Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 31.10.2023 16:15:56
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817d0ba

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения

/Е.В. Сафонов/

“ ” 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование объектов и систем управления»

Направление подготовки

27.06.01 Управление в технических системах

Образовательная программа (профиль подготовки)

«Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Квалификация (степень) выпускника:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения:

Очная

Москва 2020

Программа дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 27.06.01 «Управление в технических системах» по профилю подготовки «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Программу составил:

_____Б.В. Кириличев – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика и управление»

Программа дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» по направлению 27.06.01 «Управление в технических системах» и профилю подготовки «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» утверждена на заседании кафедры «Автоматика и управление»

«28» 8 2019 г. протокол № 18

Заведующий кафедрой

доцент, к.т.н. /А.В. Кузнецов/

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», профиль подготовки «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

_____ / А.В. Кузнецов /

«28» 8 2019 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения.

Председатель комиссии _____ / А.Н. Васильев/

«17» 09 2019 г. Протокол: № 7-19

1. Цели и задачи освоения дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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 аспиранта по направлению.

1.2. 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.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Математическое моделирование объектов и систем управления» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части (Б.1.2) базового цикла (Б1) основной образовательной программы аспирантуры. Она связана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части Блока 1 (Б.1.2):

- Адаптивное управление;
- Системный анализ в управлении техническими системами.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине. Обучающийся должен**
ПК-2	способностью к анализу и экспериментальным исследованиям функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик	**Знать:** - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов. **Уметь:** - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки. **Владеть:** - навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием.
ПК-4	способностью к разработке научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления	

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, т.е. 180 академических часа (из них 36 час аудиторных занятий, 144 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» изучаются в четвертом семестре. В семестре выделяется 18 часов лекций, 18 часов практических занятий.

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов 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 MatLab

Линейная 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 СУ

Понятие 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.

5. Образовательные технологии

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 групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
- выполнение лабораторных работ в лабораториях вуза;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме устного опроса;
- проведение интерактивных занятий по подготовке к компьютерному тестированию с использованием программного комплекса «ТестСтудио», разработанного под руководством Б.В.Кириличева на кафедре «Автоматика и управление» (ранее – «Автоматика, информатика и системы управления»);
- использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного компьютерного тестирования с использованием программного комплекса «ТестСтудио» кафедры «Автоматика и управление».

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций, оценочные формы самостоятельной работы студентов:

- индивидуальный опрос студентов;
- компьютерное тестирование по материалам лекций и лабораторных работ в режиме промежуточного контроля с элементами подсказки и обучения;
- компьютерное тестирование по материалам лекций в режиме итогового контроля;
- экзамен по материалам первого семестра.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы, включенные в тесты достижений открытой формы, используемые программным комплексом «ТестСтудио».

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-2	способностью к анализу и экспериментальным исследованиям функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик
ПК-4	способностью к разработке научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления

В процессе освоения образовательной программы данная компетенция, в том числе ее отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
знать: - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов; свободно оперирует приобретенными знаниями.

		ситуации.		
уметь: - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: - - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием.	Обучающийся в недостаточной степени владеет навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: компьютерное тестирование

Критерий оценки. Студенту предлагается тест, содержащий порядка 50 вопросов. Результаты итогового теста оцениваются по шкале от 0 до 100 баллов. Освоение компетенций зависит от результата прохождения теста: 91-100 баллов – компетенции считаются освоенными на высоком уровне (оценка отлично); 80-90 баллов – компетенции считаются освоенными на продвинутом уровне (оценка отлично); 65-79 баллов – компетенции считаются освоенными на базовом уровне (оценка хорошо); 50-64 баллов – компетенции считаются освоенными на удовлетворительном уровне (оценка удовлетворительно); 0-49 баллов – компетенции считаются не освоенными (оценка неудовлетворительно).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Методы искусственного интеллекта в управлении сложными техническими объектами» (прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, прошли итоговое компьютерное тестирование).

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, 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.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, 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.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонд оценочных средств представлен в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) 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.

б) 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.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».
http://sernam.ru/book_gen.php Научная библиотека.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1) Компьютерные классы кафедры «Автоматика и управление»: ауд. 2614ав, 2507ав.

Оборудование и аппаратура: проектор, ноутбук, материалы в электронном виде для лекций и лабораторных работ.

Программное обеспечение: программный комплекс «MatLab».

2) Библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов применения методов и алгоритмов моделирования объектов и систем управления, 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 практическим занятиям;

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.

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу (ПК-2, ПК-4)

- Программный пакет MatLab. Структура, основные характеристики, возможности и области применения (с использованием справочной системы пакета).

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при преподавании дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» следует уделять изучению существующих и перспективных методов ИИ в приложении к задаче управления техническим объектом. Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций, компьютерное тестирование в среде ТестСтудио в режиме обучения.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, тексты лекций с иллюстрациями и анимацией, информационные ресурсы Интернета;
- программный пакет MatLab.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки аспирантов **27.06.01 «Управление в технических системах»**, образовательная программа (профиль) **«Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»**.

Приложение 2
к рабочей программе

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

Направление подготовки: 27.06.01 Управление в технических системах
ОП (профиль): «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»
Форма обучения: очная
Вид профессиональной деятельности: в соответствии с ОП

Кафедра «Автоматика и управление»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Математическое моделирование объектов и систем управления

Состав:
1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:
вариант экзаменационного билета
перечень вопросов для экзамена
образцы вопросов из фонда тестовых заданий
перечень практических занятий

Составители:

доцент, к.т.н. Кириличев Б.В.

Москва, 2019 год

Математическое моделирование объектов и систем управления					
Компетенции		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
Индекс	**Формулировка**				
ПК-2	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать способностью к анализу и экспериментальным исследованиям функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик	**Знать:** - современные теоретические и экспериментальные методы и средства разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления (СУ); - существующие виды математических моделей объектов и СУ; - структуру, характеристики и функциональные возможности программного пакета MatLab для моделирования объектов и СУ в целом; - существующие методы и алгоритмы анализа и синтеза робастных СУ, применяемые при проектировании технических объектов. **Уметь:** - производить расчеты и моделирование, в том числе в среде MatLab, исследуемых блоков и	лекция, самостоятельная работа, практические занятия, тестирование	Т, УО, ПР	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам. **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе изучения дисциплины; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.
ПК-4	способностью к разработке научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления				

		устройств систем управления, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки. **Владеть:** - навыками по - навыками по практическому проведению расчетов и моделированию блоков и устройств систем управления и их синтезу в соответствии с техническим заданием.			

Перечень оценочных средств по дисциплине

«Математическое моделирование объектов и систем управления»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос/ собеседование (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Вариант экзаменационного билета

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

Факультет машиностроения, кафедра «Автоматика и управление»
Дисциплина «Математическое моделирование объектов и систем управления»
Образовательная программа 27.06.01
Управление в технических системах,
ОП Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления
Курс 1, семестр 1

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №12

1. Синтез СУ с ПИД-регулятором методом использования оценки качества ИВМО и оптимальных значений коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы.

2. Зависимость уровня машинного интеллекта современных СУ от неопределенности параметров и возмущений.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Автоматика и управление» Протокол № __ от “__” _____2019 г. Зав. кафедрой к.т.н., доцент Кузнецов А.В.

Перечень вопросов к экзамену

Текст вопроса	**Код компетенции**
ПИД-регуляторы и их характеристики	ПК-2, ПК-4
Понятие робастной системы и требования к ней	ПК-2, ПК-4
Задача синтеза робастных систем с ПИД-регуляторами	ПК-2, ПК-4
Основные причины неточности математических моделей реальных систем	ПК-2, ПК-4
Определение чувствительности системы управления	ПК-2, ПК-4
Чувствительность СУ к изменению параметров	ПК-2, ПК-4
Чувствительность системы 2-го порядка	ПК-2, ПК-4
Чувствительность системы и чувствительность корня	ПК-2, ПК-4
Метод корневого годографа	ПК-2, ПК-4
Метод синтеза робастных систем с использованием корневого годографа	ПК-2, ПК-4
Решение классической проблемы синтеза систем высокой точности в условиях неопределенности	ПК-2, ПК-4
Метод синтеза робастных систем с использованием оценок качества	ПК-2, ПК-4

Анализ робастности. Аддитивное отклонение передаточной функции объекта управления	ПК-2, ПК-4
Интегральные оценки качества переходных процессов	ПК-2, ПК-4
Соотношение чувствительности разомкнутой и замкнутой систем управления	ПК-2, ПК-4
Синтез регулятора и проверка робастности системы с помощью моделирования в MatLab	ПК-2, ПК-4
Робастный критерий устойчивости	ПК-2, ПК-4
Синтез робастного регулятора температуры в MatLab	ПК-2, ПК-4
Анализ робастности. Мультипликативное отклонение передаточной функции объекта управления	ПК-2, ПК-4
Синтез робастных систем управления. Задачи синтеза	ПК-2, ПК-4
Сравнительный анализ интегральных оценок качества	ПК-2, ПК-4
Задача синтеза робастной системы в частотной области	ПК-2, ПК-4
Назначение предшествующего фильтра и его роль в оптимизации качества	ПК-2, ПК-4
Робастность системы управления по отношению к изменению параметра объекта управления c_0	ПК-2, ПК-4
Реализация ПИД-регулятора аппаратным способом (с помощью операционных усилителей)	ПК-2, ПК-4
Синтез системы управления температурой ПИД-регулятором методом использования оценки качества ИВМО и оптимальных значений коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы	ПК-2, ПК-4
Зависимость уровня машинного интеллекта современных СУ от неопределенности параметров и возмущений	ПК-2, ПК-4
Синтез системы управления дисководом с ПИД-регулятором методом использования корневого годографа	ПК-2, ПК-4
Требования к качеству системы управления при синтезе	ПК-2, ПК-4
Алгоритм синтеза ПИД-регулятора и предшествующего фильтра для системы 2-го порядка с использованием ИВМО	ПК-2, ПК-4
Зависимость времени регулирования (установления) от постоянной времени и коэффициента затухания колебательного звена	ПК-2, ПК-4
Построение корневого годографа для непрерывной системы с заданной ПФ в MatLab	ПК-2, ПК-4
Применение функций step, impulse, Isim к непрерывным системам в MatLab	ПК-2, ПК-4
Корневой годограф и его свойства	ПК-2, ПК-4
Реализация ПИД-регулятора программным способом	ПК-2, ПК-4
Выбор оптимального значения коэффициента усиления системы 2-го порядка с точки зрения чувствительности и относительного перерегулирования	ПК-2, ПК-4
Этапы процедуры синтеза робастной системы управления	ПК-2, ПК-4
Эффективность использования пакета MatLab при синтезе СУ с	ПК-2, ПК-4
Методы синтеза робастных СУ с ПИД-регулятором	ПК-2, ПК-4
Следствия использования предшествующего фильтра	ПК-2, ПК-4
Возможности программного пакета MatLab	ПК-2, ПК-4

Образцы вопросов из фонда тестовых заданий (ПК-2, ПК-4)

№ 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	3

	синтеза системы управления?	4
		5
		6
		7
6	Каковы характеристики системы позиционирования считывающей головки для считывания информации с магнитного диска?	Расстояние над поверхностью диска≤10^{-9} м, точность позиционирования ≤10^{-3} м, быстродействие ≤100мс
		Расстояние над поверхностью диска≤10^{-9} м, точность позиционирования ≤10^{-6} м, быстродействие ≤50мс
		Расстояние над поверхностью диска≤10^{-7} м, точность позиционирования ≤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	10 нм
		1 нм
		10 мм
		1 мм

	точности позиционирования автоматической системы считывания информации)?	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?	$S(s) = [1 + G_c(s)G(s)]^{-1}$
		$T(s) = \frac{G_c(s)G(s)}{1+G_c(s)G(s)}$
		$S(s) + T(s) = 1$
		$S = \frac{\partial T/T}{\partial G/G} = \frac{\partial \ln T}{\partial \ln G}$
		$\lvert S_K^r \rvert = \left(\frac{0{,}25+\omega^2}{4\omega^2} \right)^{1/2}$
		$\lvert A(j\omega) \rvert < \lvert 1 + G(j\omega) \rvert$ 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	Когда объект управления G(s) имеет один или два нуля (или может быть аппроксимирован

	установившейся ошибки и улучшения вида переходной характеристики?	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	То же, что и проблемно-

	программирование?	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

Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование	Оснащение	Кол-во часов
1 семестр			
1	Практическое занятие №1 «Ознакомление с возможностями программного пакета MatLab по моделированию линейных динамических СУ»	Программный комплекс MatLab	**2**
2	Практическое занятие №2 «Применение функций MatLab: roots, tf, series, parallel, feedback, pole, zero, poly, conv, polyval, mineral, pzmap, step»	Программный комплекс MatLab	**2**
3	Практическое занятие №3 «Преобразование модели линейной системы системы 3-го порядка с помощью функции **ss**»	Программный комплекс MatLab	**2**
4	Практическое занятие №4 «Использование функции lsim для вычисления состояния и выходной переменной»	Программный комплекс MatLab	**2**
5	Практическое занятие №5 «Исследование чувствительности	Программный комплекс MatLab	**2**

	системы 2-го порядка»		
6	Практическое занятие №6 «Построение корневого годографа с использованием функций rlocus и rlocfind»	Программный комплекс MatLab	**2**
7	Практическое занятие №7 «Синтез робастной СУ температурой с ПИД-регулятором с помощью MatLab»	Программный комплекс MatLab	**2**
8	Практическое занятие №8 «Синтез робастной СУ дисководом с ПИД-регулятором с помощью MatLab»	Программный комплекс MatLab	**4**
		Итого часов в 1 семестре:	**18**

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления» по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах» и профилю подготовки «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

№ № п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов				Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	ПЛР	СИ	Реф	Т	Э	З
1.1	**Введение**. Математическое моделирование объектов и систем управления с помощью программного пакета MatLab. Пример анализа с помощью пакета MatLab математической модели механической системы. Создание 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.	**4**		**1**			**6**			**6**				
1.2	Практическое занятие №1 «Ознакомление с возможностями программного пакета MatLab	**4**			**2**		**6**			**6**				

	по моделированию линейных динамических СУ»													
1.3	**Анализ моделей в переменных состояния в MatLab.** Линейная модель динамической системы в переменных состояния. Матрично-векторные уравнения состояния и наблюдения. Преобразование модели линейной системы с помощью функции **ss**. Использование функции **lsim** для вычисления состояния и выходной переменной.	**4**		**1**			**6**			**6**				
1.4	Практическое занятие 2 «Применение функций MatLab: roots, tf, series, parallel, feedback, pole, zero, poly, conv, polyval, mineral, pzmap, step»	**4**			**2**		**6**			**6**				
1.5	**Применение метода корневого годографа для анализа и синтеза СУ.** Понятие 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.	**4**		**1**			**6**			**6**				
1.6	Практическое занятие №3 «Преобразование модели линейной системы системы 3-го порядка с помощью функции **ss**»	**4**			**2**		**6**			**6**				
1.7	**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	**4**		**1**			**6**			**6**				

	обратной связью. Системы с предшествующим фильтром. Синтез систем с обратной связью по состоянию. Управляемость и наблюдаемость систем. Синтез с применением MatLab и Simulink.													
1.8	Практическое занятие №4 «Использование функции **lsim** для вычисления состояния и выходной переменной»	**4**			**2**		**6**			**6**				
1.9	**Синтез систем управления с использованием MatLab.** Требования к синтезируемым СУ. 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. 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.	**4**		**1**			**6**			**6**				
1.10	Практическое занятие №5 «Исследование чувствительности системы 2-го порядка»	**4**			**2**		**6**			**6**				
1.11	**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	**4**		**1**			**6**			**6**				

	чувствительность. Влияние изменения параметров объекта управления на выходную переменную в разомкнутой и замкнутой СУ.													
1.12	Практическое занятие №6 «Построение корневого годографа с использованием функций **rlocus** и **rlocfind**»	**4**			**2**		**6**			**6**				
1.13	**Робастные системы управления.** Чувствительность системы. Уменьшение чувствительности замкнутой СУ в нужном диапазоне частот. Чувствительность системы и чувствительность корня. Анализ робастности.	**4**		**1**			**6**			**6**				
1.14	Практическое занятие №7 «Синтез робастной СУ температурой с ПИД-регулятором с помощью MatLab»	**4**			**2**		**6**			**6**				
1.15	**Робастные системы управления.** Аддитивное отклонение. Мультипликативное отклонение. Робастный критерий устойчивости. Синтез робастных СУ. Задача синтеза робастной системы в частотной области. Этапы процедуры синтеза робастной СУ.	**4**		**1**			**10**			**6**				
1.16	**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,	**4**		**1**			**10**			**10**				

	ИМО, ИВМО, ИВКО.													
1.17	**Синтез робастных систем с ПИД-регуляторами.** 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.	**4**		**1**			**10**			**10**				
1.18	**Синтез робастных систем с ПИД-регуляторами.** 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.	**4**		**1**			**10**			**10**				
1.19	**Синтез робастных систем с ПИД-регуляторами.** Реализация ПИД-регулятора с помощью операционных усилителей. Зависимость уровня машинного интеллекта современных СУ от неопределенности параметров и возмущений.	**4**		**1**			**10**			**10**				
1.20	Практическое занятие №8 «Синтез робастной СУ дисководом с ПИД-регулятором с помощью MatLab» (окончание)	**4**			**4**		**10**			**10**				
	Форма аттестации						**4**						**Э**	
	Всего часов по дисциплине в семестре			**18**	**18**		**144**			**140**				