



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. Храмшин

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы  
Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	3
Семестр	5

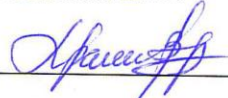
Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 31.07.2020 г. № 871)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления  
17.02.2021, протокол № 8

Зав. кафедрой  С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

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

Рецензент:  
зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук  
 Ю.Н. Волшуков



## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Моделирование систем управления» являются развитие профессиональных компетенций в области применения математического аппарата и вычислительных методов для решения прикладных задач проектирования систем автоматизации и управления при проведении вычислительных экспериментов с целью разработки и исследования математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Моделирование систем управления входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Программирование и основы алгоритмизации

Теория автоматического управления

Системы автоматизации и управления

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины, будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - проектная практика

Автоматизация технологических процессов и производств

Системы автоматизации и управления

Методы оптимизации

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Самонастраивающиеся системы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование систем управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-2 Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	
ОПК-2.1	Выполняет постановку задач в формализованном виде на основе знаний профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин в области профессиональной деятельности
ОПК-2.2	Выбирает математический аппарат для решения формализованных задач в области профессиональной деятельности
ОПК-7 Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления	
ОПК-7.1	Применяет современный математический аппарат и вычислительные методы для решения прикладных задач в области автоматического и автоматизированного управления, контроля и диагностики
ОПК-7.2	Использует методы математического моделирования и доступные программные средства для решения прикладных задач в области управления техническими системами.

ОПК-7.3	Осуществляет выбор типовых блоков и устройств при проектировании и реализации системы автоматизации и управления
---------	--

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов
- самостоятельная работа – 51,1 акад. часов;
  
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основные подходы и постановка задач математического моделирования систем и процессов								
1.1 Назначение и виды моделей процессов и систем.	5	1			6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка реферата по теме.	Устный опрос по теме реферата	ОПК-2.1
1.2 Математические модели статических и динамических процессов. Формализация процессов.		1		4	6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к выполнению практической работы	Устный опрос по практической работе №1 "Модели статических систем"	ОПК-2.1, ОПК-2.2
Итого по разделу		2		4	12			
2. Численные методы решения дифференциальных уравнений динамических систем								
2.1 Модели процессов описываемых дифференциальными уравнениями. Динамические модели	5	2		4	6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к выполнению практической работы	Устный опрос по практической работе №2 «Решение дифференциальных уравнений в системе визуального моделирования»	ОПК-2.2, ОПК-7.1, ОПК-7.2

2.2 Методы численного решения дифференциальных уравнений и систем		2		4	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к выполнению практической работы	Устный опрос по практической работе №3 «Численные методы решения дифференциальных уравнений динамических систем»	ОПК-7.1, ОПК-7.2
Итого по разделу		4		8	11			
3. Математическое моделирование типовых элементов систем автоматизации и управления								
3.1 Алгоритмы и программные средства математического моделирования	5	2		4	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к выполнению практической работы	Устный опрос по практической работе №4 «Использование методов операционного исчисления для построения моделей типовых элементов САР»	ОПК-2.2, ОПК-7.2, ОПК-7.3
3.2 Исследование систем в форме «вход-выход» с использованием типовых элементов по математической модели		2		4	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к выполнению практической работы	Устный опрос по практической работе №5 «Математические модели систем в форме «вход-выход» с использованием передаточных функций типовых элементов»	ОПК-2.2, ОПК-7.2, ОПК-7.3
Итого по разделу		4		8	10			
4. Математическое моделирование систем автоматического управления								
4.1 Алгоритмизация и программная реализация математических моделей линейных систем управления	5	2		4	4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к выполнению практической работы	Устный опрос по практической работе №6 «Математическое моделирование типовых контуров систем автоматического регулирования»	ОПК-7.1, ОПК-7.2
4.2 Структурная схема контура управления. Построение модели контура управления. Расчет переходных процессов в контуре.		2		4	5	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, выполнение практических работ	Устный опрос по практической работе №7 «Моделирование и исследование переходных процессов в контуре САР с ПИ-регулятором и исполнительным механизмом постоянной	ОПК-7.2, ОПК-7.3
Итого по разделу		4		8	9			
5. Модельно-ориентированная разработка систем автоматического управления в пакетах прикладных программ								

5.1 Принципы модельно-ориентированной разработки систем автоматического управления в пакетах прикладных программ	5	2	4	4	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, выполнение практических работ	Устный опрос по практической работе №8 «Модельно-ориентированная разработка контура системы автоматического управления в системах визуального моделирования»	ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3
5.2 Гибридные математические модели промышленных систем автоматического регулирования		2	4	5,1	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, выполнение практических работ	Устный опрос по практической работе №9 «Разработка гибридной модели САО»	ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3
Итого по разделу		4	8	9,1			
Итого за семестр		18	36	51,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18	36	51,1		экзамен	



## **5 Образовательные технологии**

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; практические работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; практические занятия с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы. Практическое занятие на основе кейс-метода – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной, производственной, общественной деятельности. Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них.

Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Студенты в составе группы выполняют исследовательский проект, в котором производят научные исследования по заданной теме в рамках изучаемых в дисциплине. Результаты исследования представляют в форме устного доклада.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе практических работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;

использование электронных учебников по отдельным темам занятий;

активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, тестовый опрос, индивидуальный доклад по результатам выполнения практической работы и т. д.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Зиновьев, В. В. Моделирование процессов и систем : учебное пособие / В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов, П. И. Николаев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2016. — 146 с. — ISBN 978-5-906888-10-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105406> (дата обращения: 27.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Жмудь, В. А. Моделирование замкнутых систем автоматического управления : учебное пособие для академического бакалавриата / В. А. Жмудь. — 2-е изд., испр. и

доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 128 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-09487-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/428020> (дата обращения: 27.04.2021).

**б) Дополнительная литература:**

3. Бахвалов, Л. А. Моделирование систем : учебное пособие / Л. А. Бахвалов. — Москва : Горная книга, 2006. — 295 с. — ISBN 5-7418-0402-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3511> (дата обращения: 27.04.2021). — 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: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-1028-7. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**в) Методические указания:**

5. Андреев, С.М. Методы математического моделирования промышленных и мехатронных систем управления: практикум [Текст]: учебное пособие / С.М. Андреев, В.Р. Гасияров. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. 105 с. ISBN 978-5-9967-1739-2

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Scilab Computation Engine	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MAXIMA	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

Национальная информационно-аналитическая система – Российский	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. КATALOGI	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И.	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база научных материалов в области	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические	<a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tehnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tehnicheskaya-zashchita-informatsii</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета)

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций (Доска, мультимедийный проектор, экран)

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (Стеллажи для хранения учебно-методической документации)

Учебная аудитория для проведения практических занятий: компьютерный класс (Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета)

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Моделирование систем» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение практических работ и доклад по полученным результатам, а также устный опрос о порядке выполнения практической работы, полученным умениям и навыкам.

#### 1. Примерные вопросы для устного опроса по выполненным практическим работам

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
Модели статических систем	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что такое статическая характеристика системы?</li><li>2. Приведите классификацию статических характеристик систем?</li><li>3. Запишите уравнение статической характеристики в общем виде в форме полинома <math>n</math>-ой степени</li><li>4. Какие методы используются для определения коэффициентов полинома статической характеристики по экспериментальным данным?</li><li>5. Запишите функционал метода наименьших квадратов.</li><li>6. Приведите блок-схему поискового алгоритма определения коэффициентов полинома регрессионного уравнения.</li><li>7. Что такое линия регрессии?</li><li>8. Запишите формулы для определения коэффициентов регрессионного уравнения методом Крамера.</li></ol>
Решение дифференциальных уравнений в системе визуального моделирования	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Общая структура решения дифференциального уравнения в форме структурной схемы</li><li>2. Как задать начальные значения интеграторов?</li><li>3. Какие визуальные звенья используются для моделирования динамических систем?</li><li>4. Как выбирается численный метод интегрирования?</li><li>5. Как задается время интегрирования?</li><li>6. Как задать масштаб графика функции?</li></ol>
Численные методы решения дифференциальных уравнений динамических систем	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что такое дифференциальное уравнение?</li><li>2. По каким признакам производится классификация дифференциальных уравнений?</li><li>3. Что такое обыкновенное дифференциальное уравнение? Запишите пример?</li><li>4. Какое дифференциальное уравнение называется уравнением в частных производных?</li><li>5. В чем отличие линейных дифференциальных уравнений от не-линейных? Приведите примеры дифференциальных уравнений этих видов.</li><li>6. Что такое однородные дифференциальные уравнения?</li></ol>

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
	<p>Приведи-те пример линейного однородного дифференциального уравнения.</p> <p>7. Какой вид дифференциальных уравнений называется нормальным? Приведите пример такой записи.</p> <p>8. Запишите в общем виде систему уравнений первого порядка разрешенных относительно производных. Как запишется такая система в векторной форме?</p> <p>9. Приведите пример записи дифференциального уравнения n-ого порядка разрешенное относительно старшей производной в форме системы уравнений первого порядка.</p> <p>10. В какой форме получают решения дифференциальных уравнений при использовании численных методов?</p> <p>11. Какое преимущество численных методов? /В чем состоит недостаток использования численных методов при получении решения дифференциального уравнения?</p> <p>12. Что называют узлами сетки при построении численной схемы решения дифференциальных уравнений?</p> <p>13. Какие различают классы методов решения дифференциальных уравнений? В чем отличие этих классов друг от друга?</p> <p>14. Какой вид имеет рекуррентное выражение при использовании численного метода Эйлера для решения дифференциального уравнения?</p> <p>13. Приведите геометрическую интерпретацию метода Эйлера. Сделайте пояснения к этой схеме.</p> <p>14. Запишите рекуррентное выражение для получения численного решения дифференциального уравнения .</p> <p>15. Преобразуйте дифференциальное уравнение к системе дифференциальных уравнений 1-ого порядка. Запишите систему рекуррентных выражений для получения численного решения.</p>
Численное решение дифференциальных уравнений	<p>1. Произвести численное решение дифференциального уравнения.  <math>y'' + 2y' + y = 0</math> при <math>y(0) = 0, y'(0) = 2</math></p> <p>2. Произвести аналитическое решение дифференциального уравнения  <math>5y'' - y' - 3y = 0</math> при <math>y(0) = 1, y'(0) = -2</math></p> <p>3. Рассмотреть поведение системы и составить модель процесса наполнения бака в виде линейного дифференциального уравнения. Произвести численное решение полученного дифференциального уравнения</p> <p>4. Как представить дифференциальное уравнение, описывающее поведение объекта в канонической форме?</p> <p>5. Запишите линейное ОДУ n-ого порядка с постоянными коэффициентами с ненулевой правой частью</p> <p>6. Какие методы решения дифференциальных уравнений используются в при исследовании моделей систем?</p> <p>7. Методы численного решения дифференциальных уравнений.</p> <p>8. Алгоритм реализации выбранного численного метода</p>

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
	<p>решения дифференциальных уравнений модели</p> <p>9. Построение системы разностных уравнений для численного решения дифференциального уравнения.</p>
<p>Использование методов операционного исчисления для решения дифференциальных уравнений</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как получить операторную форму записи дифференциального уравнения? Что такое интеграл свертки?</li> <li>2. Как представляется модель в операторной форме записи?</li> <li>3. Приведите порядок вычисления изображений функции на примере простейших функций</li> <li>4. Перечислите свойства преобразования Лапласа. Приведите пример получения передаточной функции с использованием свойств преобразования</li> <li>5. Приведите пример получения модели в операторной форме</li> <li>6. Какие исследования производятся по математическим моделям в операторной форме.</li> </ol>
<p>Математические модели систем в форме «вход-выход» с использованием передаточных функций типовых элементов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запишите передаточные функции типовых элементов</li> <li>2. Запишите выражения для частотных характеристик типовых звеньев</li> <li>3. Запишите выражения для временных характеристик типовых звеньев.</li> <li>4. Запишите алгоритм получения численного расчета временных характеристик</li> <li>5. Сравните временные характеристики типовых звеньев, полученных аналитически с характеристиками, полученными численным способом.</li> <li>6. Поясните расчет временных характеристик в электронных таблицах.</li> <li>7. Что называется частотными характеристиками?</li> <li>8. Как получить частотные характеристики опытным путем?</li> <li>9. Как получить частотные характеристики теоретическим путем по известной передаточной функции звена?</li> <li>10. Как сформировать схемы в пакете визуального моделирования для получения временных характеристик?</li> <li>11. Какие формы построения динамических элементов используются в среде SciLab?</li> <li>12. Какие функции используются для получения (расчета) частотных характеристик?</li> <li>13. Запишите скрипт расчета частотной характеристики</li> </ol>
<p>Математическое моделирование типовых контуров систем автоматического регулирования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведите структуру контура регулирования с объектом с самовыравниванием</li> <li>2. Приведите структуру контура регулирования с объектом без самовыравнивания</li> <li>3. Приведите алгоритм расчета переходного процесса в системе</li> <li>4. Как влияют настройки регулятора на вид переходного процесса?</li> <li>5. Какие способы улучшения переходных процессов используются?</li> <li>6. Как моделируются технические средства входящие в состав</li> </ol>

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
	<p>в контуре регулирования?</p> <p>7. Рассчитайте настройки регулятора для заданной модели объекта с использованием математического метода</p>
<p>Моделирование контура промышленной системы автоматического регулирования с ПИ-регулятором и исполнительным механизмом постоянной скорости</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие элементы входят в промышленный контур автоматического регулирования?</li> <li>2. Как реализуется ПИ-регулятор в работе? Как формируется и реализуется ограничение на величину интегратора регулятора?</li> <li>3. Каким способом можно получить уравнение линии регрессии?</li> <li>4. Как по экспериментальным данным определить параметры инерционных звеньев для моделирование динамических параметров объекта управления?</li> <li>5. Как определить общий коэффициент передачи последовательного соединения звеньев?</li> <li>6. Как определить обобщенную статическую характеристику последовательно соединенных звеньев? Приведите пример получения обобщенной характеристики для своего варианта.</li> <li>7. Опишите последовательность определения параметров регулятора по экспериментальной кривой разгона.</li> <li>8. Каким образом реализуется ограничение на ход исполнительного механизма в модели системы? Запишите математическую модель исполнительного механизма с ограничениями?</li> <li>9. Какие показатели качества можно определить по полученному переходному процессу?</li> </ol>
<p>Модельно-ориентированная разработка контура системы автоматического управления в системах визуального моделирования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как реализовать ПИ-регулятор в SciLab/XCOS с ограничением на величину, формируемую интегрирующей частью? Приведите пример структурной схемы.</li> <li>2. Как реализовать в SciLab/XCOS исполнительный механизм с ограничением на диапазон хода вала? Приведите пример структурной схемы.</li> <li>3. Как формируется нелинейная статическая характеристика в SciLab/XCOS.</li> <li>4. Приведите схему реализации ШИМ для управления исполнительным механизмом постоянной скорости. Какое назначение этого элемента в контуре?</li> </ol>
<p>Разработка гибридной модели САО</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основной принцип работы САО с совмещенным рабочим и тестирующим воздействием</li> <li>2. Для каких целей реализуется элемент памяти при построении САО?</li> <li>4. Какую функцию выполняет триггер реверса? Какие настройки триггера реверса? Математическая функция триггера реверса.</li> <li>5. Как реализуется состояние остановки в САО. Как выбирается время остановки? Какие условия формируются для остановки и её прекращения в САО?</li> </ol>



Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
	6. В каких случаях применяются системы автоматической оптимизации (CAO)? В чем отличие CAO от систем автоматического регулирования?

## 2. Задание на реферат

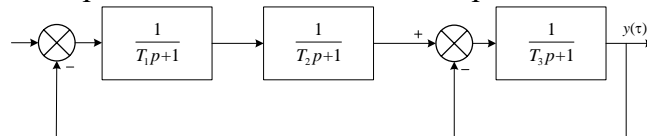
Общая тематика реферата "Основные понятия и определения в моделировании систем и процессов"

Для подготовки реферата необходимо на основании литературных источников изучить классификацию моделей объектов и систем, и, выбрав один из критериев классификации выполнить, а затем провести описание входящих в классификацию моделей.

## 3. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Приведите структуру принятой классификации математических моделей систем и объектов управления. Поясните назначение и общую характеристика каждого класса математических моделей, приведите пример для каждого класса математических моделей в соответствии с принятой
2. Перечислите характеристики детерминированных математических моделей и особенности их реализации.
3. Численные методы решения дифференциальных уравнений, основной подход к построению численного решения. Какие достоинства численных методов решения дифференциальных уравнений?
4. Синтез модели в виде структурных схем. Что понимают под типовым звеном? Основные соединения звеньев. Приведите пример построения моделей для каждого типа соединений звеньев.
5. Что такое преобразование Лапласа? Что называют изображением функции  $y(\tau)$  по Лапласу? Приведите математическую форму записи преобразования Лапласа.
6. Приведите математическую модель параллельного и стандартного ПИД регулятора. Как связаны параметры настройки этих представлений регуляторов между собой?
7. Операторная форма записи дифференциального уравнения. Для каких целей используется эта форма записи?
8. Перечислите свойства преобразования Лапласа. Приведите пример получения передаточной функции с использованием свойств преобразования
9. Приведите последовательность синтеза математической модели математического маятника в форме дифференциального уравнения. Приведите точное решение полученного дифференциального уравнения.

10. Приведите последовательность синтеза математической модели нагрева тонкого тела, приведите итоговый результат математической в виде формализованной формы.
11. Приведите в общем виде порядок построения системы разностных выражений для численного решения дифференциального уравнения методом Эйлера.
12. Что называют узлами сетки при построении численной схемы решения дифференциальных уравнений? Поясните с использованием геометрической интерпретации численного метода решения ДУ, как производится вычисление значения при численном решении ДУ в узле сетки.
13. Приведите классификацию дифференциальных уравнений. Приведите примеры дифференциальных уравнений различных классов.
14. Какую общую форму имеет решение дифференциального уравнения? Запишите общую форму решения дифференциального уравнения 2-ого порядка методом преобразования Лапласа?
15. Приведите геометрическую интерпретацию метода Эйлера. Дайте пояснения к этой схеме.
16. Как получить передаточную функцию из линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами? Приведите пример формирования передаточной функции для дифференциального уравнения 2-ого порядка
17. В чем заключается отличие представления математической модели в форме передаточной функции звена от математической модели системы, представленной в форме дифференциального уравнения? Покажите на примере переход между этими формами представления математической модели.
18. Приведите последовательность решения дифференциального уравнения с использованием метода преобразования Лапласа?
19. Получите передаточную функцию математической модели, представленной в форме структурной схемы. Для полученной передаточной функции запишите системы рекуррентных выражений для получения численного решения при входном сигнале  $x=1$ , реализуйте полученную систему в с использованием электронных таблиц при  $T_1=5$ ,  $T_2=10$ ,  $T_3=10$  с.



20. Выполните реализацию математической модели контура регулирования с ПИ регулятором и инерционным объектом с самовыравниванием с использованием пакета SCILAB/XCos. Выполните настройку регулятора для получения оптимального переходного процесса.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ОПК-2 Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)</b>		
ОПК-2.1	Выполняет постановку задач в формализованном виде на основе знаний профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин в области профессиональной деятельности	<p><b>Перечень теоретических вопросов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Виды математических моделей, принятая классификация. Назначение и общая характеристика каждого класса математических моделей.</i></li> <li>2. Математические модели в форме структурных схем. Использование элементарных звеньев для построения динамических моделей.</li> <li>3. Математические модели во временной области. Приведите примеры синтеза математических моделей в форме дифференциальных уравнения.</li> <li>4. Математические модели в операторной форме. Исследование по математическим моделям в операторной форме. Приведите пример синтеза математической модели в операторной форме.</li> <li>5. Методы синтеза математических моделей. Характеристики аналитических, экспериментальных и аналитико-экспериментальных методов. Области применения этих методов.</li> </ol> <p><b>Перечень вопросов практикума:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Какие способы настройки математических моделей процессов и систем используются. Пассивные методы определения динамических характеристик объекта управления.</li> <li>7. Как составлять дифференциальные уравнения материального и энергетического балансов.</li> <li>8. Как производить синтез модели в виде структурных схем. Какие основные соединения звеньев используются при этом?</li> <li>9. Произведите синтез математических моделей для объектов, описываемых законами механики (математический маятник,</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		гармонический осциллятор). 10. Приведите операторное решение дифференциального уравнения системы, описываемой дифференциальным уравнением
ОПК-2.2	Выбирает математический аппарат для решения формализованных задач в области профессиональной деятельности	<p><b>Перечень теоретических вопросов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Динамические модели, методы синтеза динамических моделей.</li> <li>2. Статические модели, принцип построения, назначение и область применения.</li> <li>3. Способы математического описания технологических систем управления и их элементов. Детерминированные математические модели.</li> <li>4. Виды и порядок получения статистической модели системы.</li> <li>5. Эмпирические модели систем. Особенности построения и использования эмпирических моделей.</li> </ol> <p><b>Перечень вопросов практикума:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Сформируйте разностный аналог дифференциального уравнения методом Эйлера</li> <li>7. Приведите алгоритм решения дифференциального уравнения методом касательных</li> <li>8. Формирование объектов и систем управления операторным методом. Приведите пример аналитического получения переходной характеристики с использованием метода преобразования Лапласа.</li> <li>9. Используя схему решения дифференциального уравнения n-ого порядка методом понижения производной, составьте и реализуйте в SciLab схему решения дифференциального уравнения <math>2y'' + 2y' + y = x</math></li> <li>10. Для системы численные уравнений, заданных в рекуррентной форме разработайте алгоритм вычислений. Реализуйте алгоритм и получите решения в виде графика функции</li> </ol>
<b>ОПК-7 Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления</b>		
ОПК-7.1	Применяет современный математический аппарат и вычислительные методы для решения прикладных задач в области автоматического и автоматизированного управления, контроля и	<p><b>Перечень теоретических вопросов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Математические модели стандартных регуляторов. Передаточные функции стандартных регуляторов.</li> <li>2. Модели замкнутых систем регулирования.</li> <li>3. Модели двухконтурных систем.</li> <li>4. Модели систем каскадного управления.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	диагностики	<p>5. Модели систем автоматической оптимизации. Структурная схема модели САО.</p> <p>6. Соединение звеньев САУ. Выражения для передаточных функций соединения звеньев.</p> <p><b>Перечень вопрос практикума:</b></p> <p>7. Особенности программной реализации системы экстремального регулирования с совмещенным поисковым и рабочим движением</p> <p>8. Как сформировать модель системы автоматической оптимизации, поясните алгоритм реализации модели. Приведите основные типы алгоритмов автоматической оптимизации, их отличия друг от друга.</p> <p>9. Запишите алгоритм вычисления рекуррентного выражения, полученного для решения дифференциального уравнения первого порядка.</p> <p>10. Определите начальные условия интеграторов при машинном решении дифференциального уравнения 2го порядка</p> <p>11. Определите итоговую передаточную функцию соединения типовых звеньев САУ.</p>
ОПК-7.2	Использует методы математического моделирования и доступные программные средства для решения прикладных задач в области управления техническими системами.	<p><b>Перечень теоретических вопросов:</b></p> <p>1. Численные методы реализации математических моделей, основные виды численного моделирования, примеры моделирования.</p> <p>2. Методы численного решения дифференциальных уравнений.</p> <p>3. Использование операторного метода Лапласа для аналитического решения дифференциальных уравнений динамических систем.</p> <p>4. Метод модельно-структурного создания модели. Особенности метода.</p> <p>5. Матричный метод представления динамических моделей элементов и систем.</p> <p><b>Перечень вопрос практикума:</b></p> <p>1. Реализуйте контур замкнутой САУ с использованием электронных таблиц</p> <p>2. Выполните построение модели объекта с самовыравниванием в системе блочного моделирования</p> <p>3. Получите переходную характеристику объекта без самовыравнивания с использованием электронных таблиц.</p> <p>4. Выполните соединение звеньев в системе блочного моделирования и сравните полученную переходную характеристику системы с переходной характеристикой,</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>полученной с использованием численного метода решения.</p> <p>5. Определите итоговую передаточную функцию системы и запишите систему рекуррентных выражений, для численного решения.</p>
ОПК-7.3	<p>Осуществляет выбор типовых блоков и устройств при проектировании и реализации системы автоматизации и управления</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие задачи решаются при создании цифровой модели систем?</li> <li>2. В чем заключается блочный подход к построению цифровых моделей систем?</li> <li>3. Какие основные средства входят в интерфейс программ блочного моделирования систем?</li> <li>4. Какие исходные данные используются для реализации блочной модели системы?</li> <li>5. На какие категории подразделяются блоки, используемые при построении модели автоматизированной системы в модельно-ориентировочном проектировании?</li> </ol> <p><b>Перечень вопрос практикума:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Что представляет элемент «блок» при блочном моделировании системы?</li> <li>7. Как организуется взаимодействие отдельных блоков при модельно-ориентировочном проектировании модели автоматизированной системы?</li> <li>8. Какой блок используется для формирования сигналов синхронизации в динамических моделях?</li> <li>9. По блочной модели системы определите реализуемую передаточную функцию</li> <li>10. Какие блоки являются блоками источников воздействий в SciLab/XCos и в SimInTech</li> </ol>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование систем управления» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.