёт основных параметров. Торможение за счёт расхода рабочего тела. Схемы торможения дросселированием рабочего тела и противодавлением, расчёт основных параметров режима торможения. Тема 10. Принципы и системы управления мехатронных и робототехнических устройств. Цикловое, позиционное, контурное управление, структурные схемы систем с таким управлением. Принципы построения систем интеллектуального управления в мехатронике. Иерархия управления в системах. Системы управления исполнительного и тактического уровней.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	0	24	64
ИТОГО по дисциплине	18	0	24	64

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Современные электромеханические (мехатронные) и робототехнические системы в автоматизированном машиностроении.
2	Современные электромеханические (мехатронные) системы в различных областях деятельности человека.
3	Современные электромеханические (мехатронные) модули
4	Современные промышленные роботы, выпускаемые в России
5	Определение однородной матрицы преобразования для манипуляторов робота
6	Точностной расчёт манипулятора
7	Расчёт удерживающих усилий схвата робота
8	Расчёт пневмопривода
9	Разработка принципиальной пневматической схемы пневмопривода

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Афонин В. Л., Макушкин В. А. Интеллектуальные робототехнические системы : курс лекций учебное пособие для вузов. Москва : ИНТУИТ, 2005. 200 с.	13
2	Иванов А. А. Основы робототехники : учебное пособие. 2-е изд., испр. Москва : ИНФРА-М, 2022. 222 с. 13,94 усл. печ. л.	3
3	Механизмы перспективных робототехнических систем : монография / Алёшин А. К., Антонов А. В., Борисов В. А., Глазунов В. А. Москва : Техносфера, 2020. 295 с. 18,5 усл. печ. л.	1
4	Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. М. : Машиностроение, 2007. 255 с.	2
5	Сторожев В. В., Феоктистов Н. А. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования : монография. Москва : Дашков и К, 2015. 411 с. 26,0 печ. л.	1
6	Титенок А. В. Основы робототехники : учебное пособие. Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. 235 с.	4
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012. 605 с. 49,40 усл. печ. л.	2
2	Управление мехатронными вибрационными установками / Андриевский Б. Р., Блехман И. И., Борцов Ю. А., Гаврилов С. В. Санкт-Петербург : Наука, 2001. 277 с.	16
2.2. Периодические издания		
1	Мехатроника : механика, автоматика, электроника, информатика научно-технический и производственный журнал. Москва : Машиностроение : Механика, 1998 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		

	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб, пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 2006. - 256 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lan806	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Компьютер, проектор, маркерная (меловая) доска	1
Практическое занятие	Компьютер	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе