

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетике и систем
управления

 / А.В. Бурковский /
16.02 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Математические основы теории систем»**

Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль Управление и информатика в технических системах

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

Заведующий кафедрой

Электропривода,

автоматики и управления в

технических системах

 / В.Л. Мурзинов

Руководитель ОПОП

 / В.Л. Бурковский
 / Ю.В. Мурзинов

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Овладение студентами концепцией математического моделирования как общего метода научного познания применительно к классу динамических систем, изучаемых в теории управления.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение математического аппарата описания процессов в динамических системах;
- приобретение навыков функционального и структурного анализа управляемых объектов и систем;
- овладение методами и способами моделирования линейных одномерных и многомерных систем управления;
- овладение методами и способами моделирования нелинейных систем управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математические основы теории систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математические основы теории систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики

ОПК-2 - Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)

ОПК-4 - Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать математический аппарат моделирования объектов и систем автоматического управления.
	Уметь использовать полученные знания для составления моделей линейных, нелинейных и многомерных объектов и систем
	Владеть способами и приёмами применения динамических моделей для исследования показателей качества систем регулирования в

	различных режимах работы.
ОПК-2	Знать математический аппарат моделирования объектов и систем автоматического управления.
	Уметь использовать полученные знания для составления моделей линейных, нелинейных и многомерных объектов и систем.
	Владеть способами и приёмами применения динамических моделей для исследования показателей качества систем регулирования в различных режимах работы.
ОПК-4	Знать принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
	Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
	Владеть навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций, и библиографии по научно-исследовательской работе с учетом требований информационной безопасности.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математические основы теории систем» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр
		ы 4
Аудиторные занятия (всего)	108	108
В том числе:		
Лекции	54	54
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36

Самостоятельная работа	36	36
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Понятие о моделировании как методе научного познания. Задачи моделирования. Классификация моделей. Виды кибернетических моделей. Структурные модели. Модели динамических и нединамических систем.	10	2	6	6	24
2	Общие сведения о динамических управляемых системах.	Обобщенная система управления и ее состав. Объект управления и управляемая величина. Устройство управления и его функциональные узлы. Понятие об автоматическом управлении и автоматическом регулировании. Классификация систем управления по различным признакам. Разомкнутые и замкнутые, обыкновенные и самонастраивающиеся системы. Самостоятельное изучение. Нестационарные системы. Системы стабилизации, программного управления и следящие. Системы прямого и непрямого регулирования. Непрерывные и дискретные системы. Линейные и нелинейные системы. Принципы автоматического регулирования. Регулирование по отклонению и по возмущению. Комбинированное регулирование. Самостоятельное изучение. Статические и астатические системы. Системы с распределенными параметрами.	10	2	6	6	24
3	Модели линейных одномерных систем.	Общие сведения о линейных системах. Статические характеристики элементов и систем. Основные понятия и определения. Статические характеристики соединений элементов. Методы аналитической линеаризации статических характеристик.	10	2	6	6	24

		<p>Дифференциальное уравнение как основная динамическая характеристика системы. Самостоятельное изучение. Пример вывода дифференциального уравнения двигателя постоянного тока как объекта управления. Способы получения статических характеристик технических устройств. Приемы анализа дифференциального уравнения. Изображение сигналов по Лапласу. Понятие изображения в математике. Изображение сигналов по Лапласу и его свойства. Использование изображения по Лапласу для решения дифференциальных уравнений. Понятие о передаточной функции. Самостоятельное изучение. Сравнение свойств передаточной функции и дифференциального уравнения. Изображение сигналов по Фурье и понятие о комплексном коэффициенте передачи элемента системы. Понятие о спектре сигнала. Свойства изображения сигнала по Фурье. Частотная функция (комплексный коэффициент передачи). Формы практического использования частотной функции для описания динамических объектов: амплитудная и фазовая частотные характеристики, логарифмические характеристики, годограф. Самостоятельное изучение. Способы получения частотных характеристик. Переходная и весовая функции звена. Определения. Примеры. Взаимосвязь различных динамических характеристик. Типовые звенья динамических систем. Понятие о типовых звеньях и принцип их построения. Безынерционное и апериодическое звено. Колебательное, дифференцирующее, интегрирующее звено и их характеристики. Звено запаздывания. Понятие о минимально - фазовых звеньях. Динамические характеристики разомкнутых и замкнутых систем. Понятие о структурной схеме системы. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем автоматического регулирования. Характеристическое уравнение системы. Частотные характеристики систем и</p>				
--	--	--	--	--	--	--

		<p>способы их получения. Самостоятельное изучение. Простейшие преобразования структур. Векторноматричное описание линейных динамических систем в пространстве состояний. Понятие о пространстве состояний. Описание динамического объекта системой дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши. Матричная форма записи нормальной системы. Самостоятельное изучение. Передаточные матрицы разомкнутой и замкнутой САР. Общий случай описания динамической системы в пространстве состояний при наличии нескольких внешних воздействий и учете их производных. Самостоятельное изучение. Сравнение различных способов математического описания динамических систем.</p>					
4	<p>Модели многомерных линейных систем автоматического регулирования.</p>	<p>Общие сведения о многомерных САР. Примеры систем. Описание многомерных САР с помощью системы дифференциальных уравнений общего вида. Описание многомерных САР с помощью матриц передаточных функций. Понятие о передаточной матрице и составление структурных схем многомерных САР. Описание многомерных САР в пространстве состояний. Каноническая форма записи общего случая и конкретный пример. Самостоятельное изучение. Способы получения характеристического уравнения многомерной линейной САР из различных форм её математического описания.</p>	8	4	6	6	24
5	<p>Модели нелинейных систем автоматического регулирования.</p>	<p>Общие сведения о нелинейных САР. Примеры структур нелинейных систем. Релейные системы. Статические характеристики нелинейных элементов и систем. Соединение нелинейных звеньев. Вибрационная линеаризация. Самостоятельное изучение. Типовые нелинейные звенья и соответствующие им примеры технических устройств. Динамические характеристики нелинейных САР. Описание нелинейных САР с помощью дифференциальных уравнений общего вида. Способы составления уравнений и их решение. Описание нелинейных САР в пространстве состояний. Фазовая траектория как динамическая характеристика нелинейной САР. Построение</p>	8	4	6	6	24

		фазовых траекторий для систем различных порядков. Метод изоклин.					
6	Заключение	Описание нелинейных САР с помощью изображения сигналов по Фурье. Понятие о гармонической линеаризации нелинейности и условия ее применения. Комплексный коэффициент передачи нелинейного звена и его свойства. Самостоятельное изучение. Коэффициенты гармонической линеаризации нелинейности и их связь с комплексным коэффициентом передачи.	8	4	6	6	24
Итого			54	18	36	36	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование динамических характеристик типовых звеньев САР
2. Моделирование линейных систем автоматического регулирования
3. Моделирование многомерных САР.
4. Моделирование нелинейных систем автоматического регулирования.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 4 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Система регулирования уровня жидкости в резервуаре с поплавковым регулятором.»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Описать работу САР.
- Составить функциональную схему системы
- Полностью классифицировать заданный вариант САР.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компе-	Результаты обучения, характеризующие	Критерии	Аттестован	Не аттестован
--------	--------------------------------------	----------	------------	---------------

тенция	сформированность компетенции	оценивания		
ОПК-1	Знать математический аппарат моделирования объектов и систем автоматического управления.	Опрос на практических занятиях, в том числе теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать полученные знания для составления моделей линейных, нелинейных и многомерных объектов и систем	Решение стандартных практических задач, контроль за написанием курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способами и приёмами применения динамических моделей для исследования показателей качества систем регулирования в различных режимах работы.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, защита курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	Знать математический аппарат моделирования объектов и систем автоматического управления.	Работа на практических занятиях, ответы на теоретические вопросы, в том числе при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать полученные знания для составления моделей линейных, нелинейных и многомерных объектов и систем.	Решение стандартных практических задач, контроль за написанием курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способами и приёмами применения динамических моделей для исследования показателей качества систем регулирования в различных режимах работы.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, защита курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-4	Знать принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций, и	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	библиографии по научно-исследовательской работе с учетом требований информационной безопасности.		в рабочих программах	ый в рабочих программах
--	--	--	----------------------	-------------------------

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знать математический аппарат моделирования объектов и систем автоматического управления.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать полученные знания для составления моделей линейных, нелинейных и многомерных объектов и систем	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способами и приемами применения динамических моделей для исследования показателей качества систем регулирования в различных режимах работы.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	Знать математический аппарат моделирования объектов и систем автоматического управления.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать полученные знания для составления моделей линейных, нелинейных и многомерных объектов и систем.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способами и приемами применения динамических моделей для исследования показателей качества систем регулирования в различных режимах работы.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ОПК-4	Знать принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций, и библиографии по научно-исследовательской работе с учетом требований информационной безопасности.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию "Введение. Общие сведения о динамических управляемых системах"

1. Понятие о моделировании как методе научного познания. Кибернетические модели и их виды.
2. Объект управления. Управляемая величина. Управляющее и возмущающее воздействия. Дать определения и привести примеры.
3. Управляющее устройство и его состав. Задающее воздействие и ошибка управления.
4. Понятие об автоматическом управлении и автоматическом регулировании. Функциональные схемы САУ и САР.
5. Разомкнутые и замкнутые, обыкновенные и самонастраивающиеся САР. Функциональные схемы и сравнение принципов работы этих систем.
6. Системы стабилизации, программного управления и следящие. Классификационный признак этих систем и выполняемые ими задачи.
7. САР прямого и непрямого регулирования. Функциональные схемы и практические примеры.
8. Понятие о непрерывных и дискретных САР. Виды дискретизации. Линейные и нелинейные САР.
9. Принципы автоматического регулирования по отклонению, по возмущению и комбинированный. Функциональные схемы и объяснение работы САР на этих принципах.

10. Статические и астатические САР. Определения и характерные признаки этих систем. Статизм САР.

"Модели линейных одномерных систем"

1. Установившийся режим системы и статические характеристики её элементов. Дать определения и примеры.

2. Статические характеристики соединений звеньев (параллельное, последовательное и соединение в виде обратной связи).

3. Методы аналитической линеаризации статических характеристик элементов систем.

4. Дифференциальное уравнение как основная динамическая характеристика системы. Вывести дифференциальное уравнение двигателя постоянного тока независимого возбуждения, управляемого со стороны якоря. Провести анализ этого дифференциального уравнения.

5. Изображение сигналов по Лапласу и понятие о передаточной функции элемента системы.

6. Изображение сигнала по Фурье и понятие о комплексном коэффициенте передачи (частотной функции) элемента или системы.

7. Формы практического использования частотной функции (ЛАЧХ, ЛФЧХ, годограф). Способы экспериментального и расчетного получения комплексного коэффициента передачи.

8. Переходная и весовая функции звена. Дать определения и привести примеры. Взаимосвязь различных динамических характеристик.

9. Динамические характеристики типовых звеньев - усилительного и апериодического. Практические примеры этих звеньев.

10. Динамические характеристики типового колебательного звена. Пример звена.

11. Динамические характеристики дифференцирующего и интегрирующего звеньев. Пример реализации этих звеньев.

12. Звено запаздывания. Понятие о минимально-фазовых звеньях.

13. Понятие о структурной схеме системы. Простейшие преобразования структур.

14. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем автоматического регулирования. Пример получения передаточных функций САР по управлению и по возмущению.

15. Передаточные функции ошибки САР. Пример получения.

16. Частотные характеристики разомкнутой и замкнутой САР. Построение логарифмических частотных характеристик разомкнутой САР.

17. Векторно-матричное описание линейных динамических систем в пространстве состояний. Передаточные матрицы разомкнутой и замкнутой САР.

"Модели многомерных линейных систем автоматического регулирования"

1. Многомерные линейные САР. Основные понятия, определения и классификация систем. Примеры.

2. Описание многомерных САР с помощью дифференциальных уравнений общего вида. Пример.

3. Описание многомерных САР с помощью матриц передаточных функций. Понятие о передаточной матрице и составление структурных схем многомерных САР. Пример.

4. Описание многомерных САР в пространстве состояний. Общие приемы и конкретный пример.

5. Сравнительный анализ различных способов описания многомерных САР.

"Модели нелинейных систем автоматического регулирования"

1. Определение нелинейной САР. Примеры дифференциальных уравнений и структур нелинейных систем.

2. Основные типы нелинейных звеньев и их статические характеристики. Примеры реальных технических устройств с нелинейными характеристиками.

3. Способы линеаризации нелинейностей. Способ малых отклонений, способы осреднения и вибрационной линеаризации.

4. Статические характеристики нелинейных систем. Параллельное и последовательное соединение звеньев. Соединение с отрицательной и положительной обратными связями.

5. Описание нелинейных САР с помощью дифференциальных уравнений общего вида. Переход к описанию САР в пространстве состояний. Пример.

6. Понятие о фазовом пространстве. Фазовая траектория как динамическая характеристика нелинейной САР. Пример построения фазовой траектории для нелинейной САР 1-го порядка.

7. Построение фазовых траекторий нелинейных САР 2-го порядка с помощью изоклин. Привести пример.

8. Сущность гармонической линеаризации нелинейности. Условия применения гармонической линеаризации в нелинейных САР.

9. Комплексный коэффициент передачи как динамическая характеристика нелинейного звена. Пояснить сущность модуля и фазы комплексного коэффициента передачи на примере с однозначной и неоднозначной нелинейностями.

10. Коэффициенты гармонической линеаризации нелинейности и их связь с комплексным коэффициентом передачи. Пояснить приемы практического использования коэффициентов гармонической линеаризации на примере прохождения гармонического сигнала через разомкнутую нелинейную САР.

11. Анализ прохождения гармонического сигнала через замкнутую нелинейную САР на основе её гармонической линеаризации. Привести пример.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Что такое концепция чёрного ящика в моделировании систем?
2. Что входит в состав управляющего устройства:
 - 2.1. Устройство сравнения
 - 2.2. Регулятор
 - 2.3. Датчик
 - 2.4. Исполнительный механизм
3. Чем отличаются дискретные системы от цифровых?
4. По какому признаку отличают системы программного регулирования от следящих систем:
 - 4.1. По характеру движения объекта управления
 - 4.2. По характеру задающего сигнала
 - 4.3. По характеру возмущающего воздействия
 - 4.4. По структурной схеме
5. Чем отличаются статические и астатические системы регулирования:
 - 5.1. Характером движения объекта управления
 - 5.2. Характером задающего сигнала
 - 5.3. Характером возмущающего воздействия
 - 5.4. Значением ошибки
6. В каком режиме работы системы определяют её статические характеристики:
 - 6.1. В установившемся режиме
 - 6.2. В режиме, при котором все сигналы в системе не изменяются во времени
 - 6.3. В режиме работы под нагрузкой
 - 6.4. В режиме работы с постоянной скоростью и нулевым ускорением координат
7. Какая математическая модель объекта используется в качестве исходной для получения различных динамических моделей:
 - 7.1. Передаточная функция
 - 7.2. Частотная функция
 - 7.3. Переходная функция
 - 7.4. Дифференциальное уравнение
8. Какой физический смысл имеет модуль частотной функции?
9. Сколько различных передаточных функций можно составить для замкнутой системы управления:
 - 10.1. Две

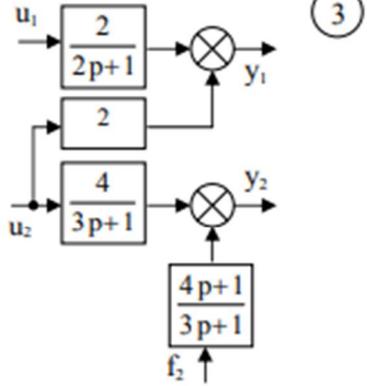
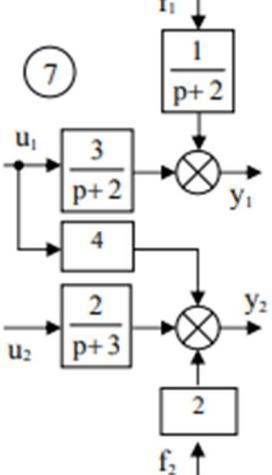
- 10.2 Три
- 10.3. Четыре
- 10.5 Пять

10. Последовательно соединённые инерционное и интегрирующее звенья замкнули общей единичной отрицательной обратной связью. Напишите передаточную функцию полученной замкнутой системы.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задано математическое описание многомерного объекта. Требуется:

1. Дополнить объект необходимыми функциональными элементами так, чтобы образовалась замкнутая многомерная САР.
2. Получить все формы математического описания построенной замкнутой системы (дифференциальное уравнение общего вида, описание в передаточных матрицах, структурную схему, описание в пространстве состояний).
3. Выписать характеристическое уравнение системы.

<p>①</p> $\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -x_1 + 3u_2; \\ \dot{x}_2 &= -0,5x_2 + 5u_2; \\ y_1 &= x_1 + u_1 + f_1; \\ y_2 &= 0,5x_2 + 2u_1 + f_2 \end{aligned}$	<p>②</p> $Wou(p) = \begin{bmatrix} 2 & \frac{3p+1}{p+1} \\ 4 & \frac{2}{3p+1} \end{bmatrix}$
<p>③</p> 	<p>④</p> $\begin{aligned} 3\dot{y}_1 + y_1 &= \dot{u}_1 + u_1; \\ 2\dot{y}_2 + y_2 &= 2u_1 + u_2 \end{aligned}$ <p>⑤</p> $\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{1}{3}x_1 + 2u_2 + 3f_2; \\ \dot{x}_2 &= -0,5x_2 + u_2 + 2f_2; \\ y_1 &= 0,5x_2 + u_1; \\ y_2 &= \frac{1}{3}x_1 \end{aligned}$
<p>⑥</p> $Wou(p) = \begin{bmatrix} \frac{2}{p+4} & 0 \\ \frac{3}{p+0,5} & \frac{4p+1}{2p+1} \end{bmatrix}$	<p>⑦</p> 
<p>⑧</p> $\begin{aligned} 4\dot{y}_1 + 3y_1 &= 3u_1; \\ \dot{y}_2 + y_2 &= 2\dot{u}_1 + u_1 + u_2 \end{aligned}$	<p>⑨</p> $\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -1,5x_1 + 3u_1 + 4u_2 + f_2; \\ y_1 &= 2u_1 + f_1; \\ y_2 &= 0,5x_1 \end{aligned}$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

"Введение. Общие сведения о динамических управляемых системах"

1. Понятие о моделировании как методе научного познания. Кибернетические модели и их виды.

2. Объект управления. Управляемая величина. Управляющее и возмущающее воздействия. Дать определения и привести примеры.

3. Управляющее устройство и его состав. Задающее воздействие и ошибка управления.

4. Понятие об автоматическом управлении и автоматическом

регулировании. Функциональные схемы САУ и САР.

5. Разомкнутые и замкнутые, обыкновенные и самонастраивающиеся САР. Функциональные схемы и сравнение принципов работы этих систем.

6. Системы стабилизации, программного управления и следящие. Классификационный признак этих систем и выполняемые ими задачи.

7. САР прямого и непрямого регулирования. Функциональные схемы и практические примеры.

8. Понятие о непрерывных и дискретных САР. Виды дискретизации. Линейные и нелинейные САР.

9. Принципы автоматического регулирования по отклонению, по возмущению и комбинированный. Функциональные схемы и объяснение работы САР на этих принципах.

10. Статические и астатические САР. Определения и характерные признаки этих систем. Статизм САР.

“Модели линейных одномерных систем”

1. Установившийся режим системы и статические характеристики её элементов. Дать определения и примеры.

2. Статические характеристики соединений звеньев (параллельное, последовательное и соединение в виде обратной связи).

3. Методы аналитической линеаризации статических характеристик элементов систем.

4. Дифференциальное уравнение как основная динамическая характеристика системы. Вывести дифференциальное уравнение двигателя постоянного тока независимого возбуждения, управляемого со стороны якоря. Провести анализ этого дифференциального уравнения.

5. Изображение сигналов по Лапласу и понятие о передаточной функции элемента системы.

6. Изображение сигнала по Фурье и понятие о комплексном коэффициенте передачи (частотной функции) элемента или системы.

7. Формы практического использования частотной функции (ЛАЧХ, ЛФЧХ, годограф). Способы экспериментального и расчетного получения комплексного коэффициента передачи.

8. Переходная и весовая функции звена. Дать определения и привести примеры. Взаимосвязь различных динамических характеристик.

9. Динамические характеристики типовых звеньев - усилительного и апериодического. Практические примеры этих звеньев.

10. Динамические характеристики типового колебательного звена. Пример звена.

11. Динамические характеристики дифференцирующего и интегрирующего звеньев. Пример реализации этих звеньев.

12. Звено запаздывания. Понятие о минимально-фазовых звеньях.

13. Понятие о структурной схеме системы. Простейшие преобразования

структур.

14. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем автоматического регулирования. Пример получения передаточных функций САР по управлению и по возмущению.

15. Передаточные функции ошибки САР. Пример получения.

16. Частотные характеристики разомкнутой и замкнутой САР. Построение логарифмических частотных характеристик разомкнутой САР.

17. Векторно-матричное описание линейных динамических систем в пространстве состояний. Передаточные матрицы разомкнутой и замкнутой САР.

"Модели многомерных линейных систем автоматического регулирования"

1. Многомерные линейные САР. Основные понятия, определения и классификация систем. Примеры.

2. Описание многомерных САР с помощью дифференциальных уравнений общего вида. Пример.

3. Описание многомерных САР с помощью матриц передаточных функций. Понятие о передаточной матрице и составление структурных схем многомерных САР. Пример.

4. Описание многомерных САР в пространстве состояний. Общие приемы и конкретный пример.

5. Сравнительный анализ различных способов описания многомерных САР.

"Модели нелинейных систем автоматического регулирования"

1. Определение нелинейной САР. Примеры дифференциальных уравнений и структур нелинейных систем.

2. Основные типы нелинейных звеньев и их статические характеристики. Примеры реальных технических устройств с нелинейными характеристиками.

3. Способы линеаризации нелинейностей. Способ малых отклонений, способы осреднения и вибрационной линеаризации.

4. Статические характеристики нелинейных систем. Параллельное и последовательное соединение звеньев. Соединение с отрицательной и положительной обратными связями.

5. Описание нелинейных САР с помощью дифференциальных уравнений общего вида. Переход к описанию САР в пространстве состояний. Пример.

6. Понятие о фазовом пространстве. Фазовая траектория как динамическая характеристика нелинейной САР. Пример построения фазовой траектории для нелинейной САР 1-го порядка.

7. Построение фазовых траекторий нелинейных САР 2-го порядка с

помощью изоклин. Привести пример.

8. Сущность гармонической линеаризации нелинейности. Условия применения гармонической линеаризации в нелинейных САР.

9. Комплексный коэффициент передачи как динамическая характеристика нелинейного звена. Пояснить сущность модуля и фазы комплексного коэффициента передачи на примере с однозначной и неоднозначной нелинейностями.

10. Коэффициенты гармонической линеаризации нелинейности и их связь с комплексным коэффициентом передачи. Пояснить приёмы практического использования коэффициентов гармонической линеаризации на примере прохождения гармонического сигнала через разомкнутую нелинейную САР.

11. Анализ прохождения гармонического сигнала через замкнутую нелинейную САР на основе её гармонической линеаризации. Привести пример.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит два вопроса и задачу в форме теста. За ответы на вопросы билета выставляется:

5 баллов, если ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания базовых положений курса;

4 балла, если ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;

3 балла, если имеются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами;

2 балла, если материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний; 0 баллов, если обучающийся затрудняется ответить на вопрос.

За выполнение теста на 90-100% выставляется 5 баллов, на 80—90% - 4 балла, на 70-80% - 3 балла, 50-60% - 2 балла; 40-50 % - 1 балл; менее 40 % - 0 баллов.

Максимальное количество набранных баллов – 15.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 7 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 9 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 12 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 13 до 15 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Общие сведения о динамических управляемых системах.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Модели линейных одномерных систем.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Модели многомерных линейных систем автоматического регулирования.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Модели нелинейных систем автоматического регулирования.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Заключение	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач

на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Карпов А.Г. Математические основы теории систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Карпов А.Г.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016.— 230 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72123.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Математические основы теории автоматического управления. В 3 томах. Т.1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Иванов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2006.— 552 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94139.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Математические основы теории автоматического управления. В 3 томах. Т.2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Иванов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2008.— 616 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94136.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Математические основы теории автоматического управления. В 3 томах. Т.3 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Иванов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009.— 351 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/94137.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Яковлев В.Б. Теория автоматического управления : учебник. - М. : Высш. шк., 2005. - 567 с. 2005 6. Дорф Р. Дорф Р. Современные системы управления. М. Лаборатория базовых знаний., 2002. – 832 с. 2002 7. Егоров А.И. Основы теории управления / А. И. Егоров. - М. : Физматлит, 2004. - 504 с 2003

8. Андриевский Б.Р. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB - СПб. : Наука, 1999. - 467с. 1994

9. Соломенцев Ю.М. Теория автоматического управления : Учеб.

пособие /- М. : Высш. шк., 1999. - 268с 1999

10. Воронов В.Г. Методы проектирования систем управления. - Харьков : Основа, 1996. - 253с. 1996

11. Литвиненко А.М. Математические основы теории систем. Учебное пособие. Воронеж: ВГТУ, -2002. – 198 с.

12. Компьютерное моделирование линейных систем управления [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям и курсовой работе / — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 41 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22877.html>.— ЭБС «IPRbooks»

13. Васильев Е.М. Модели линейных динамических систем [Электронный ресурс]: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Математические основы теории систем" - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. – 37 с.

14. Васильев Е.М. Модели многомерных и нелинейных систем управления: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Математические основы теории систем" - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. – 37 с

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение

MicrosoftOfficeWord 2013/2007

MicrosoftOfficeExcel 2013/2007

MicrosoftOfficePowerPoint 2013/2007

MatLab

Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic

Свободное ПО

Open Office

Mozilla Firefox

Zip

Отечественное ПО

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационные справочные системы

<http://window.edu.ru> h

<https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных
 База данных zbMath
 Адрес ресурса: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh/zbmath>
 Association for Computing Machinery, ACM
 Адрес ресурса: https://dl.acm.org/contents_dl.cfm
 Единый портал инноваций и уникальных изобретений
 Адрес ресурса: <http://innovationportal.ru/>
 Инновации в России
 Адрес ресурса: <http://innovation.gov.ru/>
 Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
 Адрес ресурса <https://www.gost.ru/portal/gost/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Дисплейный класс, оснащенный компьютерами с доступом в Интернет и программным обеспечением, необходимым для выполнения заданий и курсового проекта.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Математические основы теории систем» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков логического синтеза. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с

	<p>помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</p>
<p>Практическое занятие</p>	<p>Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.</p>
<p>Лабораторная работа</p>	<p>Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>