Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 31.05.2024 13:54:53
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование объектов и систем управления»

Направление подготовки
27.04.04 «Управление в технических системах»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Автономные информационные управляющие системы»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва, 2024 г.

Разработчик(и):

к.т.н., доцент_____А.В. Кузнецов

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор /А.А. Радионов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
5. Материально-техническое обеспечение 8
6. Методические рекомендации 9
7. Фонд оценочных средств 10

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» следует отнести:

– формирование у студентов знаний общих принципов, методов и средств математического моделирования объектов и систем управления;

– подготовку студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению.

Задачи дисциплины:

- Ознакомление с основными понятиями, относящимися к математическому моделированию объектов и систем управления (СУ);

- изучение структуры, характеристик и функциональных возможностей использования программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом;

- изучение моделей СУ в переменных состояния и соответствующих методов решения векторно-матричных уравнений состояния и наблюдения, в том числе с помощью программного пакета MatLab;

- изучение частотных моделей и методов исследования СУ с обратной связью, в том числе с помощью программного пакета MatLab;

- изучение применения метода корневого годографа для анализа и синтеза СУ, в том числе с помощью программного пакета MatLab;

- изучение робастных СУ, определение их чувствительности, осуществление синтеза робастных СУ в частотной области;

- изучение методов синтеза робастных СУ с ПИД-регуляторами, в том числе с помощью программного пакета MatLab.

Обучение по дисциплине «Математическое моделирование объектов и систем управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами	ИОПК-4.1. Умеет производить расчеты и моделирование, в том числе в специализированном программном обеспечении, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; ИОПК-4.3. Владеет навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием;

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина базируется на следующих, пройденных дисциплинах:

- «Адаптивное управление»;

- «Автоматизация экспериментальных исследований и испытаний объектов и систем управления»;

- «Системный анализ в управлении техническими системами»;

Дисциплина «Математическое моделирование объектов и систем управления» логически связана с последующими дисциплинами: «Компьютерные технологии управления в технических системах».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			3 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**96**
	В том числе:		
2.1	Подготовка и защита лабораторных работ	48	48
2.2	Самостоятельное изучение	48	48
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		экзамен
	Итого	**144**	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1.	Введение		2	2	2		12
2.	Анализ моделей в переменных состояния в MatLab		2	2	2		12
3.	Применение метода корневого годографа для анализа и синтеза СУ		2	2	2		12
4.	Метод частотных характеристик для анализа и синтеза СУ		2	2	2		12

5.	Синтез систем управления с использованием MatLab		2	2	2		12
6.	Робастные системы управления		4	4	4		18
7.	Синтез робастных систем с ПИД-регуляторами		4	4	4		18
	Итого	**144**	**18**	**18**	**18**		**90**

3.3 Содержание дисциплины

Введение

Математическое моделирование объектов и систем управления с помощью программного пакета MatLab. Пример анализа с помощью пакета MatLab математической модели механической системы, включающей массу, пружину и демпфер. Создание в среде MatLab программы, позволяющей в интерактивном режиме исследовать влияние собственной частоты колебаний и коэффициента затухания на свободное движение массы. Работа в среде MatLab с алгебраическими полиномами, передаточными функциями и структурными схемами. Вычисление реакции системы на единичное ступенчатое воздействие.

Анализ моделей в переменных состояния в MatLabЛинейная модель динамической системы в переменных состояния. Матрично-векторные уравнения. Уравнения состояния и наблюдения. Матрица объекта (коэффициентов), матрица управления (входа), матрица наблюдения (выхода), и матрица обхода. Преобразование модели линейной системы с помощью функции **ss**. Использование функции **lsim** для вычисления состояния и выходной переменной.

Применение метода корневого годографа для анализа и синтеза СУПонятие корневого годографа (КГ). Этапы построения КГ. Пример анализа и синтеза СУ с помощью метода КГ. Выбор параметров с помощью КГ. Чувствительность системы и КГ. Построение КГ для СУ 2-го порядка с ПИД-регулятором. Построение КГ с помощью MatLab.

Метод частотных характеристик для анализа и синтеза СУ

Требования к качеству системы в частотной области. Использование MatLab в методе частотных характеристик. Анализ устойчивости с помощью MatLab. Синтез СУ с обратной связью. Системы с предшествующим фильтром. Синтез систем с обратной связью по состоянию. Управляемость и наблюдаемость систем. Синтез с применением MatLab и Simulink.

Синтез систем управления с использованием MatLab

Требования к синтезируемым СУ: хорошая компенсация возмущений, желаемый вид реакции на задающее входное воздействие, адекватные выходные сигналы исполнительного устройства, малая чувствительность к изменению параметров и робастность. Алгоритм процесса синтеза СУ. Пример синтеза СУ чтением информации с диска. Упрощенная модель системы с жесткой пластиной и модель с двумя массами и упругой пластиной. Структурная схема замкнутой СУ. Модель СУ в переменных состояния. Получение переходных функций с помощью MatLab. Реакция на возмущение. Анализ влияния коэффициента усиления. Обеспечение требуемого качества. Изменение конфигурации системы. Анализ устойчивости. Устойчивость СУ с обратной связью по скорости.

Робастные системы управления

Причины неточности математических моделей реальных физических систем. Синтез систем высокой точности при наличии существенной неопределенности объекта. Определение робастной СУ. Робастные СУ и чувствительность. Влияние изменения параметров объекта управления на выходную переменную в разомкнутой и замкнутой СУ. Чувствительность системы. Уменьшение чувствительности замкнутой СУ в нужном

диапазоне частот. Чувствительность системы и чувствительность корня. Анализ робастности. Аддитивное отклонение. Мультипликативное отклонение. Робастный критерий устойчивости. Синтез робастных СУ. Задача синтеза робастной системы в частотной области. Этапы процедуры синтеза робастной СУ.

Синтез робастных систем с ПИД-регуляторами

ПИД-регуляторы, их влияние на передаточную функцию разомкнутой системы управления. Корневой годограф системы 2-го порядка. Синтез робастных систем с ПИД-регуляторами. Методы, связанные с использованием корневого годографа и оценок качества. Интегральные оценки качества: ИКО**,** ИМО, ИВМО, ИВКО. Первый метод синтеза, основанный на использовании оценки качества ИВМО и оптимальных значений коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы. Пример синтеза робастной системы регулирования температуры с ПИД-регулятором. Синтез робастных СУ с ПИД-регуляторами с помощью MatLab. Корневой годограф СУ и использование функции **rlocfind**. Анализ робастности СУ температурой по отношению к параметру объекта управления. Реализация ПИД-регулятора с помощью операционных усилителей. Зависимость уровня машинного интеллекта современных СУ от неопределенности параметров и возмущений.

3.4 Тематика семинарских/практическихилабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Подготовка к защите лабораторной работы №1 на тему «Ознакомление с возможностями программного пакета MatLab по моделированию линейных динамических СУ».

Практическое занятие 2. Подготовка к защите лабораторной работы №2 на тему «Применение функций MatLab: roots, tf, series, parallel, feedback, pole, zero, poly, conv, polyval, mineral, pzmap, step».

Практическое занятие 3. Подготовка к защите лабораторной работы №3 на тему «Преобразование модели линейной системы системы 3-го порядка с помощью функции ss».

Практическое занятие 4. Подготовка к защите лабораторной работы №4 на тему «Использование функции lsim для вычисления состояния и выходной переменной».

Практическое занятие 5. Подготовка к защите лабораторной работы №5 на тему «Исследование чувствительности системы 2-го порядка».

Практическое занятие 6. Подготовка к защите лабораторной работы №6 на тему «Построение корневого годографа с использованием функций rlocus и rlocfind».

Практическое занятие 7. Практическая работа 7. Подготовка к защите лабораторной работы №7 на тему «Синтез робастной СУ температурой с ПИД-регулятором с помощью MatLab»

Практическое занятие 8. Подготовка к защите лабораторной работы №8 на тему «Синтез робастной СУ дисководом с ПИД-регулятором с помощью MatLab»

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1 «Ознакомление с возможностями программного пакета MatLab по моделированию линейных динамических СУ»

Лабораторная работа №2 «Применение функций MatLab: roots, tf, series, parallel, feedback, pole, zero, poly, conv, polyval, mineral, pzmap, step»

Лабораторная работа №3 «Преобразование модели линейной системы системы 3-го порядка с помощью функции **ss**»

Лабораторная работа №4 «Использование функции lsim для вычисления состояния и выходной переменной»

Лабораторная работа №5 «Исследование чувствительности системы 2-го порядка»
Лабораторная работа №6 «Построение корневого годографа с использованием функций rlocus и rlocfind»
Лабораторная работа №7 «Синтез робастной СУ температурой с ПИД-регулятором с помощью MatLab»
Лабораторная работа №8 «Синтез робастной СУ дисководом с ПИД-регулятором с помощью MatLab»

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты отсутсвуют

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрено

4.2 Основная литература

1. Р.Дорф, Р.Бишоп. Современные системы управления; Пер. с англ. Б.И.Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2012. – 832 с.: илл. ISBN 978-5-93208-119-8 (русск.)

2. Кириличев Б.В. Моделирование систем: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2010. – 274 с. ISBN 978-5-2760-1647-4.

4.3 Дополнительная литература

1. Советов Б.Я, Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001.– 343 с.: ил. ISBN 5-06-003860-2.

2. Емельянов В.В., Курейчик В.М., Курейчик В.В. Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 432 с. – ISBN 5-9221-0337-7.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Математическое моделирование объектов и систем управления https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3647

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. MatLab.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Не предусмотрено.

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс (АВ2507, АВ2614)

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, лабораторные работы, семинарские занятия, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к семинарским занятиям.

При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Следует предоставить возможность выступления с места в виде кратких сообщений по подготовленному заранее вопросу.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы или защита лабораторной работы.

7. Фонд оценочных средств

В процессе обучения в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: тест, защита лабораторных работ, экзамен.

Обучение по дисциплине «Математическое моделирование объектов и систем управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами	ИОПК-4.1. Умеет производить расчеты и моделирование, в том числе в специализированном программном обеспечении, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; ИОПК-4.3. Владеет навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием;

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочногосредства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
2	ЗЛР	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания для защиты лабораторных работ

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой и прохождение всех промежуточных тестов не ниже, чем на 70% правильных ответов. Промежуточные тестирования могут проводится как в аудитории Университета под контролем преподавателя, так и дистанционном формате на усмотрение преподавателя.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом..Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах

	показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль включает прохождение промежуточных тестирований по разделам дисциплины и защиту лабораторных работ. Промежуточные тестирования размещены в соответствующем курсе системы дистанционного обучения Университета. Примеры тестов представлены ниже. Отчеты по лабораторным работам размещаются студентами в соответствующем курсе системы дистанционного обучения Университета. Для подготовки к тестированию и защите лабораторных работ в разделе 3.7.1.1 приведён перечень контрольных вопросов.

Результаты текущего контроля могут быть использованы при промежуточной аттестации.

7.3.1 Примеры тестовых вопросов

№ п/п	Текст вопроса	Варианты ответов
1	Каковы основные качественные характеристики синтезируемой замкнутой системы управления?	Хорошая компенсация возмущений
		Адекватные выходные сигналы исполнительного устройства
		Желаемый вид реакции на задающее входное воздействие
		Малая чувствительность к изменению параметров
		Робастность
		Все характеристики, указанные в других ответах
2	Какой этап алгоритма синтеза системы управления является первым?	Оптимизация параметров и анализ качества системы

		Выбор регулятора и определение ключевых параметров, подлежащих настройке
		Получение моделей объекта управления, датчика и исполнительного устройства
		Выбор конфигурации системы и исполнительного устройства
		Выбор переменных, подлежащих управлению
		Формулировка требований к управляемым переменным
		Определение целей управления
3	Какой этап алгоритма синтеза системы управления является завершающим?	Оптимизация параметров и анализ качества системы
		Выбор регулятора и определение ключевых параметров, подлежащих настройке
		Получение моделей объекта управления, датчика и исполнительного устройства
		Выбор конфигурации системы и исполнительного устройства
		Выбор переменных, подлежащих управлению
		Формулировка требований к управляемым переменным
		Определение целей управления
4	На каком этапе процесса синтеза осуществляется получение моделей объекта управления, датчика и исполнительного устройства?	На первом
		На втором
		На пятом
		На последнем
5	Сколько этапов содержит алгоритм синтеза системы управления?	3
		4
		5
		6
		7
6	Каковы характеристики системы позиционирования считывающей головки для считывания информации с магнитного диска?	Расстояние над поверхностью диска$\leq 10^{-9}$ м, точность позиционирования $\leq 10^{-3}$ м, быстродействие ≤100мс
		Расстояние над поверхностью диска$\leq 10^{-9}$ м, точность позиционирования $\leq 10^{-6}$ м, быстродействие ≤50мс
		Расстояние над поверхностью диска$\leq 10^{-7}$ м, точность позиционирования $\leq 10^{-6}$ м, быстродействие ≤50мс

		Расстояние над поверхностью диска ≤1нм, точность позиционирования ≤10^{-5} м, быстродействие ≤10 мс
		Расстояние над поверхностью диска ≤10 нм, точность позиционирования ≤10 мкм, быстродействие ≤5 мс
7	Каков примерный порядок величин параметров типичной системы считывания информации с магнитного диска?	Масса электродвигателя привода считывающей головки - 20 г; Масса считывающей головки - 0,5 г; Индуктивность обмотки возбуждения - 1 мГн.
		Масса электродвигателя привода считывающей головки - 200 г; Масса считывающей головки - 5 г; Индуктивность обмотки возбуждения - 1 Гн.
		Масса электродвигателя привода считывающей головки - 2 г; Масса считывающей головки - 0,05 г; Индуктивность обмотки возбуждения - 100 мГн.
8	Какая функция MatLab формирует модель объекта в переменных состояния?	series
		poly
		feedback
		pole
		ss
		obsv
		conv
9	Какова ширина дорожки магнитного диска (это важно, т.к. исходя из этого значения формируются требования к точности позиционирования автоматической системы считывания информации)?	10 нм
		1 нм
		10 мм
		1 мм
		100 мкм
		10 мкм
		1 мкм
10	Какая функция MatLab вычисляет матрицу наблюдаемости?	series
		poly
		feedback
		pole
		ss
		obsv
		conv
11	Каковы причины неточности математических моделей реальных систем?	1)Изменение параметров; 2)Неучтенные динамические свойства; 3)Неучтенное запаздывание; 4)Шум датчика; 5)Изменение положения рабочей

		точки; 6)Случайные внешние возмущения
		1)Изменение переменных; 2)Неучтенная динамика; 3)Отсутствие запаздывания; 4)Изменение установившегося значения; 5)Шум регулятора; 6)Внешние возмущения
		Это одно из основных свойств моделей: приближенность, т.е. модель всегда отличается от оригинала.
12	От какого слова происходит термин "робастный"?	Синоним слова "роботизированный"
		От двух слов: "rob" (англ.) - 1) обкрадывать, грабить; 2) лишать чего-л. и "bust" [bʌst] (амер.) - обанкротиться, потерпеть неудачу; т.е. вместе - типа "неудачная попытка ограбления"
		От слова "робуста" (сорт кофе)
		От двух слов: "робот" и "злопастный"
		От "robe" (амер.) - халат
		Происхождение термина туманно и уходит в средние века
		От "robust" (англ.) - здоровый, крепкий, сильный; применительно к статистике - помехоустойчивый
13	Какая система называется робастной?	Система, обладающая допустимыми изменениями степени устойчивости при постоянстве ее модели, называется робастной
		Система, обладающая допустимыми изменениями качества при постоянстве ее модели, называется робастной
		Робастная система управления обладает оптимальным качеством динамических процессов
		Робастная система управления обладает хорошим качеством, обеспечивая одновременно высокую степень устойчивости
14	Какое из выражений соответствует робастному критерию устойчивости?	$S(s) = [1 + G_c(s)G(s)]^{-1}$
		$T(s) = \frac{G_c(s)G(s)}{1+G_c(s)G(s)}$
		$S(s) + T(s) = 1$

		$S = \frac{\partial T/T}{\partial G/G} = \frac{\partial \ln T}{\partial \ln G}$
		$\lvert S_K^r \rvert = \left(\frac{0{,}25 + \omega^2}{4\omega^2} \right)^{1/2}$
		для всех значений ω
		$\lvert M(j\omega) \rvert < \left\lvert 1 + \frac{1}{G(j\omega)} \right\rvert$ для всех значений ω
15	Робастный критерий устойчивости служит проверкой робастности по отношению к...	Аддитивному отклонению
		Мультипликативному отклонению
		Минимаксному отклонению
		Любому отклонению
16	Какими свойствами обладает мультипликативное отклонение? $G_m(s) = G(s)[1 + M(s)]$	1) Оно мало на низких частотах, где номинальная модель объекта обычно хорошо известна; 2) оно велико на высоких частотах, где номинальная модель объекта всегда неточная
		1) Оно велико на низких частотах, где номинальная модель объекта обычно хорошо известна; 2) оно мало на высоких частотах, где номинальная модель объекта всегда неточная
		1) Оно одинаково как на низких, так и на высоких частотах, а номинальная модель объекта не имеет значения
17	Чему равна чувствительность разомкнутой системы?	$\frac{1}{H(s)}$, где *H(s)* - ПФ датчика обратной связи
		$\frac{1}{G(s)}$, где *G(s)* - ПФ объекта управления
		$\frac{1}{1 + G(s)H(s)}$, где *G(s)* - ПФ объекта управления, *H(s)* - ПФ датчика обратной связи
		1
		∞
		0

18	Чему равна чувствительность замкнутой системы?	$\frac{1}{H(s)}$, где *H(s)* - ПФ датчика обратной связи
		$\frac{1}{G(s)}$, где *G(s)* - ПФ объекта управления
		$\frac{1}{1+G(s)H(s)}$, где *G(s)* - ПФ объекта управления, *H(s)* - ПФ датчика обратной связи
		1
		∞
		0
19	Чем объясняется популярность ПИД-регуляторов?	Универсальностью выработки регулирующих воздействий и дешевизной реализации
		Робастностью в разных условиях работы и функциональной простотой, облегчающей эксплуатацию
		Традицией теории автоматического управления
		Практикой использования систем автоматического управления
20	Какова передаточная функция ПИД-регулятора?	$K_1 + K_2/s + K_3s$
		$K_1 + K_2/s + 1$
		$K_1 + K_2/s + K_3/s^2$
		$K_1/s + K_2s + 1$
		$(K_3s^2+K_1s+K_2)/s$
21	Когда ПИД-регуляторы особенно полезны с точки зрения уменьшения установившейся ошибки и улучшения вида переходной характеристики?	Когда объект управления G(s) имеет один или два нуля (или может быть аппроксимирован моделью второго порядка)
		Когда объект управления G(s) имеет один или два полюса (или может быть аппроксимирован моделью второго порядка)
		Когда объект управления G(s) имеет три полюса (или может быть аппроксимирован моделью третьего порядка)
22	Почему при выборе параметров ПИД-регулятора из условия обеспечения робастности системы использование пакета MatLab является эффективным?	С помощью MatLab можно наиболее эффективно проверить робастность системы путем имитационного моделирования
		MatLab является современным универсальным и мощным

		средством для моделирования любых процессов и объектов
		Параметры можно подобрать методом итераций, а с помощью MatLab итерационные процедуры синтеза выполняются наиболее эффективно
23	Какие методы синтеза робастных СУ с ПИД-регулятором были рассмотрены в семестре?	Метод, основанный на использовании оценки качества ИВМО и оптимальных значений коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы
		Метод, основанный на использовании корневого годографа
		Метод, основанный на использовании оценки качества ИВМО и метод, основанный на использовании корневого годографа
		Метод синтеза, основанный на параметрической оптимизации систем управления
		Все методы, указанные в других ответах
24	Что дает использование предшествующего фильтра?	Практически это ничего не дает, поэтому в большинстве случаев принимают, что его ПФ=1
		Он позволяет обеспечить желаемое положение полюсов ПФ разомкнутой СУ
		Он позволяет осуществить предварительную фильтрацию входных сигналов с целью улучшить переходную характеристику
		Он позволяет обеспечить желаемое положение нулей ПФ замкнутой СУ, исключив в то же время влияние полюсов этой ПФ на переходную характеристику
		Он позволяет обеспечить желаемое положение полюсов ПФ замкнутой СУ, исключив в то же время влияние нуля этой ПФ на переходную характеристику
25	MatLab обладает возможностями...	Специализированного программирования
		Универсального программирования

		Событийно-ориентированного программирования
		Проблемно-ориентированного программирования
		Процессно-ориентированного программирования
		Объектно-ориентированного программирования
		Интеллектуального программирования
26	Что представляет собой MatLab по существу?	Универсальный пакет прикладных программ
		Специализированный пакет прикладных программ
		Пакет программ для моделирования систем управления
		Матричную лабораторию
		Математическую лабораторию
		Мощный калькулятор
		Совокупность матриц, графических изображений и скриптов для моделирования
		Интерактивную среду для научных и инженерных вычислений
27	С какими объектами приходится иметь дело пользователю при работе в среде MatLab?	Инструкции и переменные
		Матрицы
		Графические изображения
		Скрипты
		Множества
		Все объекты, перечисленные в других ответах
		1)Инструкции и переменные; 2)Матрицы; 3)Графические изображения; 4)Скрипты
		)Инструкции и переменные; 2)Матрицы; 3)Скрипты
28	Что значит объектно-ориентированное программирование?	То же, что и проблемно-ориентированное программирование
		Программы моделирования ориентированы на объекты исследования
		Объекты моделирования равноценны ориентирам программных свойств
		Изменение программ моделирования ориентировано на создание новых свойств объектов

		Изменение свойств объектов моделирования ориентировано на создание программ
		Ориентиры программ нацелены на объекты моделирования, которые легко изменять
		Объекты моделирования являются ориентирами для программ, которые легко изменять
		Модели систем обладают свойствами объектов, которые легко можно изменять

7.3.2 Вопросы для защиты лабораторных работ

К лабораторной работе №1

1. С какими объектами приходится иметь дело пользователю при работе в среде MatLab?
2. Что означает объектно-ориентированное программирование?
3. Что представляет собой MatLab по существу?
4. Какими возможностями обладает программный пакет MatLab?

К лабораторной работе №2

1. Какая функция MatLab позволяет задать передаточную функцию?
2. Какая функция MatLab позволяет вычислить корни полинома?
3. Какая функция MatLab позволяет восстановить полином по его корням?
4. Какая функция MatLab позволяет умножать полиномы?
5. Какая функция MatLab позволяет определить расположение полюсов и нулей системы?
6. Какая функция MatLab позволяет вычислить полюсы передаточной функции?
7. Позволяет ли функция pzmap различить кратные полюсы или нули передаточной функции?
8. Для чего в MatLab используется функция zero?

К лабораторной работе №3

1. Какая функция MatLab формирует модель объекта в переменных состояния?
2. Какая функция MatLab вычисляет матрицу наблюдаемости?
3. Как перейти от задания модели СУ в переменных состояния к модели в виде передаточной функции?

К лабораторной работе №4

1. Какова структура скрипта для вычисления состояния СУ и выходной переменной?
2. Что позволяет реализовать функция lsim?

К лабораторной работе №5

1. Как определяется чувствительность системы управления?
2. Чему равна чувствительность разомкнутой СУ?
3. Чему равна чувствительность замкнутой СУ?
2. Чувствительность какой из систем управления ниже: разомкнутой или замкнутой?
3. В чем различие понятий чувствительности системы и чувствительности корня?

К лабораторной работе №6

1. Каково назначение функции rlocus?
2. Каковы этапы построения КГ СУ с помощью MatLab?
3. Какое назначение имеет функция rlocfind?

К лабораторной работе №7

1. В чем состоит главная проблема при выборе трех коэффициентов ПИД-регулятора?

2. В каком смысле являются оптимальными значения коэффициентов характеристического полинома, используемые в первом методе синтеза робастных систем с ПИД-регуляторами?

3. Как определяется передаточная функция предшествующего фильтра для СУ температурой?

К лабораторной работе №8

1. Чему равна установившаяся ошибка в СУ дисководом с ПИД-регулятором при подаче на вход сигнала, линейно зависящего от времени?

2. Сравните желаемое значение относительного перерегулирования СУ дисковода с действительным значением, полученным в результате синтеза системы: удовлетворены ли требования?

3. Сравните действительное значение времени регулирования (установления) с требуемым и сделайте вывод о результатах синтеза СУ дисководом.

7.3.3 Вопросы для промежуточной аттестации

Перечень вопросов для экзамена (3 семестр) (ОПК-4)

1. ПИД-регуляторы и их характеристики
2. Понятие робастной системы и требования к ней
3. Задача синтеза робастных систем с ПИД-регуляторами
4. Основные причины неточности математических моделей реальных систем
5. Определение чувствительности системы управления
6. Чувствительность СУ к изменению параметров
7. Чувствительность системы 2-го порядка
8. Чувствительность системы и чувствительность корня
9. Метод корневого годографа
10. Метод синтеза робастных систем с использованием корневого годографа
11. Решение классической проблемы синтеза систем высокой точности в условиях неопределенности
12. Метод синтеза робастных систем с использованием оценок качества
13. Анализ робастности. Аддитивное отклонение передаточной функции объекта управления
14. Интегральные оценки качества переходных процессов
15. Соотношение чувствительности разомкнутой и замкнутой систем управления
16. Синтез регулятора и проверка робастности системы с помощью моделирования в MatLab
17. Робастный критерий устойчивости
18. Синтез робастного регулятора температуры в MatLab
19. Анализ робастности. Мультипликативное отклонение передаточной функции объекта управления
20. Синтез робастных систем управления. Задачи синтеза
21. Сравнительный анализ интегральных оценок качества
22. Задача синтеза робастной системы в частотной области
23. Назначение предшествующего фильтра и его роль в оптимизации качества
24. Робастность системы управления по отношению к изменению параметра объекта управления c_0
25. Реализация ПИД-регулятора аппаратным способом (с помощью операционных усилителей)
26. Синтез системы управления температурой ПИД-регулятором методом использования оценки качества ИВМО и оптимальных значений коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы
27. Зависимость уровня машинного интеллекта современных СУ от неопределенности параметров и возмущений
28. Синтез системы управления дисководом с ПИД-регулятором методом использования корневого годографа
29. Требования к качеству системы управления при синтезе
30. Алгоритм синтеза ПИД-регулятора и предшествующего фильтра для системы 2-го порядка с использованием ИВМО
31. Зависимость времени регулирования (установления) от постоянной времени и коэффициента затухания колебательного звена
32. Построение корневого годографа для непрерывной системы с заданной ПФ в MatLab
33. Применение функций step, impulse, lsim к непрерывным системам в MatLab
34. Корневой годограф и его свойства
35. Реализация ПИД-регулятора программным способом
36. Выбор оптимального значения коэффициента усиления системы 2-го порядка с точки зрения чувствительности и относительного перерегулирования
37. Этапы процедуры синтеза робастной системы управления

38. Эффективность использования пакета MatLab при синтезе СУ с
39. Методы синтеза робастных СУ с ПИД-регулятором
40. Следствия использования предшествующего фильтра
41. Возможности программного пакета MatLab