

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

18 июня 2024 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 – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 7

Зачет 7 сем

Общая трудоемкость дисциплины 108.0 (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

01.02.2024 г. , протокол № 7

Заведующий кафедрой Скрипко О.В. Скрипко

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

18 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

18 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Скрипко О.В. Скрипко

18 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

18 июня 2024 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 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Современные системы управления» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и базируется на курсах: «Высшая математика», «Теория автоматического управления», «Средства автоматизации и управления», «Технологические процессы автоматизированных производств», «Прикладные программы в автоматизации», «Проектирование автоматизированных систем».

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 так же 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, экономических и управленческих параметров, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием стандартных средств автоматизации	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.

расчетов и проектирования	
ПК-4 Способен участвовать в изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию автоматизированных систем управления технологическими процессами	<p>ИД-1ПК-4 Использует знания принципов действия и технико-экономических характеристик оборудования и средств автоматизации.</p> <p>ИД-2ПК-4 Готов участвовать в испытаниях оборудования автоматизированных систем управления технологическими процессами.</p> <p>ИД-3ПК-4 Может выполнять монтаж и наладку средств автоматизации, контроля и диагностики технологических процессов в энергетике.</p> <p>ИД-4ПК-4 Пользуется инструментом, оборудованием и приборами для наладки средств и систем автоматизации.</p>

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.00 зачетных единицы, 108.0 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	7	2		2		2						2	Тест, РГР, зачет

	управления												
2	Модальное управление	7	4		4		4					4	Тест, РГР, зачет
3	Адаптивные системы	7	6		6		4					6	Тест, РГР, зачет
4	Системы фазы-управления	7	2		16		4					10	Тест, РГР, зачет
5	Нейронные сети	7	2		4							12	Тест, РГР, зачет
6	Современные системы управления	7	2		2		2					4	Тест, РГР, зачет
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 характеристика методов построения систем	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. Общая характеристика модального управления. Общая характеристика адаптивных систем. Общая характеристика систем нечеткого управления. Общая характеристика нейронных сетей.
2	Модальное управление	Модальное управление: описание объектов и систем в пространстве состояний; математические модели и структурные схемы линейных систем; модальное управление при полностью измеряемом векторе состояния. 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. Модальное управление при полностью измеряемом векторе состояния объекта. Пример модальной системы в каноническом представлении. Определение коэффициентов модального регулятора в каноническом базисе. Определение коэффициентов модального регулятора в реальном базисе. Матрица преобразования из реального базиса в канонический. Условие возможности

		<p>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 стационарного наблюдателя полного порядка. Условие устойчивости процесса восстановления координат. Структура системы модального управления со стационарным наблюдателем. Характеристический полином модальной системы с наблюдателем.</p>
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 беспойсковые, 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. 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</p>

		системы с настраиваемой моделью.
4	Системы фази-управления	<p>Системы фази-управления: нечеткая информация. 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 размывания, 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.</p> <p>Системы фази-управления: нечеткие выводы и управление.</p> <p>Силлогизм как основа четких выводов; структура силлогизма; нечеткий силлогизм – пример; реализация нечеткого силлогизма на базе max-min и max-prod композиций.</p> <p>Нечеткое управление: структура одноконтурной системы фази-управления; реализация нечеткого алгоритма (фазификация, логический вывод, композиция, дефазификация); методы дефазификации; пример одноконтурной системы фази-управления.</p> <p>Системы фази-управления: фази-алгоритмы.</p> <p>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.</p> <p>Системы фази-управления: нечеткие регуляторы.</p> <p>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.</p>

		<p>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 тав.</p> <p>значения выходной величины); алгоритм Сугэно первого порядка (вычисление значения выходной величины); пример нечеткого регулятора уровня жидкости в баке.</p> <p>Системы фазы-управления: нечеткие регуляторы.</p> <p>Аппаратная реализация нечеткого контроллера; аппаратный микропроцессор нечеткой логики (структура); эмуляция нечеткой логики на «обычном» микроконтроллере; интеграция фазы-команд в ассемблеры; примеры реализации фазы-управления в технической сфере (автономный мобильный робот, управление топливной задвижкой и вентилятором котлоагрегата); управление подъемно-транспортным механизмом.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>



		<p>начальной популяции. Классификация генетических операторов. Селекция решений. Способы отбора решений в популяцию. Нейронные сети: применение и примеры нейронных сетей.</p> <p>Применение нейросетей: классификация, кластеризация и поиск зависимостей, прогнозирование.</p> <p>Примеры нейронных сетей. Перцептроны: структура, возможности. Проблема «исключающего ИЛИ».</p> <p>Нейронные сети встречного распространения. 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.</p> <p>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.</p>
6	Современные системы управления	Особенности практической реализации алгоритмов управления.

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Математическое описание объектов управления	<ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>По заданной кривой разгона получить математическое описание методом непосредственного определения параметров. В случае необходимости использовать фильтрацию.</li> <li>Сравнить полученные модели. Сделать выводы. В случае неудовлетворительного результата по пункту 1 и 2 использовать пакет System Identification Toolbox (команда ident).</li> <li>Осуществить переход к различным формам записи объекта управления средствами Matlab, построить по ним структурные схемы. Правильность построения проверить путем моделирования оценив</li> </ol>

	<p>переходные процессы.</p> <p>Управление объектам с запаздыванием и исполнительным механизмом</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. По имеющемуся математическому описанию объекта (полученному без исполнительного механизма): <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> </li> <li>2. Для объекта (без исполнительного механизма): <ul style="list-style-type: none"> <li>- провести расчет ПИД- регулятора с помощью пакета вида «PID Tuner»;</li> <li>- собрать модель системы, исследовать ее работоспособность, оценить качество работы (прямыми методами).</li> </ul> </li> <li>3. Сравнить результаты п.1 и п.2 сделать выводы о наилучших настройках регулятора.</li> <li>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.</li> <li>5.Оценить работу систем, полученных в рамках п.4 ШИМ- модуляцией (параметры работы задаются преподавателем). 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.</li> </ol>
<p>Адаптивное управление эталонной моделью</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить модель исследуемого объекта, организовав контуры параметрических и сигнальных рассогласований, а также предусмотрев подачу возмущений.</li> <li>2. Задать динамику эталонной модели полиномом с распределением корней по Баттерворту с <math>\zeta \neq 1</math>. Учесть при этом наличие коэффициента передачи.</li> <li>3. 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>4. Определить матрицу P, решив уравнение Ляпунова, для чего воспользоваться библиотечной функцией из Matlab.</li> </ol>

	<p>5. 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»).</p> <p>При создании схемы предусмотреть возможность использования в отдельности как параметрической, так и сигнальной настроек (предусмотреть фильтрацию <math>z</math> фильтром первого порядка с небольшой постоянной времени).</p> <p>6. Настроить в отдельности параметрическую и 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>
<p>Управление с компенсацией запаздывания</p>	<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.</p> <p>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>
<p>Нечеткое управление</p>	<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</p>

	<p>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 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>
<p>Нейронные сети: нейросетевые технологии, обучение нейронных сетей</p>	<p>Пакеты прикладных программ для построения и применения нейронных сетей.</p>
<p>Современные системы управления</p>	<p>1. Получить дискретные модели для одного из подходов к управлению, по вариантам (классической или одной из адаптивных), пользуясь функциями</p>

	<p>Matlab. Построить соответствующие схемы моделирования.</p> <p>2. 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.</p> <p>3. 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 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 соответствии 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>1. Получение адекватного математического описания объектов управления.</li> <li>2. 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>1. Модальное управление при полностью измеряемом векторе переменных состояния объекта для обеспечения желаемой динамики системы.</li> <li>2. 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>1. Подходы к управлению объектами с исполнительным механизмом и запаздыванием.</li> <li>2. Расчет классического регулятора для объектов теплоэнергетики.</li> </ol>
Адаптивная система регулирования с эталонной моделью	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование принципов адаптации в системах управления.</li> <li>2. Адаптивная система управления с эталонной моделью при полностью измеряемом векторе переменных состояний.</li> </ol>
Адаптивная система регулирования с компенсацией	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение принципов компенсации негативного влияния с запаздывания.</li> </ol>

запаздывания	2. Анализ работы адаптивной системы со стабилизирующим устройством.
Нечеткие системы управления	1. Изучение принципов построения нечетких систем управления. 2. Создание и анализ работы системы нечеткого управления.
Современные системы управления	1. Получить дискретные модели для одного из подходов к управлению, по вариантам (классической или одной из адаптивных), пользуясь функциями Matlab. Построить соответствующие схемы моделирования. 2. 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. 3. 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 параметры шума так, что бы его влияние на качество работы было значительным. 4. В режиме моделирования с помощью организации фильтрации добиться подавления шума. Сделать вывод о влиянии шумов и фильтрации на качество системы управления. 5. В соответствии с вариантом реализовать электрическую схему системы управления, обеспечив ее работу в автоматическом и ручном режиме. 6. Создать алгоритмическую схему программы для одной из технологических задач (приложение В) в соответствии с выбранным подходом к организации контура управления (классический, адаптивный с эталонной моделью, адаптивный с компенсацией запаздывания, нечеткий).

## 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.	2
2	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.	6
4	Системы фазы-управления	Подготовка к тестированию по темам; Подготовка к Лабораторной работе Подготовка к РГР; Подготовка к зачету.	10
5	Нейронные сети	Подготовка к зачету.	12
6	Современные системы управления	Выполнение РГР; Подготовка к зачету.	4
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 фото-материалов);
- 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 система управления, структура фазы-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 для



вузов / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-507-44643-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238508> (дата обращения: 23.05.2024). — 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, 2024. — 211 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05143-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539776> (дата обращения: 23.05.2024).

3. Теличенко, Д.А. Современные системы автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. А. Теличенко ; АмГУ, 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, 2024. — 350 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05203-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539825> (дата обращения: 23.05.2024).

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 ресурс] : 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. Яковлева. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 568 с.

8. 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.

9. Ольшанский, В. В. Идентификация и диагностика систем : учебное пособие / В. В. Ольшанский, С. В. Мартемьянов. — Ростов-на-Дону : Институт водного транспорта имени Г.Я. Седова – филиал «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», 2016. — 106 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/57341.html> (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	MATLAB+SIMULINK	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013.
2	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="https://ru.libreoffice.org/about-us/license/">https://ru.libreoffice.org/about-us/license/</a>
3	Операционная система специального назначения «Astra Linux Special Edition» РУСБ.10015-01	Лицензионный договор № РБТ-14/1607-01- ВУЗ на предоставление права использования программы для ЭВМ.
4	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	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.

5	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>	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
6	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.
7	ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>	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. 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

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 PТАК3702086;
2. Ноутбук Acer Aspire 7250, S/n LXRL601006209050F27200.