

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

« 20 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Специальные разделы теории автоматического управления 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: 15.04.06 Мехатроника и робототехника
(код и наименование направления)

Направленность: Автономные сервисные роботы
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - изучение основных научных подходов к построению робототехнических систем и управлению ими. Задачи:

- изучение вопросов анализа и проектирования современных адаптивных систем управления,
- анализ базовых структур бесперебойных адаптивных систем управления линейными и нелинейными объектами,
- исследование вопросов устойчивости.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

адаптивные системы управления линейными и нелинейными объектами, устойчивость систем автоматического управления.

1.3. Входные требования

теория автоматического управления, дискретная математика, электроника и схемотехника, метрология

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
ОПК-2	ИД-1опк-2	Знает принципы применения пакета прикладных программ MATLAB в САУ	Знает принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств	Отчёт по практическому занятию
ОПК-2	ИД-2опк-2	Умеет выполнять эксперименты и обрабатывать результаты исследований устойчивости адаптивных систем автоматического управления	Умет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности	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
ОПК-2	ИД-3опк-2	Владеет навыками обработки результатов экспериментов при исследовании адаптивных систем управления с использованием компьютерного моделирования в среде Matlab/Simulink.	Владеет навыками освоения современных и перспективных направлений развития машиностроения; передовым отечественным и зарубежным опытом при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации мехатронных и робототехнических систем и/или их составляющих	Защита лабораторной работы
ОПК-4	ИД-1опк-4	Знает порядок разработки методики исследования устойчивости нелинейных динамических систем, базирующихся на методе функций Ляпунова.	Знает порядок разработки методики выполнения исследований на действующих объектах мехатроники и робототехники.	Экзамен
ОПК-4	ИД-2опк-4	Умеет выполнять эксперименты и обрабатывать результаты исследований.	Умеет выполнять эксперименты и обрабатывать результаты исследований	Отчёт по практическому занятию
ОПК-4	ИД-3опк-4	Владеет навыками обработки результатов экспериментов при исследовании адаптивных систем управления с использованием компьютерного моделирования в среде Matlab/Simulink.	Владеет навыками обработки результатов экспериментов на основе современных информационных технологий и технических средств.	Защита лабораторной работы
ПКО-1	ИД-1пко-1	Знает методы построения беспоисковых адаптивных систем управления с алгоритмами параметрической и сигнальной настройки	Знает методы решения задач автоматического управления и автоматизированного проектирования в робототехнических системах.	Экзамен
ПКО-1	ИД-2пко-1	Умеет применять методы проектирования и расчета адаптивных систем управления.	Умеет формулировать задачи автоматизации проектирования программно-аппаратных средств робототехнических систем и комплексов.	Отчёт по практическому занятию
ПКО-1	ИД-3пко-1	Владеет навыками	Владеет навыками	Защита

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		обработки результатов экспериментов при исследовании адаптивных систем управления с использованием компьютерного моделирования в среде Matlab/Simulink.	разработки алгоритмов решения задач автоматического управления и автоматизации проектирования в робототехнических системах.	лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	9	9	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
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
1-й семестр				
Методы управления роботами	8	4	3	20
Тема 1. Введение. Динамические системы Тема 2. Кинематика и динамика роботов-манипуляторов Тема 3. Линейное управление манипуляторами Тема 4. Адаптивное управление жесткими роботами				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Построение и исследование адаптивных систем управления	10	12	6	43
Тема 5. Основы математических методов исследования устойчивости нелинейных динамических систем Тема 6. Основные подходы к построению беспоисковых (аналитических) адаптивных систем управления нелинейными динамическими объектами Тема 7. Базовые структуры беспоисковых прямых адаптивных систем для управления линейными объектами Тема 8. Прямые и непрямые беспоисковые адаптивные системы с алгоритмами параметрической и сигнальной настройки и мажорирующими функциями Тема 9. Математические модели многостепенных упругих механических объектов				
ИТОГО по 1-му семестру	18	16	9	63
ИТОГО по дисциплине	18	16	9	63

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построение наблюдателя состояния для динамической системы
2	Пример исследования систем первого и второго порядков методом функций Ляпунова
3	Исследование адаптивной системы управления линейным объектом с параметрической настройкой.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Построение наблюдателя состояния для динамической системы
2	Пример исследования систем первого и второго порядков методом функций Ляпунова
3	Исследование адаптивной системы управления линейным объектом с параметрической настройкой.

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	Распределенные и адаптивные системы управления : сборник научных трудов / Академия наук Украинской ССР ; Институт кибернетики им. В. М. Глушкова ; Научный совет по комплексной проблеме Кибернетика. - Киев, 1989.	1
2	Хижняков Ю. Н. Современные проблемы теории управления : учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	15

3	Чаки Ф. Современная теория управления. Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы : пер. с англ. / Ф. Чаки. - Москва: Мир, 1975.	2
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. - Москва: , Физматлит, 2018. - (Теория автоматического управления : учебник для вузов : в 2 т.; Т. 2).	11
2	Рубан, А. И. Адаптивные системы управления с идентификацией? : монография / А. И. Рубан. - Красноярск: Сибирский? федеральный? университет, 2015.	5
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
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)
Дополнительная литература	Кузьмина Т.О. Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике. Конспект лекций	http://lk.at.pstu.ru	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
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
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/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Персональный компьютер с выходом в Интернет	10
Лекция	Персональный компьютер с выходом в Интернет	1
Практическое занятие	Персональный компьютер с выходом в Интернет	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Специальные разделы теории автоматического управления в робототехнике»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Автономные сервисные роботы

Квалификация выпускника: Магистр

Выпускающая кафедра: Автоматика и телемеханика

Форма обучения: Очная

Курс: 1

Семестр: 1

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 1 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 (3-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные 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, сдаче отчетов по лабораторным работам, практическим занятиям и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР/ ОПЗ	Т/КР	Защита КР	Экзамен
Усвоенные знания						
3.1 знать порядок разработки методики исследования устойчивости нелинейных динамических систем, базирующихся на методе функций Ляпунова.		ТО1				ТВ
3.2 знать структуру, назначение и содержание теоретических подходов к синтезу базовых структур беспорисковых прямых и непрямым адаптивных систем управления.		ТО2				
3.3 знать методы построения беспорисковых адаптивных систем управления с алгоритмами параметрической и сигнальной настройки		ТО3				
Освоенные умения						
У.1 уметь выполнять эксперименты и обрабатывать результаты исследований устойчивости адаптивных систем автоматического управления			ОП31			ПЗ
У.2 уметь использовать современные среды проектирования моделирования для расчета реализуемых структур беспорисковых прямых и непрямым адаптивных систем с параметрическими и			ОП33			

сигнальными алгоритмами настройки.						
У.3 уметь применять методы проектирования и расчета адаптивных систем управления.			ОПЗ3			
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками обработки результатов экспериментов при исследовании адаптивных систем управления с использованием компьютерного моделирования в среде Matlab/Simulink.			ОЛР1			ПЗ
В.2 владеть навыками опытом применения среды моделирования Matlab/Simulink для исследования прямых и непрямых беспоисковых адаптивных систем			ОЛР2			
В.3 владеть навыками применения методик построения к расчета адаптивных систем управления в среде Matlab/Simulink			ОЛР3			

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР/ОПЗ – отчет по лабораторной работе/практическому занятию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа, курсовая работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, 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 – во время 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-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, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям (после изучения каждого модуля учебной дисциплины) и курсовой работы (после изучения всех модулей учебной дисциплины).

Всего запланировано 3 практических занятия. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Всего запланировано 3 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита отчета по практическому занятию проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Защита отчета по лабораторной работе проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровнем сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Введение. Динамические системы.
2. Кинематика и динамика роботов-манипуляторов.
3. Линейное управление манипуляторами.
4. Адаптивное управление жесткими роботами.
5. Основы математических методов исследования устойчивости нелинейных динамических систем.
6. Основные подходы к построению беспереходных (аналитических) адаптивных систем управления нелинейными динамическими объектами.

7. Базовые структуры беспоисковых прямых адаптивных систем для управления линейными объектами.

8. Прямые и непрямые беспоисковые адаптивные системы с алгоритмами параметрической и сигнальной настройки и мажорирующими функциями.

9. Математические модели многостепенных упругих механических объектов

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Построение наблюдателя состояния для динамической системы.

2. Пример исследования систем первого и второго порядков методом функций Ляпунова.

3. Исследование адаптивной системы управления линейным объектом с параметрической настройкой.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня 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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.