Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.05.2026 16:47:05
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление промышленными мехатронными системами

Направление подготовки
15.04.06 Мехатроника и робототехника

Профиль
Промышленная мехатроника

Квалификация
Магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «Автоматика и управление»,
к.т.н. /А.А. Филимонова/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
Профессор кафедры «Автоматика и управление»,
д.т.н., доцент /В.Р. Гасияров/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3 Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
3.3 Содержание дисциплины 7
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2 Основная литература 8
4.3 Дополнительная литература 9
4.4 Электронные образовательные ресурсы 9
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5 Материально-техническое обеспечение 9
6 Методические рекомендации 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7 Фонд оценочных средств 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 12
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
7.3 Оценочные средства 16

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью изучения дисциплины является ознакомление студентов с назначением, требованиями, архитектурой и компонентами мехатронных систем, принципами и методами управления промышленными мехатронными системами.

Задачами изучения дисциплины являются: формирование у студентов знаний о структуре и видах промышленных мехатронных систем, методах построения мехатронных модулей и их компонентах; изучение современных методов и подходов к проектированию, анализу и управлению сложными инженерными системами; развитие навыков разработки и настройки систем автоматического и интеллектуального управления для различных технологических объектов в промышленности; ознакомление с примерами реализации больших современных мехатронных систем.

Обучение по дисциплине «Управление промышленными мехатронными системами» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**	**Наименование показателя оценивания**
ПК-4. Способен осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации при реализации технологических процессов в машиностроении.	ИПК-4.1. Понимает основы конфигурирования и программирования промышленных автоматизированных систем, основные принципы создания средств автоматизации и их структуру, основные принципы проектирования и обеспечения автоматического производственного процесса; ИПК-4.2. Выбирает необходимое программное обеспечение для построения конкретного автоматизированного технологического процесса, применяет методы для решения задач проектирования современного производства машиностроения; ИПК-4.3. Выполняет мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации при реализации технологических процессов в машиностроении.	**Знать**: состав и принципы работы приводов современных промышленных мехатронных и робототехнических устройств на базе двигателей различного типа **Уметь**: правильно и рационально выбирать различные типы приводов для конкретных промышленных мехатронных систем с учетом назначения и условий эксплуатации, а также преимуществ и недостатков приводов различного типа **Владеть**: аппаратной и программной реализации приводов робототехнических и мехатронных систем

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

SCADA-системы в автоматизированном производстве
Автоматизированное проектирование электротехнической документации
Защита интеллектуальной собственности
Интеллектуальные системы управления
Математическое моделирование объектов управления и мехатронных систем
Машинное обучение
Монтаж и наладка мехатронных и робототехнических систем
Программирование на языке высокого уровня
Программное обеспечение и системные функции контроллеров
Проектирование мехатронных систем
Производственная практика (преддипломная)
Современные методы теории управления
Теория эксперимента
Техносферная безопасность
Управление инженерными проектами
Учебная практика (педагогическая)
Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем
Электротехнические системы

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 4
1	**Аудиторные занятия**	**56**	**56**
	В том числе:		
1.1	Лекции	28	28
1.2	Семинарские/практические занятия	14	14
1.3	Лабораторные занятия	14	14
2	**Самостоятельная работа**	**88**	**88**
	В том числе:		
2.1	Выполнение и защита РГР	42	42
2.2	Подготовка к экзамену	18	18
2.3	Подготовка отчетов по практическим работам	14	14
2.4	Подготовка отчетов по лабораторным работам	14	14
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**144**	**144**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Введение. Основные понятия**	**36**	**8**	**4**	**0**	**0**	**24**
1.1	Мехатронные устройства и системы. Управляющие и управляемые элементы системы. Современные требования к мехатронным и робототехническим модулям и системам		2	2			6
1.2	Система группового управления в распределенных системах		2				6
1.3	Основные элементы и характеристики промышленных мехатронных систем		2				6
1.4	Промышленные сети в мехатронных системах		2	2			6
2	**Раздел 2. Использование методов теории автоматического управления при разработке мехатронных систем**	**36**	**6**	**8**	**4**	**0**	**18**
2.1	Идентификация параметров технологического объекта управления		2	4			6
2.2	Анализ технологического объекта управления		2	4			6
2.3	Промышленные регуляторы. Задача синтеза регуляторов для технологических объектов		2		4		6
3	**Раздел 3. Проблемы и современные методы управления промышленными мехатронными модулями и системами**	**34**	**6**	**0**	**10**	**0**	**18**
3.1	Принципы построения систем интеллектуального управления в мехатронике. Иерархия управления в мехатронных системах		2		2		6
3.2	Системы управления исполнительного уровня. Адаптивное регулирование по		2		6		6

	эталонной модели. Нечеткие регуляторы исполнительного уровня						
3.3	Системы управления тактического уровня. Интеллектуальные системы управления на основе искусственных нейронных сетей		2		2		6
4	**Раздел 4. Промышленные мехатронные системы. Примеры реализации больших современных мехатронных систем**	**38**	**8**	**2**	**0**	**0**	**28**
4.1	Управление мехатронными системами проветривания шахт и рудников		2				6
4.2	Управление мехатронными системами на примере металлургии		2				6
4.3	Управление мехатронными системами в энергетике		2				8
4.4	Концепция «темной» фабрики		2	2			8
	Итого	**144**	**28**	**14**	**14**	**0**	**88**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение. Основные понятия

Мехатронные устройства и системы. Управляющие и управляемые элементы системы. Современные требования к мехатронным и робототехническим модулям и системам. Система группового управления в распределенных системах. Основные элементы и характеристики промышленных мехатронных систем. Промышленные сети в мехатронных системах

Раздел 2. Использование методов теории автоматического управления при разработке мехатронных систем

Идентификация параметров технологического объекта управления. Анализ технологического объекта управления. Промышленные регуляторы. Задача синтеза регуляторов для технологических объектов.

Раздел 3. Проблемы и современные методы управления промышленными мехатронными модулями и системами

Принципы построения систем интеллектуального управления в мехатронике. Иерархия управления в мехатронных системах. Системы управления исполнительного уровня. Адаптивное регулирование по эталонной модели. Нечеткие регуляторы исполнительного уровня. Системы управления тактического уровня. Интеллектуальные системы управления на основе искусственных нейронных сетей.

Раздел 4. Промышленные мехатронные системы. Примеры реализации больших современных мехатронных систем

Управление мехатронными системами проветривания шахт и рудников. Управление мехатронными системами на примере металлургии. Управление мехатронными системами в энергетике. Концепция «темной» фабрики

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практическая работа 1. Современные тренды и инновации в управлении промышленными мехатронными системами.

Практическая работа 2. Оценка качества переходных процессов линейных объектов и систем управления.

Практическая работа 3. Промышленные сети в мехатронных системах.

Практическая работа 4. Идентификация технологических объектов по переходной характеристике.

Практическая работа 5. Идентификация модели объекта средствами System Identification Toolbox MATLAB.

Практическая работа 6. Исследование статических характеристик типовых нелинейностей промышленных мехатронных систем.

Практическая работа 7. Концепция темных фабрик в России и в мире.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа 1. Настройка параметров типовых регуляторов с апериодической кривой разгона.

Лабораторная работа 2. Управление с отрицательной обратной связью.

Лабораторная работа 3. Управление с упреждающей коррекцией.

Лабораторная работа 4. Каскадное управление.

Лабораторная работа 5. Управление с перехватом.

Лабораторная работа 6. Управление на основе нечеткого регулятора.

Лабораторная работа 7. Использование нейронных сетей в задачах управления.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены.

4.2 Основная литература

1. Системы автоматического управления, мехатроники и робототехники : монография / С. В. Каменский, Г. А. Французова, Г. П. Чикильдин [и др.] ; под редакцией Г. А. Французовой. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 211 с. — ISBN 978-5-7782-3136-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/91524.html.

2. Зубкова, Ю. В. Основы мехатроники и робототехники. Анализ манипулятора и проектирование захватных устройств робототехнических систем : учебное пособие / Ю. В. Зубкова, А. В. Щенятский. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 92 с. — ISBN 978-5-4497-4387-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/150822.html.

3. Системы искусственного интеллекта в мехатронике : учебное пособие / А. А. Большаков, М. Б. Бровкова, В. П. Глазков [и др.]. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2014. — 252 с. — ISBN 978-5-733-

2690-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/80117.html.

4.3 Дополнительная литература

1. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие / Ю. В. Подураев. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-4497-0063-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/86501.html.

2. Степыгин В.И. Теория механизмов и основы робототехники. Зубчатое зацепление : учебное пособие / Степыгин В.И., Чертов Е.Д.. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. — 56 с. — ISBN 978-5-00032-443-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/95380.html.

3. Гусев, В. В. Основы мехатронных систем : учебное пособие / В. В. Гусев, А. Д. Молчанов, С. А. Поезд ; под редакцией В. В. Гусева. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 128 с. — ISBN 978-5-9729-0797-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124239.html.

4. Деменков Н.П. Программирование и конфигурирование промышленных сетей : учебное пособие / Деменков Н.П.. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. — 116 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/31176.html.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Находится в разработке.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. MATLAB

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru
2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru
3. Официальный интернет-портал правовой информации http://pravo.gov.ru.
4. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
5. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).

2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: раскрыть положительные стороны и недостатки. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «Управление промышленными мехатронными системами» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению и защита практических работ с помощью специализированного программного обеспечения;

– технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка отчетов к лабораторным работам;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к экзамену.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита практических работ;
- защита лабораторных работ;
- тестирование;
- экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	Наименование компетенции выпускника
ПК-4	Способен осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации при реализации технологических процессов в машиностроении.

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Управление промышленными мехатронными системами»

№ п/п	Вид контроля результатов обучения	Наименование контроля результатов обучения	Краткая характеристика оценочного средства
1	Текущий	Защита практической работы	Практическая работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите практической работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о практической работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему практической работы. Далее проводится защита отчёта каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
	Текущий	Защита лабораторной работы	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
2	Текущий	Тестирование	Тестирование проводится на последнем занятии изучаемого раздела. Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. В рамках тестирования проверяется владение терминологией и знание теоретической базы.

3	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Критерии оценивания компетенций

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ПК-4. Способен осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации при реализации технологических процессов в машиностроении..				
знать: состав и принципы работы приводов современных промышленных мехатронных и робототехнических	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: состав и принципы	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: состав и принципы работы приводов	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: состав и принципы работы приводов	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: состав и принципы работы приводов

устройств на базе двигателей различного типа	работы приводов современных промышленных мехатронных и робототехнических устройств на базе двигателей различного типа	современных промышленных мехатронных и робототехнических устройств на базе двигателей различного типа. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	современных промышленных мехатронных и робототехнических устройств на базе двигателей различного типа. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	современных промышленных мехатронных и робототехнических устройств на базе двигателей различного типа. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: правильно и рационально выбирать различные типы приводов для конкретных промышленных мехатронных систем с учетом назначения и условий эксплуатации, а также преимуществ и недостатков приводов различного типа	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет правильно и рационально выбирать различные типы приводов для конкретных промышленных мехатронных систем с учетом назначения и условий эксплуатации, а также преимуществ и недостатков приводов различного типа	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: правильно и рационально выбирать различные типы приводов для конкретных промышленных мехатронных систем с учетом назначения и условий эксплуатации, а также преимуществ и недостатков приводов различного типа. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: правильно и рационально выбирать различные типы приводов для конкретных промышленных мехатронных систем с учетом назначения и условий эксплуатации, а также преимуществ и недостатков приводов различного типа. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: правильно и рационально выбирать различные типы приводов для конкретных промышленных мехатронных систем с учетом назначения и условий эксплуатации, а также преимуществ и недостатков приводов различного типа. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

владеть: аппаратной и программной реализации приводов робототехнических и мехатронных систем	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет аппаратной и программной реализации приводов робототехнических и мехатронных систем	Обучающийся не в полностью владеет аппаратной и программной реализации приводов робототехнических и мехатронных систем. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет аппаратной и программной реализации приводов робототехнических и мехатронных систем. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет аппаратной и программной реализации приводов робототехнических и мехатронных систем. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамен

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может

	оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Защита практической работы	Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.	Отчет по практической работе содержит расчеты, выводы. Защита отчета по практической работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие практическую работу к защите не допускаются
Защита лабораторной работы	Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.	Отчет по лабораторной работе содержит расчеты, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие лабораторную работу к защите не допускаются
Тестирование по пройденному разделу	Правильный ответ на 1 задание соответствует 1 баллу. Время тестирования - 30 минут. Студенту предоставляется две попытки для прохождения теста. Тест считается успешно пройденным, если студент дал не менее 60% правильных ответов.	Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Теоретические вопросы к практической работе №1:

1. Что такое Интернет вещей (IoT) и какие основные компоненты входят в его состав?
2. Какие преимущества дает внедрение IoT в промышленные системы?

3. Назовите основные вызовы и трудности, связанные с использованием IoT в промышленности.

4. Что такое цифровой двойник и как он используется для оптимизации производства?

5. Какие технологии и инструменты позволяют создавать цифровых двойников?

6. Какие преимущества дает применение цифровых двойников в управлении и обслуживании мехатронных систем?

7. Какие основные угрозы безопасности характерны для автоматизированных систем в промышленности?

8. Какие методы защиты данных и систем используют для предотвращения кибератак?

9. В чем заключается стандарт IEC 62443 и какую роль он играет в промышленной кибербезопасности?

10. Почему экологическая устойчивость важна для современных промышленных систем?

11. Какие методы повышения энергоэффективности применяются в управлении промышленных систем?

12. Какие «зелёные» технологии и возобновляемые источники энергии можно внедрять для улучшения экологической эффективности производства?

13. Какие реальные кейсы использования IoT, цифровых двойников и экологических технологий вы знаете?

14. Какие основные вызовы и риски связаны с внедрением современных технологий в управление промышленными системами?

15. Как, по вашему мнению, инновации в управлении мехатронными системами смогут изменить промышленность в ближайшие годы?

Теоретические вопросы к практической работе №2:

1. Перечислите основные этапы создания модели.
2. Опишите порядок использования Simulink Library Browser.
3. Назовите предназначение блоков Transfer Fcn, PID Controller, Step, Sum, Scope.
4. Какие настройки имеют блоки Transfer Fcn, PID Controller, Step, Sum, Scope?
5. Какие настройки нужно задать в окне Configuration Parameters перед запуском модели?

Теоретические вопросы к практической работе №3:

1. Преднамеренные и непреднамеренные нелинейности.
2. Типовые нелинейные элементы.
3. Аналитическое описание однозначных нелинейностей.
4. Аналитическое описание неоднозначных нелинейностей.
5. Общие свойства статических характеристик.

Теоретические вопросы к практической работе №4:

1. Что такое идентификация технологического объекта управления и какова её основная цель?

2. В чем различие между теоретическим и экспериментальным методами построения математической модели объекта?

3. Какие преимущества и недостатки имеют пассивный и активный эксперименты при экспериментальной идентификации?

4. Какие основные допущения принимаются при использовании экспериментального метода исследования объекта?

5. Какие типы объектов управления выделяют в зависимости от их характеристик (например, линейные / нелинейные, статические / динамические)?

6. Какие виды моделей технологического объекта управления существуют и как они классифицируются?

7. Что понимается под математической моделью технологического объекта и какие формы она может принимать?

Теоретические вопросы к практической работе №5:

1. Что такое System Identification Toolbox и для чего он предназначен?
2. Какие основные этапы включает процесс идентификации системы в MATLAB с использованием System Identification Toolbox?
3. Какой тип данных можно использовать для идентификации модели в System Identification Toolbox?
4. Опишите разницу между параметрическими и непараметрическими моделями, создаваемыми с помощью System Identification Toolbox.
5. Какие методы идентификации моделей доступны в System Identification Toolbox? Приведите по крайней мере два примера.
6. Как загрузить и подготовить экспериментальные данные перед идентификацией модели в System Identification Toolbox?
7. Как оценить качество идентифицированной модели? Назовите хотя бы два критерия или способа проверки.
8. Как в System Identification Toolbox можно выбрать порядок модели?

Теоретические вопросы к практической работе №6:

1. Преднамеренные и непреднамеренные нелинейности.
2. Типовые нелинейные элементы.
3. Аналитическое описание однозначных нелинейностей.
4. Аналитическое описание неоднозначных нелинейностей.
5. Общие свойства статических характеристик.

Теоретические вопросы к практической работе №7:

1. Что такое темная фабрика и в чем заключается ее основная идея?
2. Какие ключевые технологии используются при создании темных фабрик?
3. Каковы основные преимущества темных фабрик по сравнению с традиционными производствами?
4. Какие отрасли промышленности наиболее активно внедряют концепцию темных фабрик в мире?
5. В чем особенности реализации темных фабрик в России по сравнению с мировыми практиками?
6. Какие экономические эффекты ожидаются от внедрения темных фабрик?
7. Какие вызовы и риски связаны с переходом на темные фабрики?
8. Какие страны лидируют в развитии и внедрении темных фабрик и почему?
9. Какие законодательные и инфраструктурные изменения необходимы для поддержки темных фабрик в России?
10. Как темные фабрики влияют на рынок труда и квалификацию рабочих?

Теоретические вопросы к лабораторной работе №1:

1. Какие функции выполняет регулятор в системе автоматического регулирования?
2. С какой целью в регулятор вводится интегрирующее звено (интегральная составляющая в управляющее воздействие)?
3. С какой целью в регулятор вводится дифференцирующее звено (воздействие по производной в управление)?
4. Каков результат увеличения (уменьшения) значения коэффициента kп регулятора?

5. Каков результат увеличения (уменьшения) значения коэффициента ki регулятора?
6. Каков результат увеличения (уменьшения) значения коэффициента kd регулятора?

Теоретические вопросы к лабораторной работе №2:

1. Как определить критический коэффициент усиления?
2. Основные достоинства и недостатки метода настройки регулятора Циглера-Никольса?
3. Недостатки управления с обратной связью
4. Какие типы регуляторов чаще всего используются в промышленных системах?
5. Какие методы настройки регуляторов вы знаете?

Теоретические вопросы к лабораторной работе №3:

1. Расчет коэффициента для упреждающей коррекции
2. Ограничения применения управления с упреждающей коррекцией
3. Объясните понятие динамической компенсации
4. Отличие систем с упреждающей коррекцией от систем с управлением по обратной связи
5. Примеры применения систем с упреждающей коррекцией.
6. Улучшает ли добавление контроллера с упреждающей коррекцией отслеживание заданного значения или подавление возмущений? Почему?

Теоретические вопросы к лабораторной работе №4:

1. В каком порядке должна производиться настройка контуров в каскадной структуре управления?
2. Какими должны быть характеристики подчиненного контура для получения преимуществ каскадного управления?
3. Какое влияние внутренний контур оказывает на общую устойчивость системы?
4. Каким образом каскадная структура системы управления позволяет минимизировать влияние возмущений на объект управления?
5. Каким образом можно выполнить настройку регуляторов в системе?

Теоретические вопросы к лабораторной работе №5:

1. Недостатки классического управления с обратной связью в системах с несколькими параметрами
2. Принцип управления с перехватом
3. Примеры применения систем с управлением с перехватом
4. Способ настройки стратегии управления с перехватом управления
5. В каком случае требуется осуществлять перехват управления?
6. Ограничения применения стратегии управления с перехватом.

Теоретические вопросы к лабораторной работе №6:

1. Как открывается редактор FIS?
2. Что такое редактор FIS?
3. Какие графические средства используются для разработки и дальнейшего применения нечеткого вывода?
4. Что такое функция принадлежности?
5. Какие этапы включает в себя построение системы нечеткого вывода?

Теоретические вопросы к лабораторной работе №7:

1. В каких задачах оправдано использование нейросетевого регулятора вместо стандартного ПИД-регулятора?

2. В чем заключается алгоритм обратного распространения ошибки?
3. Как реализовать алгоритм обратного распространения ошибки в MATLAB?
4. Опишите схему последовательного нейросетевого управления.
5. Что представляет собой нейроконтроллер?
6. Где применяются нейроконтроллеры?
7. На основании каких показателей строится результат?

Тестирование

Примеры тестовых вопросов:

1. В системе с обратной связью параметры, на которые осуществляется корректировка, называют:

1) Возмущающие воздействия
2) Команды управления
3) Управляющие воздействия
4) Отклонения и уставки

2. В чем заключается основное преимущество стратегии с локальными взаимодействиями (роевые и стайные) для робототехники?

1) Повышение точности и глобальной оптимальности решений
2) Быстрая реакция и высокая живучесть за счет локальных связей
3) Минимизация затрат на коммуникацию и коммуникационные проблемы
4) Возможность централизованного полного контроля за всеми объектами

3. Почему в некоторых системах используют модели взаимодействия, ограниченные по условию (как в стайных или роевых стратегиях)?

1) Для повышения точности и качества решений
2) Для снижения требований к коммуникации и повышения живучести
3) Для полной централизации управления всеми объектами
4) Для исключения необходимости взаимодействия между объектами

4. Какой уровень управления занимается переработкой целей в конкретные программные управляющие алгоритмы?

1) Стратегический уровень
2) Интеллектуальный уровень
3) Тактический уровень
4) Исполнительный уровень

5. Какие компоненты входят в аппаратный комплекс нечёткой логики?

1) Контроллеры с встроенными нейронными сетями
2) Блоки логической суммы, произведения, память, дефаззификация
3) Микропроцессоры на базе РСА
4) Механические переключатели

6. Чем отличается управление по эталонной модели от классического регулятора?

1) Оно использует полностью аппроксимирующие модели системы методы
2) Оно ориентировано на минимизацию рассогласования с эталонной реакцией и подразумевает адаптацию параметров возможно в реальном времени
3) Оно основано на аппаратных ограничениях системы

4) В нем не используется обратная связь

7. Какие задачи решает идентификация систем?
1) Построение управляющих воздействий
2) Разработка новых технологий наблюдения
3) Определение структуры, параметров и характеристик модели системы
4) Построение визуальных графиков поведения системы

8. Какой эффект оказывает внедрение платформы HyperIMP на производство?
1) Увеличение времени простоя линий
2) Значительное снижение затрат, ускорение циклов, повышение качества
3) Увеличение количества ошибок
4) Полное исключение автоматизации

9. Максимальная мощность современных компрессоров может достигать:
1) 100 кВт
2) 1000 кВт
3) 18000 кВт и выше
4) 50 кВт

10. Какой тип клети наиболее подходит для прокатки тонких материалов (<0,1 мм)?
1) Двухвалковая
2) Трехвалковая
3) Многовалковая
4) Лентопрокатная (6, 12, 18 валков)

7.3.2 Промежуточный контроль

Перечень вопросов к экзамену

Текст вопроса	Код компетенции
1. Понятие мехатронной системы. Преимущества мехатронных устройств. Принцип синергетической интеграции элементов мехатронной системы	ПК-4
2. Факторы развития мехатроники. Примеры мехатронных модулей и систем, их классификация, особенности конструкции	ПК-4
3. Управляющие и управляемые элементы системы	ПК-4
4. Современные требования к мехатронным и робототехническим модулям и системам	ПК-4
5. Система группового управления в распределенных системах	ПК-4
6. Основные элементы и характеристики промышленных мехатронных систем	ПК-4
7. Промышленные сети в мехатронных системах	ПК-4
8. Идентификация параметров технологического объекта управления	ПК-4
9. Анализ технологического объекта управления	ПК-4
10. Промышленные регуляторы. Задача синтеза регуляторов для технологических объектов.	ПК-4
11. Принципы построения систем интеллектуального управления в мехатронике	ПК-4

12. Иерархия управления в мехатронных системах	ПК-4
13. Системы управления исполнительного уровня	ПК-4
14. Адаптивное регулирование по эталонной модели	ПК-4
15. Нечеткие регуляторы исполнительного уровня	ПК-4
16. Системы управления тактического уровня	ПК-4
17. Интеллектуальные системы управления на основе искусственных нейронных сетей	ПК-4
18. Управление промышленной мехатронной системой с упреждающей коррекцией	ПК-4
19. Управление промышленной мехатронной системой с перехватом управления	ПК-4
20. Настройка регулятора по кривой разгона методом Циглера-Никольса	ПК-4
21. Управление мехатронными системами проветривания шахт и рудников	ПК-4
22. Управление мехатронными системами на примере металлургии.	ПК-4
23. Управление мехатронными системами в энергетике.	ПК-4
24. Концепция «темной» фабрики	ПК-4
25. Перспективы развития концепции темных фабрик в России и в мире	ПК-4