

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 28 » ноября 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Мехатроника
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 15.04.03 Прикладная механика
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Динамика и прочность машин, конструкций и механизмов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

- изучение принципов конструирования универсальных, специальных промышленных роботов и мехатронных систем;
- формирование умения использовать при проектировании механических систем знание современных методов анализа кинематики и динамики робототехнических и мехатронных систем как пространственных систем твердых тел с несколькими степенями свободы;
- формирование владения методами математического моделирования мехатронных и робототехнических систем с учетом оптимизации алгоритмов их управления.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

робототехника и мехатронные системы и методы математического моделирования при проектировании робототехнических систем.

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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей робототехнических систем с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды.	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды;	Собеседование
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет формулировать уравнения математической модели робототехнических систем с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы.	Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели;	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками построения математических моделей робототехнических систем с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез.	Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.	Зачет
ПК-1.6	ИД-1ПК-1.6	Знает современные методы проведения прочностных расчетов напряженно-деформированного состояния робототехнических систем.	Знает современные методы проектирования, конструирования и проведения прочностных расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций;	Собеседование
ПК-1.6	ИД-2ПК-1.6	Умеет самостоятельно осуществлять проведение прочностных расчетов робототехнических систем в области машиностроения.	Умеет самостоятельно осуществлять проектирование, конструирование и проведение прочностных расчетов различных объектов, в том числе авиационных конструкций, летательных и ракетно-космических аппаратов и систем, объектов в области машиностроения и автомобилестроения;	Контрольная работа
ПК-1.6	ИД-3ПК-1.6	Владеет навыками самостоятельного проведения прочностных расчетов робототехнических систем в области машиностроения.	Владеет навыками самостоятельного проектирования, конструирования и проведения прочностных расчетов различных объектов, в том числе авиационных конструкций, летательных и ракетно-космических аппаратов и систем, объектов в области машиностроения и автомобилестроения.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

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
4-й семестр				
Задачи кинематики и динамики манипуляторов. Анализ ускорений звеньев при движении манипулятора.	8	0	12	36
Роль математической модели и расчетной схемы при анализе робототехники. Задачи кинематики и динамики манипуляторов. Векторный метод кинематического анализа манипуляторов. Прямая задача о положениях и скоростях. Аналогии угловых скоростей. Обратная задача о скоростях. Определение обобщенных скоростей манипулятора, реализующего движение по заданной траектории с заданной ориентацией. Обратная задача о положениях. Угловые ускорения звеньев. Линейные ускорения. Ускорения высоких порядков. Метод матриц в кинематике манипуляторов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Механика и управление роботами. Динамика манипуляторов	8	0	6	36
Алгоритм оптимизации быстродействия манипулятора. Метод кинестатики, уравнения движения. Динамические модели. Конструкции и принципы проектирования промышленных роботов: напольных, порталных, навесных, мостового типа, агрегатно-модульного типа. Алгоритмы решения задач динамики с помощью уравнений Лагранжа (II рода и I рода). Определение реакций в кинематических парах. Функция принуждения.				
ИТОГО по 4-му семестру	16	0	18	72
ИТОГО по дисциплине	16	0	18	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Векторный метод кинематического анализа манипуляторов: прямая задача о положениях; обратная задача о положениях.
2	Определение обобщенных скоростей манипулятора, реализующего движение по заданной траектории с заданной ориентацией.
3	Метод матриц в кинематике манипуляторов. Расчет угловых ускорений звеньев: линейные ускорения; ускорения высоких порядков.
4	Алгоритм оптимизации быстродействия манипулятора. Изучение метода кинестатики, составление уравнений движения.
5	Анализ динамических моделей конструкций роботов с учетом упругости звеньев передаточных механизмов.
6	Решение задач динамики с помощью уравнений Лагранжа (II рода и I рода). Определение реакций в кинематических парах. Применения принципа Гаусса в динамике роботов.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления 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 закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии.

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 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	Кинематика и динамика / Е. И. Воробьев, С. А. Попов, Г. И. Шевелева. - Москва: Высш. шк., 1988. - (Механика промышленных роботов : учебное пособие для втузов : в 3 кн.; Кн. 1).	27
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Иосилевич Г. Б. Прикладная механика : учебник для втузов / Г. Б. Иосилевич, П. А. Лебедев, В. С. Стреляев. - Москва: Альянс, 2017.	11
2	Расчет и проектирование механизмов / Е. И. Воробьев, О. Д. Егоров, С. А. Попов. - Москва: Высш. шк., 1988. - (Механика промышленных роботов : учебное пособие для втузов : в 3 кн.; Кн. 2).	21
2.2. Периодические издания		

1	Автоматизация в промышленности : научно-технический и производственный журнал / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова. Университет новых информационных технологий управления; Российская академия наук; ИнфоАвтоматизация. - Москва: ИнфоАвтоматизация, 2003 - .	
2	Мехатроника, автоматизация, управление : теоретический и прикладной научно-технический журнал / Издательство Новые технологии. - Москва: Новые технологии, Мехатроника, автоматизация, управление, 1998 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
Не используется		
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Подураев Ю.В Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие / Ю.В Подураев. - М: Машиностроение, 2006.	5
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Основы конструирования / Е. И. Воробьев [и др.]. - Москва: Высш. шк., 1989. - (Механика промышленных роботов : учебное пособие для втузов : в 3 кн.; Кн. 3).	21
2	Промышленные роботы: конструирование, управление, эксплуатация : учебное пособие для втузов / В. И. Костюк [и др.]. - Киев: Вища шк., 1985.	9

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Динамика мехатронных систем	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/iprbooks85090	сеть Интернет; 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 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
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/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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	Мультимедийное оборудование: проектор, экран, персональный компьютер	1
Практическое занятие	доска аудиторная	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Мехатроника»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Динамика и прочность машин, конструкций и
механизмов

Квалификация выпускника: «Магистр»

Выпускающая кафедра: Динамика и прочность машин

Форма обучения: Очная

Курс: 2

Семестр: 4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачёт: 4 семестр

Пермь 2019

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Виды контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО		Т/КР		Зачет
Усвоенные знания						
3.1 Знает основные методы и подходы к построению математических моделей робототехнических систем с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды;	С					ТВ
3.2 Знает современные методы проектирования, конструирования робототехнических систем..		ТО1				ТВ
Освоенные умения						
У.1 Умеет формулировать уравнения математической модели робототехнических систем с использованием				КР1		ПЗ

научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы.						
У.2. Умеет самостоятельно осуществлять проведение прочностных расчетов робототехнических систем в области машиностроения .				КР2		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеет навыками построения математических моделей робототехнических систем с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.				КЗ		КЗ
В.2 Владеет навыками самостоятельного проведения прочностных расчетов робототехнических систем в области машиностроения.				КЗ		КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ - кейс-задача (индивидуальное задание); Т/КР - рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения.

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – вовремя каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл.1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Проведение лабораторных работ в РПД не запланировано.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Задачи кинематики и динамики манипуляторов. Анализ ускорений звеньев при движении манипулятора», вторая КР – по модулю 2 «Механика и управление роботами. Динамика манипуляторов».

Типовые задания первой КР:

1. Расчет обобщенной скорости при движении точки рабочего звена манипулятора с применением метода матриц.

2. Расчет обобщенного ускорения при движении точки рабочего звена манипулятора с применением метода матриц.

Типовые задания второй КР:

1. Определение законов изменения обобщенных координат при движении точки рабочего звена манипулятора по заданной траектории с использованием уравнения Лагранжа.

2. Построение математической модели промышленного робота, с заданными характеристиками.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3 Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результат обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация производится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний

1. Основы теории проектирования и управления роботами.
2. Методы исследования кинематики робототехнических систем.
3. Методы исследования динамики робототехнических систем.
4. Задачи проектирования промышленной робототехники.
5. Особенности построения математической модели робототехники.
6. Характеристики конструкции манипулятора.

Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений.

1. Составить алгоритм решения прямой задачи о положениях манипулятора заданной конструкции, применяя векторный метод кинематического анализа.

2. Получить расширенную матрицу обобщенных координат манипулятора A_i , связывающую системы звеньев $(i-1)$ -ую и i -тую, если известны B -матрицы.

3. Получите характеристику, описывающую рывок манипулятора, если задана функция, определяющая скорость его движения.

4. Особенности конструкций рабочего органа манипулятора.

5. Построить динамическую модель манипулятора заданной конструкции.

6. Вычислить ускорение второго порядка (рывок) схвата манипулятора с тремя степенями свободы, если в проекциях, на подвижные оси, связанные со звеном, ускорение схвата имеет вид: $\bar{a} = \ddot{s}_3 \bar{l}_2 + (s_3 \ddot{\phi}_1 + 2\dot{\phi}_1 \dot{s}_3) \bar{j}_2 + \ddot{s}_2 \bar{k}_2$

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений.

1. Описать конструкции и принципы проектирования промышленных роботов разных типов: напольных, порталных, навесных, мостового типа, агрегатно-модульного типа.

2. Оценить точность действия робототехнических систем: диагностика условий, управление, требования.

3. Определите положение схвата манипулятора и его ориентацию, если известна матрица T_n .

4. Провести анализ систем приводов робототехнических устройств: классификация, особенности применения, технические требования.

5. Определите обобщенные координаты звеньев манипулятора заданной конструкции, если известна матрица T_n .

6. Получить систему уравнений динамики манипулятора.

7. Исследовать геометрические конфигурации промышленных роботов: рабочая зона (в декартовой, цилиндрической, сферической, полярной системах координат).

2.4.2.2. Шкала оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что полученная *оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде

интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.