

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и  
научной работе  
Лейфа А.В. Лейфа  
« 1 » сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) образовательной программы – Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 7

Зачет 7 сем

Общая трудоемкость дисциплины 108 (академ. час), 3.00 (з.е)

Составитель Д.А. Теличенко, доцент, канд. техн. наук

Энергетический факультет

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 09.08.21 № 730

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Скрипко О.В. Скрипко

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина  
« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович  
« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Скрипко О.В. Скрипко  
« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук  
« 1 » сентября 2022 г.

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **Цель дисциплины:**

Освоить современные методы, подходы и способы построения систем автоматического управления сложными объектами, имеющимися на практике.

## **Задачи дисциплины:**

- привить навыки по первоначальному анализу объекта и выбора подходящего способа управления;
- развить умение расчета классических регуляторов для сложных динамических объектов, с учетом имеющихся на практике ограничений;
- ознакомить с эффективными способами построения, исследования и применения адаптивных систем управления;
- ознакомить с эффективными способами построения, исследования и применения нейро-нечетких систем управления;
- ознакомить со способами практической реализации полученных решений и их адекватного имитационного исследования.

# **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Дисциплина «Современные системы управления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и базируется на курсах: «Математика», «Моделирование систем и процессов», «Теория управления», «Автоматизация производства», «Средства автоматизации и управления».

Знания и умения, приобретенные студентами при изучении дисциплины, используется в специальных курсах: «Интегрированные системы проектирования и управления», «Автоматизация технологических процессов и производств», при выполнении курсовых проектов и работ, а также ВКР и в практической деятельности выпускника.

# **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ**

## **3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения**

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен участвовать в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, эко-номических и управлеченческих параметров, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования	ИД-1ПК-1 Способен участвовать в разработке проектов изделий. ИД-2ПК-1 Способен участвовать в разработке проектов средств и систем автоматизации с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных параметров, эргономических требований и бионических основ проектирования. ИД-3ПК-1 Использует современные системы автоматизированного проектирования при разработке проектов изделий
ПК-4 Способен участвовать в изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях, сдаче в	ИД-1ПК-4 Использует знания принципов действия и технико-экономических характеристик оборудования и

эксплуатацию автоматизированных систем управления технологическими процессами	<p>средств автоматизации.</p> <p><b>ИД-2ПК-4</b> Готов участвовать в испытаниях оборудования автоматизированных систем управления технологическими процессами.</p> <p><b>ИД-3ПК-4</b> Может выполнять монтаж и наладку средств автоматизации, контроля и диагностики технологических процессов в энергетике.</p> <p><b>ИД-4ПК-4</b> Пользуется инструментом, оборудованием и приборами для наладки средств и систем автоматизации.</p>
---	--

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.00 зачетных единицы, 108 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Введение. Общая характеристика современных методов построения систем управления	7	2		2		4					4	Тест, РГР, зачет	
2	Классическое и модальное управление	7	4		4		4					4	Тест, РГР, зачет	
3	Адаптивные системы	7	6		4		4					4	Тест, РГР, зачет	
4	Системы фазового управления	7	2		2		4					4	Тест, РГР, зачет	
5	Нейронные сети	7	2		2							2	Тест, РГР, зачет	
6	Современные системы	7	2		20							20	Тест, РГР, зачет	

	управления										
7	Зачет	7					0.2		1.8	Зачет	
	Итого		18.0	34.0	16.0	0.0	0.2	0.0	0.0	39.8	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение. характеристика современных построения управления  Общая методов систем	<p>Предпосылки применения современных подходов к построению систем управления: увеличение возможностей управляющей аппаратуры; трудность или невозможность построения адекватной модели объектов управления; нелинейность и не стационарность объектов управления, линеаризация нелинейного математического описания в различных режимах работы объекта; мощность и непредсказуемость возмущений.</p> <p>Общая характеристика модального управления. Общая характеристика адаптивных систем. Общая характеристика систем нечеткого управления. Общая характеристика нейронных сетей.</p>
2	Классическое и модальное управление	<p>Модальное управление: описание объектов и систем в пространстве состояний; математические модели и структурные схемы линейных систем; модальное управление при полностью измеряемом векторе состояния.</p> <p>Описание объектов и систем в пространстве состояний. Математические модели и структурные схемы линейных систем. Представление линейных объектов и систем в пространстве состояний в каноническом базисе.</p> <p>Модальное управление при полностью измеряемом векторе состояния объекта. Пример модальной системы в каноническом представлении. Определение коэффициентов модального регулятора в каноническом базисе.</p> <p>Определение коэффициентов модального регулятора в реальном базисе. Матрица преобразования из реального базиса в канонический. Условие возможности преобразования (управляемость объекта, матрица управляемости, критерий управляемости Калмана). Пересчет коэффициентов модального регулятора для реального базиса.</p> <p>Модальное управление: управление отдельными модами; модальное управление при неполных измерениях; стационарные наблюдатели.</p> <p>Управление отдельными модами. Модальная каноническая форма уравнений в пространстве состояний.</p> <p>Модальное управление при неполных измерениях. Стационарные наблюдатели. Уравнение состояния</p>

		стационарного наблюдателя полного порядка. Условие устойчивости процесса восстановления координат. Структура системы модального управления со стационарным наблюдателем. Характеристический полином модальной системы с наблюдателем.
3	Адаптивные системы	<p>Адаптивные системы: определение и классификация адаптивных систем; поисковые и экстремальные системы.</p> <p>Определение и классификация адаптивных систем (в том числе беспоисковые, с эталонной моделью).</p> <p>Поисковые адаптивные системы. Методы организации поиска. Экстремальные системы.</p> <p>Адаптивные системы: методы синтеза алгоритмов адаптации; синтез с помощью прямого метода Ляпунова. Методы синтеза алгоритмов адаптации.</p> <p>Синтез алгоритмов адаптации с помощью прямого метода Ляпунова.</p> <p>Адаптивные системы: синтез алгоритмов адаптации при полностью измеряемом векторе состояний.</p> <p>Синтез адаптивной системы с явной эталонной моделью и параметрической настройкой при полностью измеряемом векторе состояний объекта с помощью прямого метода Ляпунова.</p> <p>Адаптивные системы: синтез алгоритмов адаптации при полностью измеряемом векторе состояний.</p> <p>Синтез адаптивно- модальной системы с явной эталонной моделью и сигнальной настройкой при полностью измеряемом векторе состояний объекта с помощью прямого метода Ляпунова.</p> <p>Адаптивные системы с сигнально- параметрической адаптацией.</p> <p>Адаптивные системы: синтез алгоритмов адаптации для различных случаев математического описания объекта управления.</p> <p>Синтез адаптивной системы с неявной эталонной моделью при не полностью измеряемом векторе состояний объекта с запаздыванием на основе критерия гиперустойчивости Попова. Адаптивные системы с настраиваемой моделью.</p>
4	Системы фази-управления	<p>Системы фази-управления: нечеткая информация.</p> <p>Нечеткие множества: определение; примеры; функции принадлежности; свойства и характеристики нечетких множеств (содержание множества в множестве, носитель нечеткого множества, линейное и евклидовое расстояние между множителями, четкое множество, ближайшее к нечеткому, линейный и квадратичный индексы нечеткости); операции над нечеткими множествами (пересечения, объединения, дополнения, концентрации и</p>

размыния, разность множеств, декартово произведение множеств). Нечеткие отношения: пример нечеткого отношения; операции над нечеткими отношениями (объединение, пересечение, дополнение, четкое отношение, ближайшее к нечеткому, композиция или свертка двух нечетких отношений); пример композиции. Системы фази- управления: нечеткие выводы и управление.

Силлогизм как основа четких выводов; структура силлогизма; нечеткий силлогизм – пример; реализация нечеткого силлогизма на базе max-min и max-prod композиций.

Нечеткое управление: структура одноконтурной системы фази- управления; реализация нечеткого алгоритма (фазификация, логический вывод, композиция, дефазификация); методы дефазификации; пример одноконтурной системы фази-управления.

Системы фази-управления: фази-алгоритмы.

Фази- алгоритмы для систем с несколькими входами; задание системы с двумя входами двумя правилами; алгоритм Мамдани (определение степени истинности предпосылок, определение уровней «отсечения», композиция, дефазификация); алгоритм Сугэно нулевого порядка (набор правил, определение степени истинности предпосылок, вычисление значения выходной величины); алгоритм Сугэно первого порядка (вычисление значения выходной величины); пример нечеткого регулятора уровня жидкости в баке.

Системы фази-управления: нечеткие регуляторы.

Аппаратная реализация нечеткого контроллера; аппаратный микропроцессор нечеткой логики (структура); эмуляция нечеткой логики на «обычном» микроконтроллере; интеграция фази-команд в ассемблеры; примеры реализации фази-управления в технической сфере (автономный мобильный робот, управление топливной задвижкой и вентилятором котлоагрегата); управление подъемно-транспортным механизмом. Нечеткий ПИД-регулятор как нечеткий регулятор с тремя входами; нечеткая динамическая коррекция ПИД-регуляторов.

Пакеты прикладных программ нечеткой логики: пакеты Fuzi Calc, Cubi Calc, FuzzyTech. Пакет Fuzzy Logic тав.

значения выходной величины); алгоритм Сугэно первого порядка (вычисление значения выходной величины); пример нечеткого регулятора уровня жидкости в баке.

Системы фази-управления: нечеткие регуляторы.

Аппаратная реализация нечеткого контроллера;

		<p>аппаратный микропроцессор нечеткой логики (структура); эмуляция нечеткой логики на «обычном» микроконтроллере; интеграция фазикоманд в ассемблеры; примеры реализации фазиуправления в технической сфере (автономный мобильный робот, управление топливной задвижкой и вентилятором котлоагрегата); управление подъемно-транспортным механизмом. Нечеткий ПИД-регулятор как нечеткий регулятор с тремя входами; нечеткая динамическая коррекция ПИД-регуляторов.</p> <p>Пакеты прикладных программ нечеткой логики: пакеты Fuzi Calc, Cubi Calc, FuzzyTech. Пакет Fuzzy Logic Toolbox: режимы работы, состав, основные функции.</p>
5	Нейронные сети	<p>Нейронные сети: нейросетевые технологии. Нейрокомпьютеры и сферы применения нейросетевых технологий. Биологический нейрон: строение. Структура и свойства искусственного нейрона. Функции активации: пороговая, сигнатурная, сигмоидальная, линейная с насыщением. Определение нейронной сети. Классификация нейронных сетей: полносвязные, слабосвязные и многослойные, сети без обратных связей и с обратными связями, гомогенные и гетерогенные сети, бинарные и аналоговые, асинхронные и синхронные.</p> <p>Нейронные сети: обучение нейронных сетей. Обучение нейронных сетей. Постановка задачи обучения нейронной сети. Задача обучения нейронной сети как задача многомерной оптимизации. Использование методов многомерной оптимизации при обучении нейронной сети: методы локальной оптимизации: координатного и наискорейшего спусков, методы глобальной оптимизации: случайный поиск. Алгоритм обратного распространения: вывод рекурсивной формулы для коррекции весов слоя.</p> <p>Использование генетического алгоритма при обучении нейронной сети. Общая схема генетического алгоритма. Способы создания начальной популяции. Классификация генетических операторов. Селекция решений. Способы отбора решений в популяцию.</p> <p>Нейронные сети: применение и примеры нейронных сетей.</p> <p>Применение нейросетей: классификация, кластеризация и поиск зависимостей, прогнозирование.</p> <p>Примеры нейронных сетей. Персептроны: структура, возможности. Проблема «исключающего ИЛИ».</p> <p>Нейронные сети встречного распространения.</p>

		Слой Кохонена: принцип функционирования, обучение. Слой Гроссберга: принцип функционирования, обучение. Области применения, недостатки и преимущества сетей встречного распространения. Нейронная сеть Хопфилда: структура, принцип функционирования. Нейронная сеть Хэмминга: структура, принцип функционирования. Применение сетей Хопфилда и Хэмминга. Вероятностная сеть: идея построения. Гибридные сети: принцип функционирования. Нейронные сети: пакеты прикладных программ для построения и применения нейронных сетей. Пакет прикладных программ Neural Network Toolbox для построения и исследования нейронных сетей: режимы работы, состав, основные функции.
6	Современные системы управления	Особенности практической реализации алгоритмов управления.

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Математическое описание объектов управления	<p>1. По заданной кривой разгона получить математическое описание объекта управления. Использовать метод последовательного логарифмирования. Представить математическое описание в виде передаточной функции и в пространстве состояний. В случае необходимости использовать фильтрацию.</p> <p>2. По заданной кривой разгона получить математическое описание методом непосредственного определения параметров. В случае необходимости использовать фильтрацию.</p> <p>3. Сравнить полученные модели. Сделать выводы. В случае неудовлетворительного результата по пункту 1 и 2 использовать пакет System Identification Toolbox (команда ident).</p> <p>4. Осуществить переход к различным формам записи объекта управления средствами Matlab, построить по ним структурные схемы. Правильность построения проверить путем моделирования оценив переходные процессы.</p>
Управление объектам с запаздыванием и исполнительным механизмом	<p>1. По имеющемуся математическому описанию объекта (полученному без исполнительного механизма):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- провести расчет ПИД-регулятора вида на заданный частотный показатель колебательности <math>L = 1,1 - 1,5</math>;</li> <li>- собрать модель системы, исследовать ее работоспособность, оценить качество работы (прямыми методами).</li> </ul> <p>2. Для объекта (без исполнительного механизма):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- провести расчет ПИД- регулятора с помощью пакета вида «PID Tuner»;</li> </ul>

	<p>- собрать модель системы, исследовать ее работоспособность, оценить качество работы (прямыми методами).</p> <p>3. Сравнить результаты п.1 и п.2 сделать выводы о наилучших настройках регулятора.</p> <p>4. Ввести в структуру системы исполнительный механизм( скорость работы задается преподавателем). Оценить работу модификации регулятора структуры ПДД2, с настройками, полученными по п.1 и п.2.. Сделать выводы о наилучших настройках.</p> <p>5.Оценить работу систем, полученных в рамках п.4 ШИМ- модуляцией (параметры работы задаются преподавателем).</p> <p>Скорректировать вручную настройки регулятора для обеспечения наилучшего качества работы. Сравнить системы и сделать выводы о наилучшем подходе к расчету систем управления с запаздыванием и исполнительным механизмом.</p>
Адаптивное управление эталонной моделью	<p>с</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Построить модель исследуемого объекта, организовав контуры параметрических и сигнальных рассогласований, а также предусмотрев подачу возмущений.</li> <li>Задать динамику эталонной модели полиномом с распределением корней по Баттерворту с <math>\omega_0 = 1</math>. Учесть при этом наличие коэффициента передачи.</li> <li>Исследовать влияние «быстрых» параметрических рассогласований на поведение объекта, для чего смоделировать ситуацию изменения его параметров во время обработки ступенчатого входного воздействия. В случае необходимости скорректировать модель так, чтобы это влияние было заметным. Исследовать влияние нелинейности и возмущения на поведение объекта при ступенчатом входном воздействии. В случае необходимости подобрать коэффициенты, чтобы это влияние было заметным. Зафиксировать параметры отклонений для дальнейшего исследования.</li> <li>Определить матрицу <math>P</math>, решив уравнение Ляпунова, для чего воспользоваться библиотечной функцией из Matlab.</li> <li>Собрать в Simulink систему регулирования, в которую помимо объекта войдут: адаптивный регулятор с настройками; эталонная модель, с параметрами определенными в рамках пункта 2; источник задающего сигнала (ступенчатого, синусоидального, «белого шума»). При создании схемы предусмотреть возможность использования в отдельности как параметрической, так и сигнальной настроек (предусмотреть фильтрацию з фильтром первого порядка с небольшой постоянной времени).</li> <li>Настроить в отдельности параметрическую и</li> </ol>

	<p>сигнальную составляющие адаптивного регулятора для подавления соответствующих рассогласований.</p> <p>7. Исследовать процессы адаптации при отработке системой ступенчатого и синусоидального входных воздействий и начальных рассогласований.</p> <p>8. Оценить качество работы собранных систем (перерегулирование, время переходного процесса, скорость процесса адаптации, диапазон изменения сигналов настроек и управления).</p> <p>9. Исследовать возможность подавления параметрической настройкой сигнальных рассогласований.</p> <p>10. Ввести в систему запаздывание и оценить качество работы системы</p>
Управление с компенсацией запаздывания	<p>1. Построить модель системы в Matlab Simulink. Объект управления выбрать с исполнительным механизмом (ТИМ задается преподавателем).</p> <p>2. Выбрать или рассчитать числовые параметры контура управления при подаче на вход системы единичного ступенчатого воздействия. Провести соответствующие сеансы имитационного моделирования.</p> <p>3. Задать уровень априорной неопределенности.</p> <p>4. Проанализировать работу системы при использовании кусочно-постоянного воздействия.</p> <p>5. Оценить работу полученных решений для случая изменения параметров объекта согласно п.3. Сделать выводы о работе системы.6. Добавить в систему ШИМ и оценить работу алгоритмов в этом случае. Если необходимо скорректировать параметры настроек так, чтобы качество работы системы было бы приемлемым. Сделать вывод о влиянии наличия ШИМ на качество работы системы.</p>
Нечеткое управление	<p>1. Построить модель системы для объекта полученного по результатам выполнения темы 1 с нечетким ПД- регулятором и исполнительным механизмом, без ШИМ (ТИМ задается преподавателем).</p> <p>2. Для алгоритма Мамдани задать нечеткие множества для входов и выходов регулятора. В случае необходимости провести корректировку масштабных и нормирующих коэффициентов.</p> <p>Примечание: В случае наличия затруднений по выбору числовых значений функций принадлежности можно в качестве отправной точки взять результаты моделирования классической системы с ПД- регулятором (оценить диапазон изменения ошибки и ее производной). ПД регулятор задать самостоятельно.</p> <p>3. Провести исследование системы при подаче на вход единичного ступенчатого воздействия. При неудовлетворительном качестве работы изменить</p>

	<p>интервалы и виды функций принадлежности, масштабные и нормирующие коэффициенты.</p> <p>4. Задать уровень априорной неопределенности объекта аналогично п.3 заданий для самостоятельной работы из темы 5; так же задать изменение задания и возмущения (п.4 темы 5) и исследовать работу полученных решений в этом случае.</p> <p>Если необходимо, провести корректировку числовых значений контура управления и правил работы регулятора для обеспечения лучшего качества функционирования системы.</p> <p>Ввести в модель системы ШИМ (аналогично теме 3) рассмотреть работу системы в этом случае. Оценить работу полученных решений для случая изменения параметров объекта согласно п.3. Сделать выводы о работе системы.</p> <p>Если необходимо, провести корректировку числовых значений контура управления и правил работы регулятора для обеспечения лучшего качества функционирования системы.</p> <p>Ввести в модель системы ШИМ (аналогично теме 3) рассмотреть работу системы в этом случае. Оценить работу полученных решений для случая изменения параметров объекта согласно п.3. Сделать выводы о работе системы.</p> <p>Для системы с исполнительным механизмом и без него (с ШИМ и без) видоизменить структуру ПД регулятора включив «интегратор в обход», т.е. добавив параллельно нечеткому ПД- алгоритму классическую интегральную составляющую с коэффициентом. Промоделировать поведение системы для этого случая, сделать предположения о необходимости И-составляющей как в исследуемом варианте, так и, в общем, при работе нечеткого ПИД-алгоритма.</p>
Нейронные сети: нейросетевые технологии, нейронных сетей	Пакеты прикладных программ для построения и применения нейронных сетей.
Современные системы управления	<ol style="list-style-type: none"> <li>Получить дискретные модели для одного из подходов к управлению, по вариантам (классической или одной из адаптивных), пользуясь функциями Matlab. Построить соответствующие схемы моделирования.</li> <li>Оценить качество работы гибридной системы в режиме моделирования, сравнив ее работу с непрерывной моделью. В случае необходимости скорректировать настройки контура управления. Сделать вывод о влиянии дискретизации на качество работы.</li> <li>Для одного из вариантов организации системы управления ввести шумы по измеряемой переменной (например, с помощью сложения базового сигнала с выходом блока «Белый шум» Simulink). Подобрать</li> </ol>

	<p>параметры шума так, что бы его влияние на качество работы было значительным.</p> <p>4. В режиме моделирования с помощью организации фильтрации добиться подавления шума. Сделать вывод о влиянии шумов и фильтрации на качество системы управления.</p> <p>5. В соответствии с вариантом (приложение В) реализовать электрическую схему системы управления, обеспечив ее работу в автоматическом и ручном режиме.</p> <p>6. Создать алгоритмическую схему программы для одной из технологических задач (приложение В) в соответстви с выбранным подходом к организации контура управления (классический, адаптивный с эталонной моделью, адаптивный с компенсацией запаздывания, нечеткий).</p>
--	--

### 5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Математическое описание объектов управления	<ol style="list-style-type: none"> <li>Получение адекватного математического описания объектов управления.</li> <li>Различные формы представления динамики систем регулирования.</li> </ol>
Управление объектами с оценкой переменных состояния для обеспечения желаемой динамики	<ol style="list-style-type: none"> <li>Модальное управление при полностью измеряемом векторе переменных состояния объекта для обеспечения желаемой динамики системы.</li> <li>Построение систем регулирования при условии недоступности измерений вектора состояния объекта.</li> </ol>
Классические системы регулирования объектами с запаздыванием и исполнительным механизмом	<ol style="list-style-type: none"> <li>Подходы к управлению объектами с исполнительным механизмом и запаздыванием.</li> <li>Расчет классического регулятора для объектов теплоэнергетики.</li> </ol>
Адаптивная система регулирования с эталонной моделью	<ol style="list-style-type: none"> <li>Использование принципов адаптации в системах управления.</li> <li>Адаптивная система управления с эталонной моделью при полностью измеряемом векторе переменных состояний.</li> </ol>
Адаптивная система регулирования с компенсацией запаздывания	<ol style="list-style-type: none"> <li>Изучение принципов компенсации негативного влияния с запаздыванием.</li> <li>Анализ работы адаптивной системы со стабилизирующим устройством.</li> </ol>
Нечеткие системы управления	<ol style="list-style-type: none"> <li>Изучение принципов построения нечетких систем управления.</li> <li>Создание и анализ работы системы нечеткого управления.</li> </ol>

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах

1	Введение. Общая характеристика современных методов построения систем управления	Подготовка к тестированию по темам; Подготовка к Лабораторной работе Подготовка к РГР; Подготовка к зачету.	4
2	Классическое и модальное управление	Подготовка к тестированию по темам; Подготовка к Лабораторной работе Подготовка к РГР; Подготовка к зачету.	4
3	Адаптивные системы	Подготовка к тестированию по темам; Подготовка к Лабораторной работе Подготовка к РГР; Подготовка к зачету.	4
4	Системы фазового управления	Подготовка к тестированию по темам; Подготовка к Лабораторной работе Подготовка к РГР; Подготовка к зачету.	4
5	Нейронные сети	Подготовка к зачету.	2
6	Современные системы управления	Выполнение РГР; Подготовка к зачету.	20
7	Зачет	Подготовка к зачету.	1.8

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий широко используются такие образовательные технологии как проблемное обучение, использование электронных ресурсов и т.п.

На лекционных занятиях демонстрируются презентации, проводится показ видеоматериалов, имитационное моделирование.

Практические и лабораторные работы проводятся с привлечением современных свободно распространяемых средств имитационного и инженерного исследования, а так же с привлечением лабораторной базы кафедры.

Весь курс проводится с применением современных информационных технологий и привлечением средств дистанционного образования. Для этих целей используется собственный сайт кафедры (доступный из сети Интернет в любое время), где для дисциплины отводится специальный раздел, в котором размещаются в электронном виде учебники и пособия, программные средства и другой вспомогательный материал. На сайте так же существует форум, где студенты проводят консультации друг с другом и со студентами старших курсов, задают вопросы и получают рекомендации от ведущего преподавателя.

В целом, с учетом контингента обучающихся в каждой конкретной группе (на лекциях, лабораторных, практических работах и консультациях) предусматривается возможность применения следующих образовательных технологий:

а) проведение занятий по технологии «зигзаг» (с выделением групп, распределением вопросов, перераспределением на группы экспертов и выбором наилучшей методики изложения, изложением экспертов в своих группах вопросов, окончательным контролем);

б) проведение выездных занятий на предприятиях или в специализированных организациях (либо приглашение специалистов и демонстрирование видео и фотоматериалов);

- в) проведение ролевых учебных игр с выделением судейской коллегии, представителей заказчиков от производства и проектировщиков;
- г) проведение дискуссий на различные темы (подразделы тем), дискуссий с выдвижением проектов.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

В соответствии с положением АмГУ о курсовых экзаменах и зачетах рекомендуется следующий способ текущего контроля (аттестации) успеваемости студентов. Аттестация проводится дважды в семестр. Аттестационная оценка складывается из следующих составляющих:

- результатов тестирования;
- посещаемости всех видов занятий и контроля проработки теоретического материала;
- оценки полученной на соответствующей контрольной работе;
- оценки характеризующей выполнение и защиту лабораторных работ;
- оценки характеризующей работу студентов на практических и семинарских занятиях, консультациях по выполнению РГР.

При этом преимущественным весом обладают оценки, характеризующие персональное усвоение материала студентом (оценка по контрольной работе, РГР, и т.п.).

Основная форма контроля это выставление оценок за работу на лабораторных и практических занятиях, по результатам выполнения РГР и тестов. Тесты, разбитые на разделы (по темам) прорабатываются при изучении лекционного материала на соответствующих консультациях. Тестирующие материалы представлены в виде отдельного документа (УМКД по дисциплине).

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Предпосылки для применения современных подходов к построению систем управления, их общая характеристика.
2. Математическое описание объектов и систем: способы получения и перехода от одной формы записи к другой.
3. Модальное управление при полностью измеряемом векторе состояния.
4. Определение коэффициентов модального регулятора в реальном базисе: способы, условия, пример.
5. Управление отдельными модами и модальное управление при неполных измерениях; наблюдатели.
6. Определения и классификация адаптивных систем. Поисковые и экстремальные системы. Методы организации поиска.
7. Методы синтеза алгоритмов адаптации. Синтез с помощью прямого метода Ляпунова.
8. Синтез адаптивной системы с параметрической настройкой, явной эталонной моделью, при полных измерениях вектора состояния объекта.
9. Синтез адаптивной системы с сигнальной настройкой, явной эталонной моделью, при полных измерениях вектора состояния объекта.
10. Системы с сигнально-параметрической адаптацией: структура, принцип работы, пример.
11. Синтез адаптивной системы для объекта с запаздыванием, при измерениях только входа и выхода на основе критерия гиперустойчивости.
12. Адаптивные системы с настраиваемой моделью, наблюдатели.
13. Нечеткая информация: множества, их характеристика, операции над ними; нечеткие отношения.
14. Нечеткие выводы и управление: основа нечеткого вывода; нечеткое управление, структура фази-системы.
15. Нечеткие регуляторы: различные алгоритмы, микроконтроллеры с поддержкой нечеткой логики, нечеткие ПИД-регуляторы.
16. Пакеты прикладных программ для нечеткой логики.

17. Общая характеристика нейросетевых технологий.
18. Обучение нейронных сетей.
19. Примеры нейронных сетей и их применение.
20. Пакеты прикладных программ и их применение для создания нейро- систем управления.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) литература**

1. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-5816-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145842> (дата обращения: 12.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2 Жмудь, В. А. Системы автоматического управления высшей точности : учебное пособие для вузов / В. А. Жмудь, А. В. Тайченачев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 211 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05143-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493051> (дата обращения: 18.01.2022).

3. Теличенко, Д.А. Современные системы автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. А. Теличенко ; Ам ГУ, Эн. ф. - Благовещенск : Изд- во Амур. гос. ун- та, 2014. - 100 с. - Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/6743.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6743.pdf)

4. Шишмарёв, В. Ю. Основы автоматического управления : учебное пособие для вузов / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 350 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05203-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493100> (дата обращения: 28.02.2022).

5. Рыбалев, А.Н.Современные системы управления [Электронный ресурс] : Пособие к выполнению лаб. работ, курс. и диплом. проектированию / А. Н. Рыбалев, Д. А. Теличенко, В. Ю. Косицын ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун- та, 2010. - 101 с. - Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3758.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3758.pdf)

6. Еремин Е.Л. Адаптивное и робастное управление в теплоэнергетике [Электронный ре-сурс] : моногр. / Е. Л. Еремин, Д. А. Теличенко. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2009. - 228 с. - Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/6933.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6933.pdf)

7. Теория автоматического управления [Текст] : учеб. : доп. Мин. обр. РФ / под ред. В. Б. Яковleva. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 568 с.

5. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления [Текст] : учеб.: рек. Мин. обр. РФ / В. Я. Ротач. - 4-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2007. - 400 с.

8. Ольшанский В.В. Идентификация и диагностика систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Ольшанский, С.В. Мартемьянов. — Электрон. текстовые данные. — Ростов-на-Дону: Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2016. — 106 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57341.html>

9. Современные системы управления [Электронный ресурс] : сб. учеб.- метод. материалов для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств / АмГУ, ЭФ ; сост. Д.А. Теличенко - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун- та, 2017.- 112 с. - Режим доступа : [tp://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/8248.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/8248.pdf) [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/8248.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/8248.pdf)

### **б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

№	Наименование	Описание
1	Операционная система	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3

	MS Windows 7 Pro	years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	Операционная система MS Windows XP SP3	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
3	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
4	MS Access 2010	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
5	MS Access 2013	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
6	MS Access 2016	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
7	MS Access 2010	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
8	MS Access 2013	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
9	MS Access 2016	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
10	MATLAB+SIMULINK	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013.
11	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="https://ru.libreoffice.org/about-us/license/">https://ru.libreoffice.org/about-us/license/</a>
12	http://e.lanbook.com	Электронно-библиотечная система, включающая в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.
13	http://www.iprbookshop.ru/	Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
14	ЭБС ЮРАЙТ <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от

		ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.
15	ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>	<p>Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" (<a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>) является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями.</p> <p>Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС ВО 3+) к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы, для СПО, ВО и аспирантуры</p>

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://exponenta.ru/">http://exponenta.ru/</a>	Образовательный математический сайт. Посвящен решениям математических задач в среде математических пакетов Mathcad, Matlab, Maple, Mathematica, Statistica и др.; Содержит форум, библиотеку, ссылки.
2	<a href="http://www.rushydro.ru/company/">http:// www.rushydro.ru/company/</a>	Официальный сайт ПАО «РусГидро»
3	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost/">https://www.gost.ru/portal/gost/</a>	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии(Росстандарт)
5	<a href="http://www.ict.edu.ru/about">http://www.ict.edu.ru/about</a>	Информационно-коммуникационные технологии в образовании – федеральный образовательный портал
6	<a href="https://www.runnet.ru">https://www.runnet.ru</a>	RUNNet(Russian University Network) – научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обеспечивающая интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет.
7	<a href="http://www.informatika.ru">http://www.informatika.ru</a>	Информатика.Сайт Государственного научного предприятия, способствующего обеспечению всестороннего развития и продвижения новых информационных технологий в сферах образования и науки России
8	<a href="http://www.informatika.ru">http://www.informatika.ru</a>	Информатика.Сайт Государственного научного предприятия, способствующего обеспечению всестороннего развития и продвижения новых информационных технологий в сферах образования и науки России

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Чтение материала, а так же проведение практических и лабораторных работ сопровождается демонстрацией работы систем управления, в том числе с помощью имитационного моделирования.

Так же используются специализированные средства аудитории 304: роботизированный стенд, система управления объектом с поддержанием уровня воды, система позиционирования солнечных батарей.

Занятия проводятся в специализированных аудиториях оснащенных следующим оборудованием:

1. Проектор Epson, EB-X02, S/n PTAK3702086;
2. Ноутбук Acer Aspire 7250, S/n LXRL601006209050F27200.