

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

«26»

11

2025 г.

Е.Ю. Нагорная



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Адаптивные системы управления

Уровень образовательной программы _____ бакалавриат _____

Направление подготовки _____ 15.03.06 Мехатроника и робототехника _____

Направленность (профиль) Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы

Форма обучения _____ очная _____

Срок освоения ОП _____ 4 года _____

Институт _____ Инженерный _____

Кафедра разработчик РПД _____ Мехатронные и робототехнические системы _____

Выпускающая кафедра _____ Мехатронные и робототехнические системы _____

Начальник
учебно-методического управления

Семенова Л.У.

Директор института

Павленко Е.Н.

Заведующий выпускающей кафедрой

Малсугенов Р.С.

Черкесск, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	3
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ РАБОТЫ.....	5
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля	6
4.2.3. Практические занятия	8
4.2.4. Лабораторный практикум	8
4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ.....	10
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	12
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям ...	12
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям	12
5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям ..	13
5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	13
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	14
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	15
7.1. Перечень основной и дополнительной литературы	15
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	15
7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение	16
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий	17
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся.....	17
8.3. Требования к специализированному оборудованию	17
9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	18
Приложение 1. Фонд оценочных средств	
Приложение 2. Аннотация рабочей программы	

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Адаптивные системы управления»

- формирование компетенций в области проектирования, программирования и оптимизации систем навигации и управления движением робототехнических комплексов;
- освоение основных технологических средств для осуществления ориентации роботов в пространстве.

При этом *задачами* дисциплины являются:

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- получение комплексного представления о методах навигации роботов: от классических (SLAM, визуальная одометрия) до современных (ИИ-ориентированные подходы);
- формирование навыков работы с программными комплексами (ROS, Gazebo, MATLAB) для моделирования и реализации навигационных систем;
- формирование требований к аппаратной части (лидары, IMU, камеры) и программному обеспечению (алгоритмы PID, MPC, RRT*) для промышленных робототехнических комплексов;
- изучение современных тенденций в области навигации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Адаптивные системы управления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Управление техническими системами Системы управления приводами Программное обеспечение мехатронных устройств и роботов Датчики и основы измерений Компьютерное управление мехатронными и робототехническими системами Основы радиотехники и связи	Преддипломная практика

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

№ п/п	Номер/ индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1.	ПК-2	Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления	ПК 2.1. Выполняет анализ технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе. ПК 2.2. Определяет состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке ПК 2.3. Выполняет подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ РАБОТЫ

Вид работы		Всего часов	Семестры
			№8
1		2	3
Аудиторная контактная работа (всего)		60	60
В том числе:			
Лекции (Л)		20	20
Практические занятия (ПЗ)		-	-
Лабораторные работы (ЛР)		40	40
Контактная внеаудиторная работа		1,7	1,7
В том числе: индивидуальные и групповые консультации		1,7	1,7
Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)		46	46
Подготовка к практическим занятиям (ПЗ)		-	-
Подготовка к лабораторным занятиям		20	20
Работа с книжными и электронными источниками		16	16
Подготовка к промежуточному контролю (ППК)		10	10
Промежуточная аттестация (включая СРО)	Зачет (З)	(3)	(3)
	Прием зач., час	0,3	0,3
ИТОГО: Общая		108	108
трудоемкость		3	3

4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды деятельности и формы контроля

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущей и промежуточной аттестации
			Л	ПЗ	ЛР	СРО	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	8	Раздел 1. Введение и базовые концепции адаптивного управления	4	-	12	10	16	Текущий тестовый контроль
2.	8	Раздел 2. Идентификация и адаптивные наблюдатели	4	-	12	20	28	
3.	8	Раздел 3. Системы с эталонной моделью (МРАС)	4	-	10	10	20	
4.	8	Раздел 4. Робастное и адаптивное управление с поиском	4	-	6	20	30	
5.	8	Раздел 5. Применение адаптивных систем в мехатронике и робототехнике	4	-	-	10	12	
6.	8	Контактная внеаудиторная работа					1,7	Индивидуальные и групповые консультации
7.	8	Промежуточная аттестация					0,3	Зачет
ИТОГО:			20	-	40	46	108	

4.2.2. Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 8				
1.	Введение и базовые концепции адаптивного управления	Проблематика управления объектами с неопределенностью.	Определение неопределенностей в объектах управления (параметрические, структурные, внешние возмущения). Ограничения классических методов. Цель адаптивного управления – поддержание качества при изменяющихся условиях. Краткая классификация: прямые/непрямые, с эталонной моделью (MRAC), с самонастройкой (STC), робастные.	2
		Основные принципы адаптации: прямой и непрямой методы, с эталонной моделью, с настраиваемым регулятором.	Детальный разбор архитектур. Непрямой метод: идентификация параметров онлайн + пересчет регулятора. Прямой метод: прямая настройка параметров регулятора. Принцип эталонной модели (желаемое поведение). Понятие строгой вещественной положительности (СВП) и ее роль.	2
2.	Идентификация и адаптивные наблюдатели	Рекуррентные методы идентификации параметров (метод наименьших квадратов, МНК). Условия устойчивости.	Постановка задачи параметрической идентификации. Вывод рекуррентного метода наименьших квадратов (РМК). Анализ условий сходимости оценок (сохраняющее возбуждение). Практические аспекты: выбор коэффициента забывания, фильтрация данных.	2
		Адаптивные наблюдатели состояния и наблюдатели Люенбергера для неопределенных объектов.	Наблюдатель Люенбергера для объекта с неизвестными параметрами. Синтез адаптивного наблюдателя, обеспечивающего оценку как состояния, так и параметров. Условия устойчивости и сходимости.	2
3.	Системы с эталонной моделью (MRAC)	Синтез адаптивного регулятора для линейных объектов с полным доступом к состоянию (случай скалярного управления).	Синтез для полностью измеряемого состояния. Выбор закона управления и закона адаптации на основе функции Ляпунова. Получение дифференциальных уравнений для ошибки и настраиваемых параметров. Геометрическая интерпретация.	2
		Алгоритмы адаптации по выходу. Условия устойчивости и предельной невязки. Теорема о	Случай, когда доступен только выход. Использование параллельной эталонной модели и фильтров. Теорема о пассивации (Kalman–Yakubovich–Popov). Вывод алгоритма адаптации по выходу. Обсуждение свойств: устойчивость "в целом", асимптотическое отслеживание.	2

		пассификации.		
4.	Робастное и адаптивное управление с поиском	Понятие робастности. Скользящие режимы как основа робастного управления. Синтез управления в скользящем режиме.	Понятие робастности и ее отличие от адаптивности. Принцип скользящего режима: притяжение к поверхности, движение по ней. Синтез разрывного управления, обеспечивающего инвариантность к неопределенностям. Проблема "дребезга" и способы его смягчения.	2
		Адаптивное управление с поиском (экстремальные системы, системы с автоматом настройки параметров).	Принцип работы экстремальных систем (поиск максимума/минимума статической характеристики). Методы градиентного типа и с пробными сигналами. Схемы с логическим автоматом настройки параметров (шаговая адаптация).	2
5.	Применение адаптивных систем в мехатронике и робототехнике	Особенности адаптивного управления роботами-манипуляторами (компенсация изменяющейся нагрузки, сил трения).	Модель динамики манипулятора и ее свойства (линейность по параметрам). Задача адаптивного управления силой/положением с компенсацией переменного момента нагрузки. Управление приводами с учетом нелинейного трения.	2
		Адаптивное управление в системах с электроприводом и в беспилотных мобильных роботах. Обзор современных тенденций.	Примеры: адаптивная настройка ПИД-регулятора для сервопривода, управление углом тангажа БПЛА при изменении массы, стабилизация мобильного робота на плоскости. Обзор современных подходов: нейро-нечеткая адаптация, адаптивное управление в протоколах Industry 4.0.	2
ИТОГО часов в семестре:				20

4.2.3. Практические занятия

Не предусмотрены

4.2.4. Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 8				
1. ___	Введение и базовые концепции адаптивного управления	Анализ объектов с неопределенностью.	Моделирование объекта 2-го порядка с переменным коэффициентом усиления или постоянной времени. Настройка ПИД-регулятора для номинального режима. Исследование деградации переходного процесса (перерегулирование, время установления) при изменении параметров объекта. Визуализация проблемы.	4
		Исследование	Расчет и анализ функций	4

		чувствительности классических систем управления.	чувствительности. Знакомство с интерфейсом Adaptive Control Toolbox: обзор блоков для идентификации и адаптации. Создание простой схемы с изменяемыми параметрами для подготовки к последующим работам.	
2.	Идентификация и адаптивные наблюдатели	Рекуррентная идентификация параметров объекта (РМНК) в реальном времени.	Реализация алгоритма РМНК в виде S-функции или с использованием готовых блоков. Идентификация параметров электромеханической системы по данным "вход-выход", сгенерированным в реальном времени моделирования. Анализ сходимости оценок при разных уровнях шума и возбуждения сигнала.	4
		Синтез и моделирование адаптивного наблюдателя состояния для объекта с неизвестными параметрами.	Для объекта с неизвестными параметрами А и В синтезируется адаптивный наблюдатель. Проводится моделирование: сравниваются оценки состояния с истинными (из модели), оценивается сходимость параметров. Исследуется влияние начальных условий.	4
3.	Системы с эталонной моделью (МРАС)	Синтез и моделирование прямого адаптивного регулятора с эталонной моделью (случай полного измерения состояния).	Для объекта с измеряемым состоянием задается эталонная модель с желаемой динамикой. По методике из лекции реализуются законы управления и адаптации. Исследуется переходный процесс настройки, отслеживание эталонной модели при скачкообразном изменении параметров объекта и задающего воздействия.	4
		Синтез и моделирование непрямого адаптивного регулятора с эталонной моделью (адаптация по выходу).	Для объекта с доступным только выходом синтезируется МРАС-система с фильтрами. Реализация в Simulink. Сравнение с прямым методом. Анализ влияния эталонной модели и коэффициентов адаптации на качество и устойчивость.	4
4.	Робастное и адаптивное управление с поиском	Синтез и исследование системы управления со скользящим режимом (Sliding Mode Control) для робастного стабилизации объекта.	Синтез управления скользящим режимом для нелинейного объекта (например, маятник). Реализация разрывного и непрерывного (с сигмоидальной аппроксимацией) закона. Исследование робастности к приложенному возмущению. Визуализация фазовой траектории и поверхности скольжения.	4
		Моделирование системы экстремального регулирования (поиск оптимальной точки работы технологического	Моделирование градиентной экстремальной системы для объекта с квадратичной статической характеристикой. Исследование процесса поиска и удержания экстремума при его медленном дрейфе. Анализ	4

		объекта).	влияния амплитуды пробного сигнала и шага адаптации.	
5.	Применение адаптивных систем в мехатронике и робототехнике	Адаптивное управление звеном манипулятора (или сервоприводом) с изменяющейся нагрузкой на валу.	Моделирование звена манипулятора (инверсный маятник на тележке) или сервопривода с переменным моментом инерции. Разработка и сравнение: 1) ПИД-регулятора, 2) адаптивного MRAC-регулятора. Оценка способности адаптивной системы компенсировать изменение нагрузки.	4
		Комплексный проект: Разработка адаптивной системы стабилизации или слежения для мобильной платформы (квадрокоптер, балансирующий робот) в симуляционной среде.	Комплексный проект на выбор: адаптивная стабилизация квадрокоптера по одному каналу (крен/тангаж) при изменении массы; адаптивное управление балансирующим роботом (Segway-like); адаптивное слежение мобильным роботом за траекторией. Этапы: постановка задачи, линеаризация/получение модели в форме, пригодной для адаптации, синтез алгоритма, моделирование в Simulink/ROS Gazebo, анализ результатов.	44
ИТОГО часов в семестре:				40

4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов
1	2	3	4	5
Семестр 8				
1.	Раздел 1. Введение, кинематика, сенсоры.	1.1.	Подготовка к лабораторным занятиям	4
		1.2.	Работа с книжными и электронными источниками	4
		1.3.	Подготовка к промежуточному контролю (ППК)	2
2.	Раздел 2. Локализация и SLAM, Фильтр Калмана и его модификации	2.1.	Подготовка к практическим занятиям (ПЗ)	-
		2.2.	Подготовка к лабораторным занятиям	4
		2.3.	Работа с книжными и электронными источниками	3
		2.4.	Подготовка к промежуточному контролю (ППК)	2
3.	Раздел 3. Визуальная одометрия	3.1.	Подготовка к практическим занятиям (ПЗ)	-
		3.2.	Подготовка к лабораторным занятиям	4

		3.3.	Работа с книжными и электронными источниками	3
		3.4.	Подготовка к промежуточному контролю (ППК)	2
4.	Раздел 4. ИИ в навигации	4.1.	Подготовка к практическим занятиям (ПЗ)	-
		4.2.	Подготовка к лабораторным занятиям	4
		4.3.	Работа с книжными и электронными источниками	3
		4.4.	Подготовка к промежуточному контролю (ППК)	2
5.	Раздел 5. Промышленное применение навигации	5.1.	Подготовка к лабораторным занятиям	4
		5.2.	Работа с книжными и электронными источниками	3
		5.3.	Подготовка к промежуточному контролю (ППК)	2
ИТОГО часов в семестре:				46

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.

В ходе лекций обучающимся даются рекомендации:

- по ведению конспектирования учебного материала;
- уделяется внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;

- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой. В случаях пропуска занятия обучающемуся необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме во время индивидуальных консультаций.

5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки обучающихся. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение обучающимися лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование; цель работы; предмет и содержание работы; оборудование, технические средства, инструмент; порядок (последовательность) выполнения работы; правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости); общие правила оформления работы; контрольные вопросы и задания; список литературы (по необходимости).

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у обучающихся формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос обучающихся для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и

усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия

5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям

Практические занятия – это активная форма учебного процесса. При подготовке к практическим занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Темы теоретического содержания выносятся на практические занятия, предполагают дискуссионный характер обсуждения. Большая часть тем дисциплины носит практический характер, т.е. предполагает выполнение заданий и решение задач, анализ практических ситуаций. Список литературы приведены ниже

5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и владений, которые должны быть усвоены и освоены будущими бакалаврами по данной дисциплине.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семестра	Виды работы	Образовательные технологии	Всего часов
1	2	3	4	5
1.	8	Системы с эталонной моделью (MRAC)	<i>Изучение видео- и аудиоматериалами</i>	2
2.		Робастное и адаптивное управление с поиском	<i>Изучение видео- и аудиоматериалами</i>	2
3.		Применение в мехатронике и робототехнике	<i>Изучение видео- и аудиоматериалами</i>	2

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Список основной литературы	
1.	Воронин А.В. Адаптивные системы управления : учебное пособие / Воронин А.В.. — Томск : Томский политехнический университет, 2022. — 138 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/134318.html
2.	Устройства программного управления в автоматизированном производстве : учебное пособие / А. А. Гончаров, Н. В. Сурба, Е. Н. Велюжинец, Ю. Н. Петренко. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 272 с. — ISBN 978-985-503-660-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84923.html (дата обращения: 09.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3.	Гайдук, А. Р. Адаптивные системы управления : учебное пособие / А. Р. Гайдук, Е. А. Плаксиенко. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 120 с. — ISBN 978-5-9275-2882-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/87697.html
5	
Список дополнительной литературы	
1	Электромеханические и программные системы рулевого управления электрической беспилотной сельскохозяйственной платформы : монография / Е. О. Гаранин, И. В. Гурин, Г. М. Израелян [и др.]. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2023. — 106 с. — ISBN 978-5-7890-2180-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/144966.html (дата обращения: 09.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/144966
2	Программно-аппаратный комплекс визуально-измерительного контроля стальных канатов на основе компьютерного зрения и искусственного интеллекта : монография / А. В. Панфилов, Б. Ч. Месхи, А. А. Короткий [и др.]. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2023. — 131 с. — ISBN 978-5-7890-2115-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/144944.html (дата обращения: 09.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/144944
3.	Гужов, В. И. Методы измерения 3D-профиля объектов. Фазовые методы : учебное пособие / В. И. Гужов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 83 с. — ISBN 978-5-7782-2727-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/91701.html (дата обращения: 09.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://window.edu.ru>- Единое окно доступа к образовательным ресурсам;
2. <http://fcior.edu.ru> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;

3. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
MS Office 2003, 2007, 2010, 2013	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный договор № 621 Срок действия: с 25.09.2025 до 24.09.2026
Консультант Плюс	Договор № 7 от 15.01.2026 г.
Цифровой образовательный ресурс IPR SMART	Лицензионный договор № 12873/25П от 02.07.2025 г. Срок действия: с 01.07.2025 г. до 30.06.2026 г.
Бесплатное ПО	
Sumatra PDF, 7-Zip	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (ауд.320)

Набор демонстрационного оборудования: интерактивная система Smart Board 480, ноутбук - 1 шт., компьютер в сборе - 1 шт., МФУ – 1 шт., плоттер - 1 шт.

Специализированная мебель: доска ученическая – 1 шт., стол офисный – 2 шт., стол – 1 шт., стол компьютерный - 2 шт., стол ученический - 14 шт., стул мягкий – 4 шт., стул ученический- 28 шт., стол металлический – 3 шт., стол лабораторный – 1 шт., шкаф – 1 шт., кафедра – 1 шт., стеллажи – 3 шт., шкаф вытяжной

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд.320)

Набор демонстрационного оборудования: интерактивная система Smart Board 480, ноутбук - 1 шт., компьютер в сборе – 1 шт., МФУ – 1 шт., плоттер - 1 шт.

Специализированная мебель: доска ученическая – 1 шт., стол офисный – 2 шт., стол – 1 шт., стол компьютерный - 2 шт., стол ученический - 14 шт., стул мягкий – 4 шт., стул ученический- 28 шт., стол металлический – 3 шт., стол лабораторный – 1 шт., шкаф – 1 шт., кафедра – 1 шт., стеллажи – 3 шт., шкаф вытяжной

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд.312)

Специализированная мебель: столы компьютерные – 13 шт., стулья ученические – 25 шт., столы ученические – 6 шт., стол двухтумбовый – 1 шт., стол одностумбовый – 1 шт.

Персональные компьютеры с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно - образовательную среду Организации - 13 шт..

8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.

2. Рабочее место обучающегося, оснащенное компьютером с доступом к сети «Интернет», для работы в электронных образовательных средах, а также для работы с электронными учебниками.

8.3. Требования к специализированному оборудованию

Выделенные стоянки автотранспортных средств для инвалидов; достаточная ширина дверных проемов в стенах, лестничных маршей, площадок

9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Адаптивные системы управления

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Адаптивные системы управления

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
ПК-2	Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления

2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)
	ПК-2
Раздел 1. Введение, кинематика, сенсоры.	+
Раздел 2. Локализация и SLAM, Фильтр Калмана и его модификации	+
Раздел 3. Визуальная одометрия	+
Раздел 4. ИИ в навигации	+
Раздел 5. Промышленное применение навигации	+

3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

Планируемые результаты обучения (показатели)	Критерии оценивания результатов обучения				Средства оценивания результатов обучения	
достижения заданного уровня освоения компетенций)	неудовлетв	удовлетв	хорошо	отлично	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ПК 2.1. Выполняет анализ технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе.	Допускает существенные ошибки при выполнении анализа технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе.	Демонстрирует частичные знания: при выполнении анализа технической документации и функциональных требований мехатронной или робототехнической системе.	Демонстрирует знания при выполнении анализа технической документации и функциональных требований мехатронной или робототехнической системе.	Полное владение знаний при выполнении анализа технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе.	Текущий тестовый контроль	Зачет
ПК 2.2. Определяет состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке	Не умеет и не готов определять состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке систем	Демонстрирует частично умение: определять состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке систем	Демонстрирует умение: определять состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке систем	Готов и умеет: определять состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке систем	Текущий тестовый контроль	Зачет
ПК 2.3. Выполняет подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы	Не умеет и не готов выполнять подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы	Демонстрирует частичное умение: выполнения подключения контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы	Демонстрирует умение: выполнения подключения контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы	Готов и умеет: выполнять подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы	Текущий тестовый контроль	Зачет

4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра «Мехатронные и робототехнические системы»

Кафедра МиРС

Перечень вопросов к зачету

по дисциплине Адаптивные системы управления

Раздел 1. Введение и базовые концепции адаптивного управления

1. Дайте определение адаптивной системе управления и сформулируйте ее основную цель
2. Перечислите и охарактеризуйте основные типы неопределенностей в объектах управления
3. Объясните принципиальные различия между прямыми и непрямими методами адаптивного управления
4. Назовите ключевые компоненты структуры системы с эталонной моделью
5. Объясните понятие строгой вещественной положительности и ее роль в синтезе адаптивных систем

Раздел 2. Идентификация и адаптивные наблюдатели

6. Сформулируйте постановку задачи параметрической идентификации в реальном времени
7. Опишите алгоритм рекуррентного метода наименьших квадратов и его модификацию с забыванием
8. Объясните условия сохраняющего возбуждения и их значение для сходимости оценок параметров
9. Изложите принцип построения адаптивного наблюдателя Люенбергера для объектов с неопределенными параметрами
10. Проанализируйте основные проблемы, возникающие при практической реализации алгоритмов идентификации

Раздел 3. Системы с эталонной моделью (MRAC)

11. Приведите общую структуру и опишите принцип работы прямого адаптивного регулятора с эталонной моделью
12. Изложите основные этапы синтеза адаптивного закона управления методом функций Ляпунова
13. Объясните особенности синтеза систем MRAC по выходу по сравнению со случаем полного измерения состояния
14. Сформулируйте условия устойчивости и предельной невязки для адаптивных систем с эталонной моделью
15. Опишите содержание теоремы о пассивации и ее применение при синтезе адаптивных систем

Раздел 4. Робастное и адаптивное управление с поиском

16. Дайте определение робастности системы управления и сравните этот подход с

адаптивным

17. Опишите принцип построения систем управления со скользящим режимом
18. Объясните механизм возникновения и методы снижения явления "дребезга" в скользящих режимах
19. Изложите принцип действия экстремальных адаптивных систем градиентного типа
20. Опишите структуру и логику работы адаптивных систем с шаговым автоматом настройки

Раздел 5. Применение адаптивных систем в мехатронике и робототехнике

21. Проанализируйте основные источники неопределенностей в динамике роботоманипуляторов
22. Объясните свойство линейной параметризации модели динамики манипулятора и его значение для адаптивного управления
23. Приведите примеры практических задач в мехатронике, где целесообразно применение адаптивных систем с эталонной моделью
24. Опишите возможности применения адаптивных наблюдателей для диагностики технического состояния приводных систем
25. Назовите специфические требования к адаптивным алгоритмам при их реализации в системах управления мобильных роботов

Общие и сравнительные вопросы

26. Проведите сравнительный анализ адаптивного и робастного подходов к управлению при наличии неопределенностей
27. Оцените преимущества и недостатки адаптивных систем по сравнению с традиционными системами с фиксированной структурой
28. Сформулируйте основные практические ограничения и проблемы при внедрении адаптивных алгоритмов в промышленных системах
29. Объясните взаимосвязь между сложностью математической модели объекта и выбором стратегии адаптивного управления
30. Проанализируйте перспективные направления развития адаптивных систем в контексте технологий Индустрии 4.0 и робототехники

Комплект тестовых заданий

по дисциплине «Адаптивные системы управления»

1. Основной целью адаптивной системы управления является
 - а) Минимизация энергопотребления объекта
 - б) Обеспечение асимптотической устойчивости при известных параметрах
 - в) Сохранение требуемых показателей качества при изменениях параметров объекта и внешних воздействиях
 - г) Максимальное быстроедействие системы
2. К параметрическим неопределенностям объекта управления относят
 - а) Неизвестные, но постоянные коэффициенты передаточной функции
 - б) Неизмеряемые внешние возмущения
 - в) Нелинейности, не учитываемые при линеаризации
 - г) Изменение порядка математической модели
3. Непрямой метод адаптивного управления характеризуется
 - а) Прямой настройкой параметров регулятора по ошибке слежения
 - б) Наличием эталонной модели желаемого поведения
 - в) Этапом онлайн-идентификации параметров объекта и последующим расчетом регулятора
 - г) Использованием только измеряемого выхода системы
4. Ключевым блоком в структуре прямого адаптивного управления с эталонной моделью (MRAC) является
 - а) Фильтр Калмана
 - б) Алгоритм рекуррентной идентификации
 - в) Настраиваемый регулятор и алгоритм адаптации его параметров
 - г) ПИД-регулятор с автоподстройкой
5. Рекуррентный метод наименьших квадратов (РМНК) с коэффициентом забывания применяется для
 - а) Синтеза закона управления со скользящим режимом
 - б) Оценки неизвестных параметров объекта в реальном времени
 - в) Построения эталонной модели
 - г) Анализа абсолютной устойчивости
6. Условие сохраняющего возбуждения необходимо для обеспечения
 - а) Сходимости оценок параметров в алгоритме идентификации
 - б) Асимптотической устойчивости по Ляпунову
 - в) Нулевой статической ошибки
 - г) Робастности к высокочастотным помехам
7. Теорема о пассивации (Лемма Калмана-Якубовича-Попова) является основой для синтеза адаптивных систем
 - а) С полным измерением вектора состояния
 - б) Работающих в скользящем режиме
 - в) С экстремальным регулированием
 - г) По выходу
8. Основным принципом, обеспечивающим робастность систем со скользящим режимом, является
 - а) Адаптация параметров регулятора к изменениям объекта
 - б) Построение эталонной траектории
 - в) Притяжение и удорождение изображающей точки на заданной поверхности скольжения
 - г) Минимизация квадратичного функционала качества

9. Эффект "дребезга" в системах со скользящим режимом вызван
 - а) Медленной сходимостью алгоритма адаптации
 - б) Идеальным переключением управления с бесконечной частотой
 - в) Наличием неучтенных нелинейностей
 - г) Отсутствием сохраняющего возбуждения
10. К адаптивным системам с поиском относятся
 - а) Системы с эталонной моделью (MRAC)
 - б) Экстремальные системы, настраивающие управление для достижения максимума критерия
 - в) Системы с рекуррентными идентификаторами
 - г) Линейные системы с ПИД-регуляцией
11. Свойство линейной параметризации модели динамики манипулятора означает, что
 - а) Уравнения движения являются линейными
 - б) Силы трения можно представить в линейной форме
 - в) Уравнения можно представить как линейную комбинацию известных функций состояния и неизвестных постоянных параметров
 - г) Управление может быть синтезировано методом модального управления
12. Для анализа устойчивости адаптивных систем в основном применяют
 - а) Критерий Найквиста
 - б) Метод гармонического баланса
 - в) Прямой метод Ляпунова
 - г) Критерий Гурвица
13. Понятие "робастная устойчивость" подразумевает
 - а) Устойчивость при известных и неизменных параметрах
 - б) Устойчивость только в номинальной рабочей точке
 - в) Сохранение устойчивости при допустимых вариациях параметров объекта
 - г) Асимптотическое отслеживание эталонной модели
14. При выборе эталонной модели в схеме MRAC необходимо обеспечить, чтобы ее порядок был
 - а) Равен порядку объекта
 - б) Меньше порядка объекта
 - в) Равен относительному порядку объекта
 - г) На два порядка выше порядка объекта
15. Основным недостатком идеальных скользящих режимов на практике является
 - а) Низкое быстродействие
 - б) Чувствительность к возмущениям
 - в) Невозможность физической реализации из-за требований к бесконечной частоте переключения
 - г) Сложность синтеза
16. В градиентном алгоритме адаптации шаговой множитель (коэффициент усиления) влияет на
 - а) Предельное значение ошибки слежения
 - б) Область притяжения системы
 - в) Скорость и качество процесса настройки параметров
 - г) Условие сохраняющего возбуждения
17. Главное отличие адаптивного управления от простой перестройки регулятора по расписанию заключается в
 - а) Более высокой точности
 - б) Автоматическом и непрерывном характере процесса настройки в реальном времени
 - в) Использовании нелинейных моделей
 - г) Наличии эталонной модели
18. Проблема "взрыва коэффициентов" в адаптивных системах может возникать из-за
 - а) Слишком большого коэффициента усиления в законе адаптации

- б) Невыполнения условия сохраняющего возбуждения
 - в) Неограниченного роста некоторых переменных в алгоритме при отсутствии возбуждения
 - г) Применения скользящих режимов
19. Адаптивный наблюдатель позволяет оценивать
- а) Только неизвестные параметры объекта
 - б) Только недоступные для измерения переменные состояния
 - в) Одновременно переменные состояния и неизвестные параметры объекта
 - г) Внешние возмущения
20. Для ослабления явления "дребезга" в системах со скользящим режимом применяют
- а) Увеличение коэффициентов усиления в законе управления
 - б) Замену разрывной функции знака на непрерывную аппроксимацию (например, сигмоидальную)
 - в) Введение интегральной составляющей в закон управления
 - г) Уменьшение порядка эталонной модели
21. Сформулируйте основную идею прямого метода Ляпунова при синтезе адаптивного закона управления.
22. Перечислите три основных требования, предъявляемых к эталонной модели в схеме MRAC.
23. Объясните, почему в большинстве практических реализаций адаптивных систем используют рекуррентные, а не пакетные алгоритмы идентификации.
24. Дайте определение относительной степени объекта управления. Объясните ее значение для синтеза адаптивных систем.
25. Назовите два основных класса неопределенностей, против которых эффективно робастное управление со скользящим режимом.
26. Объясните смысл термина "строго вещественно положительная" (СВП) передаточная функция.
27. Сформулируйте ключевое преимущество систем с эталонной моделью перед системами с самонастройкой по идентифицированной модели.
28. Назовите основную причину, по которой адаптивные алгоритмы требуют осторожного применения в критически важных системах управления.
29. Объясните, в чем заключается принцип разделения при синтезе адаптивных систем по выходу.
30. Сформулируйте одну типичную задачу в области мобильной робототехники, где применение адаптивного управления является оправданным и эффективным.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

№ п.п.	Оценочное средство	Процедура оценивания (методические рекомендации)
1.	Тесты	являются простейшей форма контроля, направленная на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест состоит из небольшого количества элементарных задач; может предоставлять возможность выбора из перечня ответов; занимает часть учебного занятия (10–30 минут); правильные решения разбираются на том же или следующем занятии; частота тестирования определяется преподавателем
2.	Зачет	служит формой проверки качества усвоения обучающимися учебного материала

Данные формы контроля осуществляются с привлечением разнообразных технических средств. Технические средства контроля могут содержать: программы компьютерного тестирования, учебные задачи, комплексные ситуационные задания.

В понятие технических средств контроля может входить оборудование, используемое обучающимся при лабораторных работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента. В отличие от производственной практики лабораторные и подобные им виды работ не предполагают отрыва от учебного процесса, представляют собой моделирование производственной ситуации и подразумевают предъявление обучающимся практических результатов индивидуальной или коллективной деятельности.

Однако, контроль с применением технических средств имеет ряд недостатков, т.к. не позволяет отследить индивидуальные способности и креативный потенциал обучающегося. В этом он уступает письменному и устному контролю. Как показывает опыт некоторых вузов - технические средства контроля должны сопровождаться устной беседой с преподавателем.

Информационные системы и технологии (ИС) оценивания качества учебных достижений обучающихся являются важным сегментом информационных образовательных систем, которые получают все большее распространение в вузах при совершенствовании (информатизации) образовательных технологий. Программный инструментальный (оболочка) таких систем в режиме оценивания и контроля обычно включает: электронные обучающие тесты, электронные аттестующие тесты, электронный практикум, виртуальные лабораторные работы и др.

Электронные обучающие и аттестующие тесты являются эффективным средством контроля результатов образования на уровне знаний и понимания.

Режим обучающего, так называемого репетиционного, тестирования служит, прежде всего, для изучения материалов дисциплины и подготовке обучающегося к аттестующему тестированию, он позволяет обучающемуся лучше оценить уровень своих знаний и определить, какие вопросы нуждаются в дополнительной проработке. В обучающем режиме особое внимание должно быть уделено формированию диалога пользователя с системой, путем задания вариантов реакции системы на различные действия обучающегося при прохождении теста. В результате обеспечивается высокая степень интерактивности электронных учебных материалов, при которой система предоставляет обучающемуся

возможности активного взаимодействия с модулем, реализуя обучающий диалог с целью выработки у него наиболее полного и адекватного знания сущности изучаемого материала

Аттестующее тестирование знаний обучающихся предназначено для контроля уровня знаний и позволяет автоматизировать процесс текущего контроля успеваемости, а также промежуточной аттестации.

5.1. Критерии оценивания тестирования

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, за более 60% правильно выполненных заданий.;
- оценка «не зачтено» за менее 60% правильно выполненных заданий.

5.2 . Критерии оценивания результатов освоения дисциплины на зачете

Оценка «зачтено» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и диалектическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач.

Оценка «не зачтено» - за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за незнание основных понятий дисциплины.

Аннотация дисциплины

Дисциплина (Модуль)	Адаптивные системы управления
Реализуемые компетенции	ПК-2
Результаты освоения дисциплины (модуля)	ПК 2.1. Выполняет анализ технической документации и функциональных требований к мехатронной или робототехнической системе. ПК 2.2. Определяет состав оборудования, интерфейсы взаимодействия и требования к программно-аппаратной настройке ПК 2.3. Выполняет подключение контроллеров и управляющих ЭВМ, настройку каналов связи и конфигурацию системы
Трудоемкость, з.е./час	3/108
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	зачет (8 семестр)