



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храшкин

10.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУП,
АСУТП И АСУТПП***

Научная специальность

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

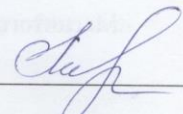
Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Вычислительной техники и программирования
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования
08.02.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой  О.С. Логунова


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
зав. кафедрой АСУ, д-р техн. наук

 С.М. Андреев

Рецензент:

директор НИИ «Промбезопасность», канд. техн. наук  М.Ю. Наркевич

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Математическое и программное обеспечение АСУП, АСУТП и АСУТПП» являются: развитие профессиональных компетенций в области применения современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных программных средств.

2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Математическое и программное обеспечение АСУП, АСУТП и АСУТПП» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

КНС-6	Способен разрабатывать и применять методы синтеза специального математического обеспечения, пакеты прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП, АСПП и др.

3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 42 акад. часов;
- аудиторная – 42 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 30 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	практ. зан.		
1. Структура математических моделей объектов и систем управления					
1.1 Системный анализ требований к разработке математического и программного обеспечения АСУ.	3	6	6	6	Устный опрос по практической работе №1 «Системный анализ в разработке математической модели процесса»
1.2 Этапы построения математической модели. Представление результатов математического моделирования объектов и систем управления		4	4	6	Беседа - обсуждение.
Итого по разделу		10	10	12	
2. Методы алгоритмизации математической модели и принципы проведения вычислительного эксперимента					
2.1 Алгоритмизация действий вычислительного эксперимента. Численные методы.	3	6	6	6	Устный опрос по практической работе №2 «Структурное представление и программная реализация математической модели каскадного контура управления»
2.2 Верификация и валидация математических моделей процессов и объектов управления. Постановка и проведение вычислительного эксперимента.		5	5	6	Беседа - обсуждение
Итого по разделу		11	11	18	
Итого за семестр		21	21	24	зачёт
Итого по дисциплине		21	21	30	зачет

4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении 1.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Бычков, Ю. А. Непрерывные и дискретные нелинейные модели динамических систем : монография / Ю. А. Бычков, Е. Б. Соловьева, С. В. Щербаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 420 с. — ISBN 978-5-8114-3348-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169318> (дата обращения: 02.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Цаплин, А. И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии : учебное пособие / А. И. Цаплин, И. Л. Никулин. — Пермь : ПНИПУ, 2011. — 299 с. — ISBN 978-5-398-00575-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160730> (дата обращения: 07.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

3. Кучеряев, Б. В. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебное пособие / Б. В. Кучеряев, В. Б. Крахт, О. Г. Манухин. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 : Моделирование и оптимизация технологических систем — 2004. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116999> (дата обращения: 27.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Андреев, С. М. Моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / С. М. Андреев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3337.pdf&show=dcatalogues/1/1138496/3337.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-1028-7. - Сведения доступны также на CD-ROM.

5. Каштаева, С. В. Математическое моделирование : учебное пособие / С. В. Каштаева. — Пермь : ПГАТУ, 2020. — 112 с. — ISBN 978-5-94279-487-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156708> (дата обращения: 07.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Виртуальный стенд системы автоматического управления технологическим параметром	свидетельство №2013612340	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Tex Live	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Texmaker	свободно распространяемое ПО	бессрочно

MAXIMA	свободно	бессрочно
Браузер Mozilla	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Scilab Computation Engine	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: http://window.edu.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	http://scopus.com

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
Системный анализ в разработке математической модели процесса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как представляется модель в операторной форме записи? 2. Приведите порядок вычисления изображений функции на примере простейших функций 3. Перечислите свойства преобразования Лапласа. Приведите пример получения передаточной функции с использованием свойств преобразования 4. Приведите пример получения модели в операторной форме 5. Какие исследования производятся по математическим моделям в операторной форме 6. Приведите порядок синтеза математической модели нагрева тонкого тела. 7. Что такое управляемая форма математической модели «вход-выход»? Приведите общее математическое описание модели в управляемой форме 8. Какой вид имеет матрица состояний в управляемой форме? Покажите на примере переход к управляемой форме математической модели Как перейти из представления математической модели в управляемой форме к представлению в операторной форме? Покажите на примере Какой общий вид умеют матрицы управления и матрица свободных коэффициентов для моделей систем, представленных в управляемой форме? 9. Что такое вектор состояния модели системы? 10. Запишите уравнения состояния системы в векторно-матричной форме 11. Сформируйте математическую модель в пространстве состояний по дифференциальному уравнению n-ого порядка 12. Покажите связь представления моделей систем в пространстве состояний с операторской формой представления. Приведите пример перехода из пространства состояний к передаточной функции 13. Какие процессы являются процессами с распределенными параметрами? 14. Какой класс дифференциальных уравнений описывает поведение объектов с распределенными параметрами? 15. Что такое сеточная функция? Для каких целей используются сеточные функции? 16. Чем отличается явная схемы численного решения уравнения модели с распределенными параметрами от неявной? 17. Чем определяется точность решения численным методом для моделей объектов с распределенными параметрами?
Структурное представление и программная	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие методы адаптации математической модели использовались при выполнении работы? Поясните порядок действий при проведении адаптации математической модели.

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
<p>реализация математической модели каскадного контура управления</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Как реализуется математическая модель контура управления в операторной форме с контуром самонастройки? 3. Модели контуров самонастройки 4. Рассчитайте настройки регулятора для заданной модели объекта с использованием математического метода. 5. Расчет настроек регуляторов для статических и астатических объектов 6. Поисковые методы настройки регуляторов. Пример реализации поискового метода 7. В чем заключается поисковый метод настройки контура? 8. В чем заключается поисковый метод настройки контура? 9. Поясните, по каким характеристикам объекта управления, можно определить его параметры? 10. Приведите пример синтеза математической модели в операторной форме 11. Для каких целей строятся математические модели в виде структурных схем? 12. Какие основные соединения звеньев. Приведите пример построения моделей для каждого типа соединений звеньев. 13. Элементы, входящие в контур системы автоматического регулирования 14. Реализуемые математические функции элементами САР 15. Варианты функций регуляторов 16. Инженерные методы настройки регулятора 17. Что такое переходный процесс при возмущениях со стороны задания? Приведите пример переходного процесса. 18. Что такое переходный процесс при возмущениях со стороны нагрузки? Приведите пример переходного процесса. 19. Возможные варианты переходного процесса в замкнутом контуре 20. Что такое разомкнутый контур управления? /Как произведсти размыкание контура? 21. Пассивные методы определения динамических характеристик объекта управления

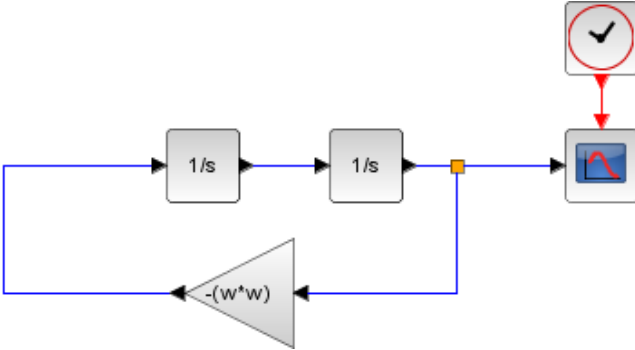
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

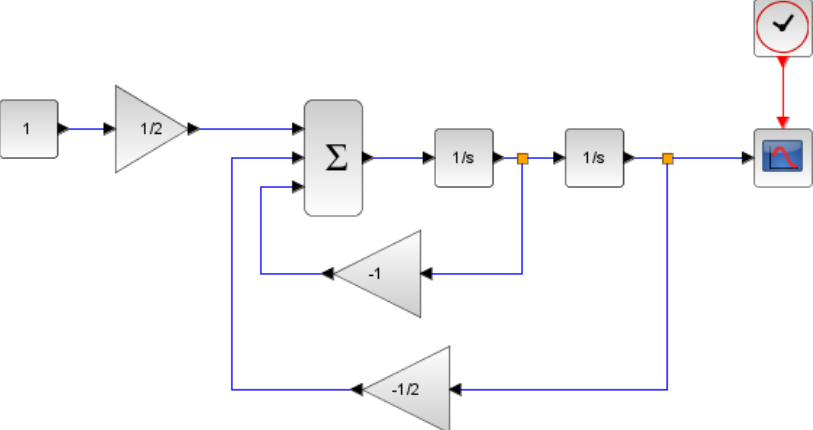
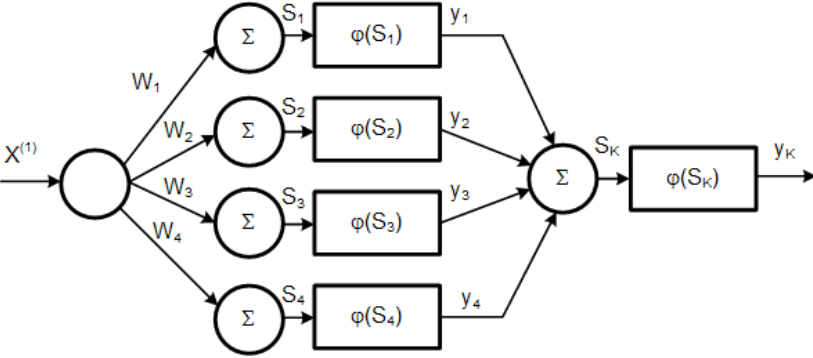
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
КНС-6: Способен разрабатывать, модифицировать и применять методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем		
Знать	<p>– современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в автоматизированных системах управления технологическими комплексами</p> <p>– выполнять анализ и формулировать проблемы управления в сложных системах на основе законов и методов в области математики</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методы синтеза математических моделей. Характеристики аналитических, экспериментальных и аналитико-экспериментальных методов. Области применения этих методов. 2. <i>Виды математических моделей, принятая классификация. Назначение и общая характеристика каждого класса математических моделей.</i> 3. В чем сущность системного подхода при синтезе математических моделей для объектов, описываемых законами механики. Приведите примеры 4. Какие методы решения дифференциальных уравнений используются при исследовании моделей систем? 5. Как и для каких целей производится декомпозиция математической модели? Приведите пример декомпозиции. 6. Что такое математическая схема? Для каких целей используется это понятие? 7. Что такое формальная модель системы? Как производится процесс формализации? 8. Какие виды обеспечения требуются для разработки имитационных моделей? 9. Как формируется цель моделирования? Какие виды целей моделирования используются при определении концепции модели? 10. Какие стадии разработки модели используются при системном подходе? Охарактеризуйте эти стадии. 11. Что понимается под структурой системы при системном подходе построения моделей? 12. Что такое модель системы? 13. Что называется гипотезой и аналогией в исследовании систем? 14. Что такое процесс функционирования системы 15. Модели каскадных систем управления. Области использования каскадных

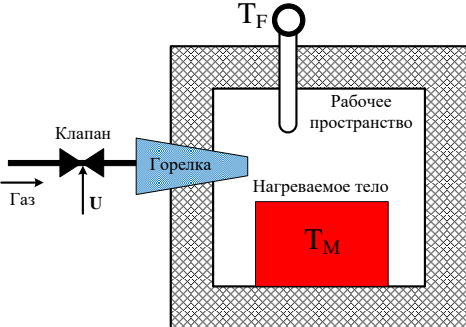
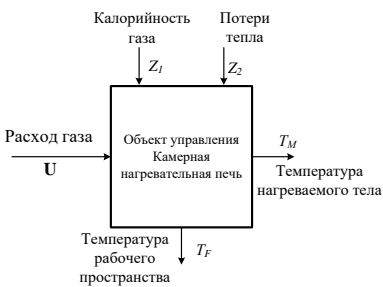
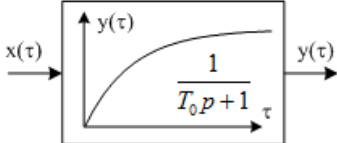
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>систем. Методы настройки каскадных регуляторов.</p> <p>16. Приведите модели контуров регулирования с замкнутым и разомкнутым контуром самонастройки.</p> <p>17. Поясните принцип формирования модели самонастройки регулятора с использованием оптимизационных алгоритмов.</p> <p>18. Приведите структуру модели системы экстремального регулирования. Поясните особенности алгоритмической реализации модели.</p> <p>19. Приведите структуру нечеткого регулятора. Поясните последовательность проведения расчетов при формировании управляющего воздействия. Назначение и алгоритмическая реализация блока дефазификации.</p> <p>Примеры практических заданий:</p> <p>Как представить дифференциальное уравнение, описывающее поведение объекта в канонической форме?</p> <p>Запишите линейное ОДУ n-ого порядка с постоянными коэффициентами с ненулевой правой частью</p> <p>Какие методы решения дифференциальных уравнений используются в при исследовании моделей систем?</p> <p>Как представляется модель в операторной форме записи? Приведите пример.</p> <p>Приведите порядок вычисления изображений функции на примере простейших функций</p> <p>Перечислите свойства преобразования Лапласа. Приведите пример получения передаточной функции с использованием свойств преобразования</p> <p>Как получить операторную форму записи дифференциального уравнения? Что такое интеграл свертки?</p> <p>Для каких целей строятся математические модели в виде структурных схем? Приведите пример математической модели в виде структурной схемы</p> <p>Какие характеристики объекта должны быть описаны в математической модели?</p> <p>Методы численного решения дифференциальных уравнений</p> <p>Алгоритм реализации выбранного численного метода решения дифференциальных уравнений модели</p> <p>Построение системы разностных уравнений для численного решения дифференциального уравнения</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div style="text-align: center;"> </div> <p>5. Представьте заданное дифференциальное уравнение поведения объекта разностным аналогом в рекуррентной форме. $5y'' - y' - 3y = 0$ при $y(0) = 1, y'(0) = -2$</p> <p>6. Для заданной модели системы в матричной управляемой форме получите модель в операторной форме $A_{ky} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -40 & -38 & -11 \end{bmatrix}, B_{ky} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, C_{ky} = [3 \ 4 \ 1]$</p> <p>7. По заданному дифференциальному уравнению сформируйте математическую модель в пространстве состояний $y''' + 11y'' + 38y' + 40y = x'' + 4x' + 3x$</p>
Уметь	- использовать современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в автоматизированных системах управления технологическими комплексами	<p>Перечень теоретических вопросов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модели каскадных систем управления. Области использования каскадных систем. Методы настройки каскадных регуляторов. 2. Приведите модели контуров регулирования с замкнутым и разомкнутым контуром самонастройки. 3. Поясните принцип формирования модели самонастройки регулятора с использованием оптимизационных алгоритмов. 4. Приведите структуру модели системы экстремального регулирования. Поясните

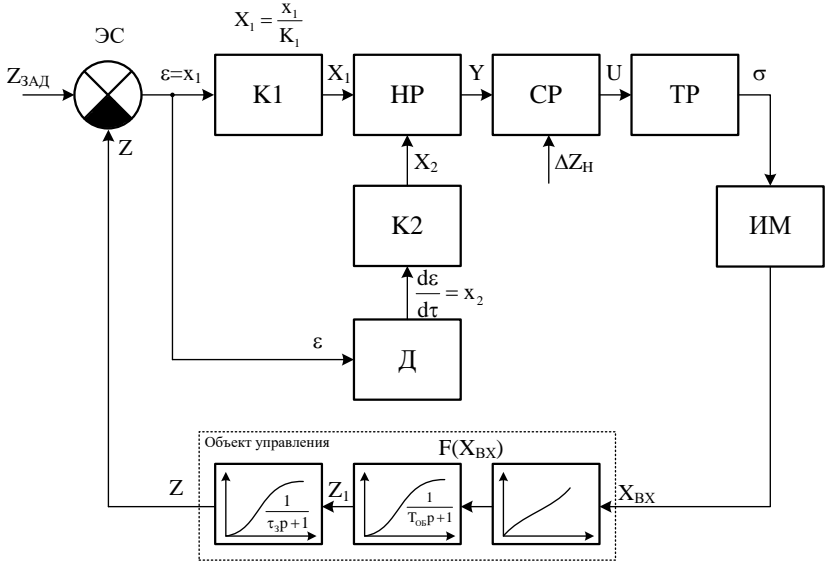
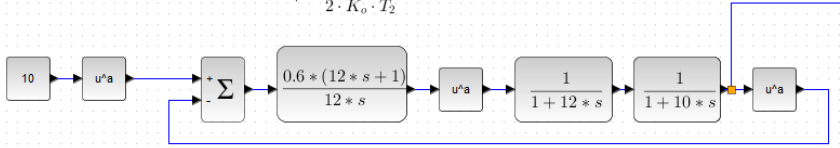
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	-	<p>особенности алгоритмической реализации модели.</p> <p>5. Приведите структуру нечеткого регулятора. Поясните последовательность проведения расчетов при формировании управляющего воздействия. Назначение и алгоритмическая реализация блока дефазификации.</p> <p>Примеры практических заданий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приведите структуру локального контура управления с исполнительным механизмом постоянной скорости. Приведите математическое описание каждого элемента этой структуры. 2. Приведите структурную схему нейронной сети Хопфилда. Поясните основные отличия от прямонаправленных нейронных сетей 3. Как получить частотные характеристики системы при проведении вычислительных экспериментов на модели? 4. Сформируйте функции принадлежности нечетких регуляторов. Какие методы формирования функций принадлежности могут при этом использоваться. Приведите примеры формирования функций принадлежности. 5. Модели замкнутых систем регулирования. Модели двухконтурных систем. Модели систем каскадного управления 6. Поясните принцип формирования модели самонастройки регулятора с использованием оптимизационных алгоритмов <p>1. Определите, для какого дифференциального уравнения полученная структурная схема в SciLab</p>  <p>2. Составьте структурную схему для реализации математической модели, описываемой дифференциальным уравнением</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p data-bbox="824 247 1075 319">$\frac{dy}{d\tau} = K_H (x - K_C y)$</p> <p data-bbox="824 359 1993 430">3. Реализуйте систему разностных уравнений для описания математической модели, представленной структурной схемой</p>  <p data-bbox="824 909 2116 981">4. Для заданной структуры нейронной сети запишите математическое выражение связи между входом X и выходом Y в форме Y(X)</p> 
Владеть	– навыками применения	<i>Перечень теоретических вопросов</i>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>современных методов разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения цифровых систем управления технологическими комплексами</p>	<p>Виды математических моделей, принятая классификация. Назначение и общая характеристика каждого класса математических моделей. Методы синтеза математических моделей. Характеристики аналитических, экспериментальных и аналитико-экспериментальных методов. Области применения этих методов. Методы численного решения дифференциальных уравнений. Способы математического описания технологических систем управления и их элементов. Динамические модели Модели замкнутых систем регулирования. Модели двухконтурных систем. Модели систем каскадного управления Модели типа «вход-выход», структура модели, определение и запись передаточных функций модели Модели систем автоматической оптимизации. Структурная схема модели САО. Модели нейросетевых объектов и систем управления, основные понятия. Структуры нейросетей. Модели систем нечетко-логического управления. Основные этапы построения систем нечеткого вывода. Синтез нейросетей модели. Понятия синоптических весов. Пример вычислений результата нейросети Модели систем автоматической оптимизации, алгоритм реализации модели. Основные типы алгоритмов автоматической оптимизации, их отличия друг от друга. Методы численного решения дифференциальных уравнений</p> <p>Примеры практических заданий Реализация поисковых методов идентификации моделей систем. Алгоритм поискового метода. Поисковые методы настройки регуляторов. Пример реализации поискового метода с использованием функции поиска электронных таблиц. Способы настройки математических моделей процессов и систем. Пассивные методы определения динамических характеристик объекта управления. Пример настройки математической модели поисковым методом. Алгоритм обратного распространения ошибки, смысл алгоритма, последовательность</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>корректировки синоптических весов Пример реализации регрессионной нейросетевой модели, настраиваемой (обучаемой) по экспериментальным данным процесса. Формирование базы правил моделей нечеткого вывода. Приведите пример формирования базы правил для управления уровнем в баке Настройка моделей контуров автоматического регулирования. Методы настройки. Приведите пример расчета настроек ПИД регулятора в одноконтурной системе</p> <p>7. Выполните синтез математической модели процесса нагрева тонкого тела в нагревательной печи, осуществляющего в соответствии со следующей структурой технологического агрегата</p>   <p>8. Сформируйте алгоритм численного моделирование процесса для инерционного звена 1-ого порядка со структурной схемой</p>  <p>9. Для системы численные уравнений, заданных в рекуррентной форме разработайте алгоритм вычислений. Реализуйте алгоритм и получите решения в виде графика функции</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$\begin{cases} y_{2(i+1)} = \frac{h}{2} \cdot (x_{i+1} - y_{1(i)} - 2y_{2(i)}) + y_{2(i)} \\ y_{1(i+1)} = h \cdot y_{2(i+1)} + y_{1(i)} \end{cases}$ <p>10. Используя схему решения дифференциального уравнения n-ого порядка методом понижения производной (приведена на рисунке), составить и реализовать в SciLab схему решения дифференциального уравнения $2y'' + 2y' + y = x$.</p>  <p>11. Для контура регулирования с использованием нечеткого регулятора и структурной схемой представленной ниже, запишите алгоритм функционирования</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="815 858 2049 965">12. Произведите реализацию математической модели системы с самонастройкой в пакете моделирования SciLab. Постройте графики выходного сигнала при подаче ступенчатого сигнала на вход модели.</p> $T_{is} = T_1 = 12 \quad K_r = \frac{T_1}{2 \cdot K_o \cdot T_2}$ 

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Математическое и программное обеспечение АСУ» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме.

Показатели и критерии оценивания зачета:

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

–**«зачтено»** – студент должен знать основные положения интеллектуальных автоматизированных систем, представления знаний в методах искусственного интеллекта, способах и принципах применения методов искусственного интеллекта в интеллектуальных управляющих системах, применение методов искусственных нейронных сетей и нечеткой логики для построения локальных интеллектуальных контуров управления, а также способен выполнить программную реализацию алгоритмов интеллектуального управления.

–**«не зачтено»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать навыки решения простых задач.