МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.01.12 «Методы оптимизации»

Код и направление подготовки (специальность)	27.03.04 Управление в технических системах
Направленность (профиль)	Управление и информатика в технических системах
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2023
Институт / факультет	Институт автоматики и информационных технологий
Выпускающая кафедра	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Кафедра-разработчик	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	252 / 7
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

Самара 2023

Б1.В.01.12 «Методы оптимизации»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **27.03.04 Управление в технических системах**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 871 от 31.07.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат технических наук, доцент	А.В Попов
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)

Заведующий кафедрой	С.А. Колпащиков, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	Я.Г Стельмах, кандидат педагогических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	А.Г. Мандра, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 8
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 9
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 9
4.1 Содержание лекционных занятий 10
4.2 Содержание лабораторных занятий 15
4.3 Содержание практических занятий 16
4.4. Содержание самостоятельной работы 21
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 25
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 26
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 26
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 26
9. Методические материалы 26
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 28

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

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем на основе профильных разделов математики, физики, информатики, методов системного и функционального анализа, теории управления	ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	Владеть Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления
			Знать Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления
			Уметь Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления
		ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	Владеть Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления
			Знать Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления
			Уметь Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры
		ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем

			Знать Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления
			Уметь Строить математические модели систем, проводить их анализ
		ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	Владеть Навыками разработки адекватных моделей систем
			Знать Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем
			Уметь Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность
		ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	Владеть Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации
			Знать Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных
			Уметь Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации
		ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	Владеть Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем
			Знать Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем
			Уметь Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов

		ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ
			Знать Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем
			Уметь Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления
		ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	Владеть Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей
			Знать Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления
			Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей
		ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления
			Знать Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики
			Уметь Определять структуру и основные параметры объекта управления
		ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели
			Знать Теорию систем, теорию автоматического управления

			Уметь Определять и обосновывать структуру системы управления
		ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	Владеть Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации
			Знать Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем
			Уметь Производить упрощение структуры многоконтурных систем
		ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	Владеть Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления
			Знать Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования
			Уметь Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления
	ПК-2 Способен разрабатывать информационное обеспечение автоматизированных систем управления	ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Владеть Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения
			Знать Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения
			Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития

		ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	Владеть Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации
			Знать Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки
			Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем
		ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	Владеть Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач
			Знать Основные программные средства разработки информационного обеспечения
			Уметь Использовать основные средства разработки информационного обеспечения
		ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	Владеть Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне
			Знать Программные средства управления объектом на верхнем уровне
			Уметь Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины

ПК-1	Интеллектуальное управление роботами; Математические основы теории систем; Методы обработки экспериментальных данных; Структуры и алгоритмы обработки данных; Цифровые системы управления	Информационное обеспечение систем управления; Машинное обучение и обработка больших объемов данных; Производственная практика: технологическая (производственно-технологическая) практика; Теоретические основы кибернетики	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Моделирование систем; Производственная практика: преддипломная практика; Типовые регуляторы промышленной автоматики
ПК-2	Интеллектуальное управление роботами; Математические основы теории систем; Программные средства обработки структурированных данных; Системы управления базами данных; Цифровые системы управления	Информационное обеспечение систем управления; Информационные сети и телекоммуникации; Основы теории передачи сигналов; Производственная практика: технологическая (производственно-технологическая) практика; Теоретические основы кибернетики	Автоматизированные информационно-управляющие системы; Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Производственная практика: преддипломная практика

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	6 семестр часов / часов в электронной форме	7 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	144	64	80
Лекции	64	32	32
Практические занятия	80	32	48
Внеаудиторная контактная работа, КСР	7	3	4
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	74	41	33
подготовка к практическим занятиям	74	41	33
Контроль	27	0	27
Итого: час	252	108	144
Итого: з.е.	7	3	4

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов

1	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	12	0	16	20	48
2	Численные методы решения задач нелинейного программирования	12	0	16	22	50
3	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	12	0	10	12	34
4	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	12	0	14	12	38
5	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	16	0	24	8	48
	КСР	0	0	0	0	7
	Контроль	0	0	0	0	27
	Итого	64	0	80	74	252

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема лекции**	**Содержание лекции** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
6 семестр				
1	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.1. Постановка задачи конечномерной оптимизации.	1.1.1. Основные понятия и определения. Целевая функция. Функциональные ограничения и формы их пред-ставления. 1.1.2. Содержательная и формальная постановка задачи. 1.1.3. Классификация задач конечномерной оптимизации. 1.1.4. Задачи линейного и нелинейного, выпуклого и квадратического, дискретного, целочисленного и стохастического программирования.	2
2	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.2. Общие аналитические условия экстремума в зада-чах математического программирования	. 1.2.1. Условия оптимальности в задачах без функциональных ограничений. 1.2.2. Условия оптимальности в задачах с функциональны-ми ограничениями вида равенств. 1.2.3. Функции Лагранжа и условия экстремума в общей задаче математического программирования с огра-ничениями вида равенств и неравенств. 1.2.1. Условия оптимальности в задачах без функциональных ограничений. 1.2.2. Условия оптимальности в задачах с функциональны-ми ограничениями вида равенств. 1.2.3. Функции Лагранжа и условия экстремума в общей задаче математического программирования с огра-ничениями вида равенств и неравенств.	2

3	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.3. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах выпуклого программирования.	1.3.1. Теорема Куна-Таккера и ее следствия. 1.3.2. Двойственные задачи оптимизации и седловые точки функции Лагранжа. 1.3.3. Вторая форма теоремы Куна-Таккера. 1.3.4. Экономический смысл множителей Лагранжа. 1.3.5. Общая схема решения задач конечномерной оптими-зации с помощью аналитических условий оптималь-ности.	2
4	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.4. Задачи линейного программирования.	1.4.1. Формальная постановка задачи линейного програм-мирования (ЛП). 1.4.2. Условия Куна-Таккера в задачах ЛП. 1.4.3. Двойственная задача ЛП. 1.4.4. Геометрическая интерпретация задач ЛП. 1.4.5. Вычислительные процедуры симплекс-метода в зада-чах ЛП. 1.4.6. Целочисленные задачи линейного программирования.	2
5	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.1. Постановка задачи конечномерной оптимизации.	1.1.1. Основные понятия и определения. Целевая функция. Функциональные ограничения и формы их пред-ставления. 1.1.2. Содержательная и формальная постановка задачи. 1.1.3. Классификация задач конечномерной оптимизации. 1.1.4. Задачи линейного и нелинейного, выпуклого и квадратического, дискретного, целочисленного и стохастического программирования.	2
6	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.2. Общие аналитические условия экстремума в зада-чах математического программирования	1.2.1. Условия оптимальности в задачах без функциональных ограничений. 1.2.2. Условия оптимальности в задачах с функциональны-ми ограничениями вида равенств. 1.2.3. Функции Лагранжа и условия экстремума в общей задаче математического программирования с огра-ничениями вида равенств и неравенств. 1.2.1. Условия оптимальности в задачах без функциональных ограничений. 1.2.2. Условия оптимальности в задачах с функциональны-ми ограничениями вида равенств. 1.2.3. Функции Лагранжа и условия экстремума в общей задаче математического программирования с огра-ничениями вида равенств и неравенств.	2
7	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.1. Базовые численные методы в безусловных задачах конечномерной оптимизации.	2.1.1. Общая характеристика итерационных вычислитель-ных процедур. 2.1.2. Базовые алгоритмы градиентного метода безусловной оптимизации и их характеристика. 2.1.3. Метод наискорейшего спуска и его геометрическая интерпретация. 2.1.4. «Овражные» ситуации. 2.1.5. Метод Ньютона, его преимущества и недостатки.	2

8	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.2. Модифицированные численные методы в безусловных задачах конечномерной оптимизации.	2.2.1. Многошаговые методы безусловной оптимизации. 2.2.2. Численный метод сопряженных градиентов. 2.2.3. Вычислительные алгоритмы прямых методов без-условной оптимизации. 2.2.4. Численный метод покоординатного спуска (метод Гаусса-Зайделя). 2.2.5. Метод сопряженных направлений и вычислительные технологии его реализации. 2.2.6. Методы случайного поиска в задачах на безусловный экстремум функций конечного числа переменных.	2
9	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.3. Численные методы условной оптимизации.	2.3.1. Метод проекции градиента. Геометрическая интерпретация. Вычислительные алгоритмы. 2.3.2. Численные методы линеаризации в задачах нелинейного программирования. 2.3.3. Методы штрафных функций и способы их реализации.	2
10	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.4. Сравнительный анализ численных методов конечномерной оптимизации. Тема 2.5. Алгоритмы выбора численных методов условной оптимизации в прикладных задачах математического программирования.	2.4.1. Анализ проблем сходимости вычислительных алгоритмов различных численных методов. 2.4.2. Анализ чувствительности численных методов к выбору начальных приближений. 2.4.3. Преимущества и недостатки многошаговых численных методов. 2.4.4. Алгоритмы выбора варианта численных методов условной оптимизации. 2.5.1. Анализ характера целевых функций и функциональных ограничений в прикладных задачах. 2.5.2. Способы выбора численного метода оптимизации. 2.5.3. Процедуры апробирования и коррекции принятых алгоритмов численного решения задачи	2
11	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.1. Базовые численные методы в безусловных задачах конечномерной оптимизации.	2.1.1. Общая характеристика итерационных вычислитель-ных процедур. 2.1.2. Базовые алгоритмы градиентного метода безусловной оптимизации и их характеристика. 2.1.3. Метод наискорейшего спуска и его геометрическая интерпретация. 2.1.4. «Овражные» ситуации. 2.1.5. Метод Ньютона, его преимущества и недостатки.	2
12	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.2. Модифицированные численные методы в безусловных задачах конечномерной оптимизации.	2.2.1. Многошаговые методы безусловной оптимизации. 2.2.2. Численный метод сопряженных градиентов. 2.2.3. Вычислительные алгоритмы прямых методов без-условной оптимизации. 2.2.4. Численный метод покоординатного спуска (метод Гаусса-Зайделя). 2.2.5. Метод сопряженных направлений и вычислительные технологии его реализации. 2.2.6. Методы случайного поиска в задачах на безусловный экстремум функций конечного числа переменных.	2
			Итого за семестр:	**24**

7 семестр				
13	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.1 Постановка задачи динамической оптимизации. 3.1.1. Математические модели	Тема 3.1 Постановка задачи динамической оптимизации. 3.1.1. Математические модели объекта управления. 3.1.2. Ограничения на управляющие воздействия и фазовые координаты. 3.1.3. Критерии оптимальности. 3.1.4. Требования к конечному состоянию объекта управления 3.1.5. Варианты формулировки и классификация	2
14	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.1 Постановка задачи динамической оптимизации. 3.1.1. Математические модели	Тема 3.1 Постановка задачи динамической оптимизации. 3.1.1. Математические модели объекта управления. 3.1.2. Ограничения на управляющие воздействия и фазовые координаты. 3.1.3. Критерии оптимальности. 3.1.4. Требования к конечному состоянию объекта управления 3.1.5. Варианты формулировки и классификация	2
15	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.2. Методы классического вариационного исчисления в задачах на безусловный экстремум функционалов.	3.2.1. Постановка классических задач вариационного исчисления. 3.2.2. Необходимые условия экстремума. Система уравнений Эйлера для искомых экстремалей.	2
16	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.2. Методы классического вариационного исчисления в задачах на безусловный экстремум функционалов.	3.2.1. Постановка классических задач вариационного исчисления. 3.2.2. Необходимые условия экстремума. Система уравнений Эйлера для искомых экстремалей.	2
17	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.3. Методы вариационного исчисления в задачах на условный экстремум функционалов.	3.3.1. Функции Лагранжа и уравнения Эйлера в задачах на условный экстремум функционалов. 3.3.2. Оценка возможностей решения задач оптимального управления методами классического вариационного исчисления.	2
18	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.3. Методы вариационного исчисления в задачах на условный экстремум функционалов.	3.3.1. Функции Лагранжа и уравнения Эйлера в задачах на условный экстремум функционалов. 3.3.2. Оценка возможностей решения задач оптимального управления методами классического вариационного исчисления.	2
19	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.1. Формулировка принципа максимума Понтрягина в задачах оптимального управления.	4.1.1. Функция Понтрягина и сопряженные переменные. 4.1.2. Эвристическое доказательство принципа максимума. 4.1.3. Точные формулировки принципа максимума в задачах со свободным и подвижным концами траектории. 4.1.4. Условия трансверсальности.	2

20	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.1. Формулировка принципа максимума Понтрягина в задачах оптимального управления.	4.1.1. Функция Понтрягина и сопряженные переменные. 4.1.2. Эвристическое доказательство принципа максимума. 4.1.3. Точные формулировки принципа максимума в задачах со свободным и подвижным концами траектории. 4.1.4. Условия трансверсальности.	2
21	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.2. Общая схема решения задач оптимального управления методом принципа максимума.	4.1.1. Редукция к системе дифференциальных уравнений относительно фазовых и сопряженных переменных. 4.1.2. Метод решения задач оптимального управления со свободным правым концом траектории. 4.1.3. Метод решения задач оптимального управления с подвижным и фиксированным правым концом траектории.	2
22	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.2. Общая схема решения задач оптимального управления методом принципа максимума.	4.1.1. Редукция к системе дифференциальных уравнений относительно фазовых и сопряженных переменных. 4.1.2. Метод решения задач оптимального управления со свободным правым концом траектории. 4.1.3. Метод решения задач оптимального управления с подвижным и фиксированным правым концом траектории.	2
23	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.3. Задачи оптимального по быстродействию управления динамическими объектами.	4.3.1. Алгоритмы оптимального по быстродействию управления моделями объектов, линейными по управляю-щему воздействию. 4.3.2. Теорема Фельдбаума об п интервалах. 4.3.3. Алгоритмы оптимального по быстродействию управления колебательными объектами. 4.3.4. Способы вычисления параметров релейных алгоритмов оптимального по быстродействию управления.	2
24	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.3. Задачи оптимального по быстродействию управления динамическими объектами.	4.3.1. Алгоритмы оптимального по быстродействию управления моделями объектов, линейными по управляю-щему воздействию. 4.3.2. Теорема Фельдбаума об п интервалах. 4.3.3. Алгоритмы оптимального по быстродействию управления колебательными объектами. 4.3.4. Способы вычисления параметров релейных алгоритмов оптимального по быстродействию управления.	2
25	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.1. Уравнение Беллмана и метод динамического программирования.	5.1.1. Принцип оптимальности и его использование в задачах динамического программирования. 5.1.2. Уравнение Беллмана в задачах управления дискретными моделями объекта. 5.1.3. Дискретные модели метода динамического програм-мирования.	2

26	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.1. Уравнение Беллмана и метод динамического программирования.	5.1.1. Принцип оптимальности и его использование в задачах динамического программирования. 5.1.2. Уравнение Беллмана в задачах управления дискретными моделями объекта. 5.1.3. Дискретные модели метода динамического програм-мирования.	2
27	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Метод динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	5.2.1. Вывод уравнения Беллмана в задачах управления не-прерывными моделями объекта. 5.2.2. Технология вычисления оптимального управления.	2
28	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	5.3.1. Связь метода динамического программирования с принципом максимума. 5.3.2. Анализ преимуществ и недостатков метода динамического программирования. 5.3.3. Выбор метода решения в зависимости от конкретного характера задачи оптимального управления.	2
29	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Метод динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	5.2.1. Вывод уравнения Беллмана в задачах управления не-прерывными моделями объекта. 5.2.2. Технология вычисления оптимального управления.	2
30	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	5.3.1. Связь метода динамического программирования с принципом максимума. 5.3.2. Анализ преимуществ и недостатков метода динамического программирования. 5.3.3. Выбор метода решения в зависимости от конкретного характера задачи оптимального управления.	2
31	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	5.3.1. Связь метода динамического программирования с принципом максимума. 5.3.2. Анализ преимуществ и недостатков метода динамического программирования. 5.3.3. Выбор метода решения в зависимости от конкретного характера задачи оптимального управления.	2
32	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	5.3.1. Связь метода динамического программирования с принципом максимума. 5.3.2. Анализ преимуществ и недостатков метода динамического программирования. 5.3.3. Выбор метода решения в зависимости от конкретного характера задачи оптимального управления.	2
			Итого за семестр:	**40**
			Итого:	**64**

4.2 Содержание лабораторных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
6 семестр				
1	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.1. Примеры постановок различных задач конечномерной оптимизации.	Основные понятия и определения. Постановка и классификация задач конечномерной оптимизации.	2
2	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.2. Анализ необходимых и достаточных условий экстремума в задачах математического программирования.	Примеры. Условия экстремума в задачах без ограничений и с функциональными ограничениями. Функция Лагранжа в общей задаче математического программирования.	2
3	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.2. Анализ необходимых и достаточных условий экстремума в задачах математического программирования.	Примеры. Условия экстремума в задачах без ограничений и с функциональными ограничениями. Функция Лагранжа в общей задаче математического программирования.	2
4	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.3. Изучение методов решения задач математического программирования с помощью аналитических условий оптимальности.	Примеры. Теорема Куна-Таккера. Двойственные задачи оптимизации. Общий аналитический метод решения задачи конечномерной оптимизации.	2
5	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.3. Изучение методов решения задач математического программирования с помощью аналитических условий оптимальности.	Примеры. Теорема Куна-Таккера. Двойственные задачи оптимизации. Общий аналитический метод решения задачи конечномерной оптимизации. (Контрольная точка 1)	2
6	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.4. Симплекс-метод в задачах линейного программирования.	Геометрическая интерпретация задач линейного программирования. Вычислительные процедуры симплекс-метода. Целочисленные задачи линейного программирования.	2
7	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.4. Симплекс-метод в задачах линейного программирования.	Геометрическая интерпретация задач линейного программирования. Вычислительные процедуры симплекс-метода. Целочисленные задачи линейного программирования.	2

8	Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	Тема 1.4. Симплекс-метод в задачах линейного программирования.	Геометрическая интерпретация задач линейного программирования. Вычислительные процедуры симплекс-метода. Целочисленные задачи линейного программирования. (Контрольная точка 2)	2
9	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.1. Исследование базовых численных алгоритмов решения задач математического программирования.	Примеры. Алгоритмы градиентного метода. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона.	2
10	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.1. Исследование базовых численных алгоритмов решения задач математического программирования.	Примеры. Алгоритмы градиентного метода. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона.	2
11	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.2. Исследование модифицированных вычислительных алгоритмов в задачах безусловной оптимизации.	Примеры. Многошаговые методы безусловной оптимизации. Метод сопряженных направлений. Метод случайного поиска.	2
12	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.2. Исследование модифицированных вычислительных алгоритмов в задачах безусловной оптимизации.	Примеры. Многошаговые методы безусловной оптимизации. Метод сопряженных направлений. Метод случайного поиска. (Контрольная точка 3)	2
13	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.3. Исследование вычислительных алгоритмов в задачах математического программирования с функциональными ограничениями.	Примеры. Метод проекции градиента. Численные методы линеаризации. Методы штрафных функций.	2
14	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.3. Исследование вычислительных алгоритмов в задачах математического программирования с функциональными ограничениями.	Примеры. Метод проекции градиента. Численные методы линеаризации. Методы штрафных функций.	2

15	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.4. Сравнительный анализ возможностей различных численных методов решения задач математического программирования.	Примеры. Анализ сходимости вычислительных алгоритмов. Анализ чувствительности численных методов.	2
16	Численные методы решения задач нелинейного программирования	Тема 2.5. Исследование алгоритмов выбора численных методов решения задач математического программирования.	Примеры. Способы выбора численных методов оптимизации. Процедуры апробирования и коррекции численных алгоритмов. (Контрольная точка 4)	2
			Итого за семестр:	**32**
7 семестр				
17	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.1. Примеры постановок задач динамической оптимизации с базовыми вариантами различных исходных данных.	Математические модели объекта управления. Критерии оптимальности. Варианты формулировок и классификация задач оптимального управления.	2
18	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.1. Примеры постановок задач динамической оптимизации с базовыми вариантами различных исходных данных.	Математические модели объекта управления. Критерии оптимальности. Варианты формулировок и классификация задач оптимального управления.	2
19	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.2. Примеры решения задач на безусловный экстремум функционалов методами классического вариационного исчисления.	Постановка и классификация задач вариационного исчисления. Необходимые условия экстремума и уравнения Эйлера.	2
20	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.3. Исследование возможностей и примеры решения задач оптимального управления методами вариационного исчисления.	Функции Лагранжа в задачах на условный экстремум функционалов. Классы задач оптимального управления, разрешаемых методами вариационного исчисления.	2

21	Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	Тема 3.3. Исследование возможностей и примеры решения задач оптимального управления методами вариационного исчисления.	Функции Лагранжа в задачах на условный экстремум функционалов. Классы задач оптимального управления, разрешаемых методами вариационного исчисления. (Контрольная точка 1)	2
22	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.1. Анализ и содержательная формулировка принципа максимума Понтрягина.	Примеры. Функция Понтрягина. Сопряженные переменные. Основное содержание принципа максимума.	2
23	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.2. Алгоритмы реализации общей схемы решения задач оптимального управления методом принципа максимума.	Примеры. Редукция к системе дифференциальных уравнений относительно фазовых и сопряженных переменных. Методы решения задач оптимального управления со свободным и подвижным правыми концами траектории.	2
24	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.2. Алгоритмы реализации общей схемы решения задач оптимального управления методом принципа максимума.	Примеры. Редукция к системе дифференциальных уравнений относительно фазовых и сопряженных переменных. Методы решения задач оптимального управления со свободным и подвижным правыми концами траектории.	2
25	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.2. Алгоритмы реализации общей схемы решения задач оптимального управления методом принципа максимума.	Примеры. Редукция к системе дифференциальных уравнений относительно фазовых и сопряженных переменных. Методы решения задач оптимального управления со свободным и подвижным правыми концами траектории.	2
26	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.3. Примеры решения краевых задач оптимального по быстродействию управления динамическими объектами.	Алгоритмы оптимального по быстродействию управления моделями объектов, линейными по управляющим воздействиям. Оптимальное по быстродействию управление колебательными объектами. Вычисление параметров релейных алгоритмов оптимального по быстродействию управления.	2
27	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.3. Примеры решения краевых задач оптимального по быстродействию управления динамическими объектами.	Алгоритмы оптимального по быстродействию управления моделями объектов, линейными по управляющим воздействиям. Оптимальное по быстродействию управление колебательными объектами. Вычисление параметров релейных алгоритмов оптимального по быстродействию управления.	2

28	Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	Тема 4.3. Примеры решения краевых задач оптимального по быстродействию управления динамическими объектами.	Алгоритмы оптимального по быстродействию управления моделями объектов, линейными по управляющим воздействиям. Оптимальное по быстродействию управление колебательными объектами. Вычисление параметров релейных алгоритмов оптимального по быстродействию управления. (Контрольная точка 2)	2
29	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.1. Исследование дискретных моделей метода динамического программирования.	Примеры. Принцип оптимальности. Уравнение Беллмана. Дискретные модели динамического программирования.	2
30	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.1. Исследование дискретных моделей метода динамического программирования.	Примеры. Принцип оптимальности. Уравнение Беллмана. Дискретные модели динамического программирования.	2
31	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оптимальных управлений.	2
32	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оптимальных управлений.	2
33	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оп-тимальных управлений.	2
34	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оп-тимальных управлений.	2

35	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оп-тимальных управлений.	2
36	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оп-тимальных управлений.	2
37	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оп-тимальных управлений.	2
38	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.2. Исследование метода динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.	Уравнение Беллмана в задачах оптимального управления непрерывными моделями объекта. Методы вычисления оп-тимальных управлений. (Контрольная точка 3)	2
39	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	Примеры. Анализ преимуществ и недостатков динамического про-граммирования. Способы выбора метода решения задачи оптимального управления.	2
40	Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	Тема 5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	Примеры. Анализ преимуществ и недостатков динамического про-граммирования. Способы выбора метода решения задачи оптимального управления. (Контрольная точка 4)	2
			Итого за семестр:	**48**
			Итого:	**80**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
6 семестр			
Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации	подготовка к практическим занятиям	1.1. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Примеры постановок различных задач конечномерной опти-мизации». 1.1.3. Классификация задач конечномерной оптимизации. 1.1.4. Отличительные особенности задач линейного и нелинейного, выпуклого и квадратического, дискретного и целочисленного про-граммирования. 1.2. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Анализ необходимых и достаточных условий экстремума в задачах математического программирования». 1.2.2. Условия оптимальности в задачах с функциональными огра-ничениями вида равенств. 1.2.3. Функции Лагранжа и условия экстремума в общей задаче ма-тематического программирования. 1.3. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: « Изучение методов решения задач математического програм-мирования с помощью аналитических условий оптимальности». 1.3.5. Общая схема решения задач конечномерной оптимизации с помощью аналитических условий оптимальности. 1.4. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Симплекс-метод в задачах линейного программирования». 1.4.4. Геометрическая интерпретация задач линейного программирования. 1.4.5. Вычислительные процедуры симплекс-метода. 1.4.6. Целочисленные задачи линейного программирования.	20

Численные методы решения задач нелинейного программирования	подготовка к практическим занятиям	2.1. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Исследование базовых численных алгоритмов решения задач математического программирования». 2.1.2. Базовые алгоритмы градиентного метода. 2.1.5. Метод Ньютона. 2.2. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Исследование модифицированных вычислительных алгорит-мов в задачах безусловной оптимизации». 2.2.2. Численный метод сопряженных градиентов. 2.2.3. Прямые методы безусловной оптимизации. 2.2.5. Метод сопряженных направлений. 2.3. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Исследование вычислительных алгоритмов в задачах матема-тического программирования с функциональными ограничениями». 2.3.1. Метод проекции градиента. 2.3.2. Численные методы линеаризации. 2.3.3. Методы штрафных функций. 2.4. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Сравнительный анализ возможностей различных численных методов решения задач математического программирования». 2.4.1. Анализ проблем сходимости вычислительных алгоритмов. 2.4.2. Анализ чувствительности численных методов к выбору начальных приближений. 2.5. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Исследование алгоритмов выбора численных методов реше-ния задач математического программирования». 2.5.2. Способы выбора численного метода оптимизации. 2.5.3. Процедуры апробирования и коррекции численных алгорит-мов.	22
		Итого за семестр:	**42**
7 семестр			

Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления	подготовка к практическим занятиям	3.1. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Примеры постановок задач динамической оптимизации с базовыми вариантами различных исходных данных». 3.1.1. Математические модели объекта управления. 3.1.3. Критерии оптимальности. 3.1.4. Требования к конечному состоянию. 3.2. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Примеры решения задач на безусловный экстремум функционалов методами классического вариационного исчисления». 3.2.2. Система уравнений Эйлера для искомых экстремалей. 3.3. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Исследование возможностей и примеры решения задач оптимального управления методами вариационного исчисления». 3.3.1. Функции Лагранжа и уравнения Эйлера в задачах на условный экстремум функционалов. 3.3.2. Условия разрешимости задач оптимального управления методами классического вариационного исчисления.	12
Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления	подготовка к практическим занятиям	4.1. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Анализ и содержательная формулировка принципа макси-мума Понтрягина». 4.1.3. Точные формулировки принципа максимума. 4.1.4. Условия трансверсальности. 4.2. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Алгоритмы реализации общей схемы решения задач опти-мального управления методом принципа максимума». 4.2.2. Редукция к системе дифференциальных уравнений относи-тельно фазовых и сопряженных переменных. 4.2.3. Схема решения задач оптимального управления со свободным правым концом траектории. 4.3. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Примеры решения краевых задач оптимального по быстро-действию управления динамическими объектами». 4.3.2. Теорема Фельдбаума об п интервалах. 4.3.4. Способы вычисления параметров релейных алгоритмов опти-мального быстродействия.	12

Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления	подготовка к практическим занятиям	5.1. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Исследование дискретных моделей метода динамического программирования». 5.1.2. Уравнение Беллмана в задачах управления дискретными моде-лями объектов. 5.2.Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по те-ме: « Исследование метода динамического программирования в не-прерывных задачах оптимального управления» 5.2.2. Технология вычисления оптимального управления. 5.3. Выполнение домашних заданий к практическим занятиям по теме: «Сравнительный анализ метода динамического программиро-вания и принципа максимума Понтрягина». 5.3.1. Связь метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.	8
		Итого за семестр:	**32**
		Итого:	**74**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Рапопорт, Э.Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами : Учеб.пособие / Э. Я. Рапопорт.- М., Высш.шк., 2009.- 677 с.	Книжный фонд
2	Рапопорт, Э.Я. Оптимальное управление температурными режимами индукционного нагрева / Э. Я. Рапопорт, Ю. Э. Плешивцева.- М., Наука, 2012.- 309 с.	Книжный фонд
3	Электроника и микропроцессорная техника : диплом.проектирование систем автоматизации и упр. : учеб. / под ред. В. И. Лачина.- Ростов н/Д, Феникс, 2007.- 568 с.	Книжный фонд
Дополнительная литература		
4	Оптимизация и управление электротехнологическими системами. Интенсивный курс Специализация III / А. И. Алиферов [и др.].- СПб., СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2013.- 265 с.	Книжный фонд
5	Рапопорт, Э.Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами : Учеб.пособие / Э. Я. Рапопорт.- М., Высш.шк., 2005.- 293 с.	Книжный фонд
Учебно-методическое обеспечение		

6	Рапопорт, Э.Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами : Учеб.пособие / Э. Я. Рапопорт.- М., Высш.шк., 2005.- 293 с.	Книжный фонд
7	Рапопорт, Э.Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами : Учеб.пособие / Э. Я. Рапопорт.- М., Высш.шк., 2009.- 677 с.	Книжный фонд

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	MS Office	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	MATLAB	MatchWorks (Зарубежный)	Лицензионное
3	ANSYS	ANSYS, Inc. (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Каталог образовательных интернетресурсов. Машиностроение	http://www.edu.ru/modules.php	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
- комплект электронных презентаций/слайдов

Практические занятия

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет;

Самостоятельная работа

- материально-техническое оснащение НТБ СамГТУ;
- ресурсы информационно-вычислительных центров

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их

адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.01.12 «Методы оптимизации»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.01.12 «Методы оптимизации»

Код и направление подготовки (специальность)	27.03.04 Управление в технических системах
Направленность (профиль)	Управление и информатика в технических системах
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2023
Институт / факультет	Институт автоматики и информационных технологий
Выпускающая кафедра	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Кафедра-разработчик	кафедра "Автоматика и управление в технических системах"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	252 / 7
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

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

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-1 Способен разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем на основе профильных разделов математики, физики, информатики, методов системного и функционального анализа, теории управления	ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	Владеть Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления
			Знать Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления
			Уметь Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления
		ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	Владеть Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления
			Знать Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления
			Уметь Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры
		ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем

			Знать Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления
			Уметь Строить математические модели систем, проводить их анализ
		ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	Владеть Навыками разработки адекватных моделей систем
			Знать Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем
			Уметь Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность
		ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	Владеть Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации
			Знать Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных
			Уметь Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации
		ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	Владеть Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем
			Знать Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем
			Уметь Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов

ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ
	Знать Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем
	Уметь Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления
ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	Владеть Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей
	Знать Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления
	Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления
	Знать Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики
	Уметь Определять структуру и основные параметры объекта управления
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели
	Знать Теорию систем, теорию автоматического управления

			Уметь Определять и обосновывать структуру системы управления
		ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	Владеть Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации
			Знать Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем
			Уметь Производить упрощение структуры многоконтурных систем
		ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	Владеть Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления
			Знать Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования
			Уметь Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления
	ПК-2 Способен разрабатывать информационное обеспечение автоматизированных систем управления	ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Владеть Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения
			Знать Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения
			Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития

		ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	Владеть Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации
			Знать Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки
			Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем
		ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	Владеть Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач
			Знать Основные программные средства разработки информационного обеспечения
			Уметь Использовать основные средства разработки информационного обеспечения
		ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	Владеть Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне
			Знать Программные средства управления объектом на верхнем уровне
			Уметь Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации				

ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Знать** Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления			
	Владеть Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления			
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Знать** Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления			
	Владеть Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления			
	Уметь Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Знать** Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Строить математические модели систем, проводить их анализ	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем			
ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Знать** Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем			
	Владеть Навыками разработки адекватных моделей систем			
	Уметь Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Уметь** Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации	Собеседование	Да	Нет

	Знать Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных			
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Знать** Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем			
	Владеть Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем			
	Уметь Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Знать** Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ			
ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Знать** Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления			
	Владеть Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Уметь** Определять структуру и основные параметры объекта управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления	Собеседование	Да	Нет
	Знать Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики			

ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Уметь** Определять и обосновывать структуру системы управления			
	Знать Теорию систем, теорию автоматического управления			
	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Знать** Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Производить упрощение структуры многоконтурных систем	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации			
ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	**Владеть** Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления			
	Знать Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования			
	Уметь Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Владеть** Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития	Собеседование	Да	Нет
	Знать Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения			
ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	**Владеть** Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации			

	Знать Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки			
	Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем	Собеседование	Да	Нет
ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	**Владеть** Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач	Собеседование	Да	Нет
	Знать Основные программные средства разработки информационного обеспечения	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Использовать основные средства разработки информационного обеспечения			
ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	**Уметь** Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне			
	Знать Программные средства управления объектом на верхнем уровне			
	Владеть Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	Собеседование	Да	Нет
Численные методы решения задач нелинейного программирования				
ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Уметь** Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления			
	Знать Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления			
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Уметь** Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры			
	Владеть Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления	Собеседование	Да	Нет

	Знать Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Уметь** Строить математические модели систем, проводить их анализ	Собеседование	Да	Нет
	Знать Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления			
	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем			
ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Уметь** Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность			
	Знать Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками разработки адекватных моделей систем	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Уметь** Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации	Собеседование	Да	Нет
	Знать Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных			
	Владеть Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации			
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Уметь** Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов			
	Знать Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем	Собеседование	Да	Нет

ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Уметь** Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления	Собеседование	Да	Нет
	Знать Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем			
	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ			
ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Знать** Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления			
	Владеть Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей			
	Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Знать** Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Определять структуру и основные параметры объекта управления			
	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления			
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Уметь** Определять и обосновывать структуру системы управления			
	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели	Собеседование	Да	Нет
	Знать Теорию систем, теорию автоматического управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Знать** Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации			

	Уметь Производить упрощение структуры многоконтурных систем			
ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	**Владеть** Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления			
	Знать Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования			
	Уметь Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Знать** Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения			
ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	**Владеть** Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации			
	Знать Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки			
	Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем	Собеседование	Да	Нет
ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	**Знать** Основные программные средства разработки информационного обеспечения	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач	Собеседование	Да	Нет

	Уметь Использовать основные средства разработки информационного обеспечения			
ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	**Знать** Программные средства управления объектом на верхнем уровне			
	Владеть Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне			
	Уметь Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне	Собеседование	Да	Нет
Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления				
ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Владеть** Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления	Собеседование	Да	Нет
	Знать Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления			
	Уметь Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления			
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Уметь** Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры			
	Знать Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Знать** Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем			
	Уметь Строить математические модели систем, проводить их анализ			

ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Владеть** Навыками разработки адекватных моделей систем			
	Уметь Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность			
	Знать Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Владеть** Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации	Собеседование	Да	Нет
	Знать Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации			
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Владеть** Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем			
	Уметь Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов	Собеседование	Да	Нет
	Знать Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Уметь** Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ			
	Знать Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем			

ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Владеть** Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей			
	Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей			
	Знать Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Знать** Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Определять структуру и основные параметры объекта управления			
	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления			
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Уметь** Определять и обосновывать структуру системы управления			
	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели			
	Знать Теорию систем, теорию автоматического управления	Собеседование	Да	Нет
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Знать** Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Производить упрощение структуры многоконтурных систем	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации			
ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	**Знать** Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования			
	Уметь Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления	Собеседование	Да	Нет
	Владеть Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления	Собеседование	Да	Нет

ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Владеть** Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Собеседование	Да	Нет
	Знать Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения			
	Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития			
ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	**Знать** Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки			
	Владеть Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации			
	Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем	Собеседование	Да	Нет
ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	**Уметь** Использовать основные средства разработки информационного обеспечения	Собеседование	Да	Нет
	Знать Основные программные средства разработки информационного обеспечения			
	Владеть Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач			
ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	**Владеть** Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне			
	Знать Программные средства управления объектом на верхнем уровне	Собеседование	Да	Нет
	Уметь Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне	Собеседование	Да	Нет

Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления				
ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Знать** Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления			
	Владеть Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Уметь** Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры			
	Знать Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления			
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Знать** Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления			
	Уметь Строить математические модели систем, проводить их анализ	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Знать** Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем			
	Уметь Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками разработки адекватных моделей систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет

ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Знать** Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации			
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Уметь** Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Знать Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем			
	Владеть Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем			
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Уметь** Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления			
	Знать Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Знать** Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления			
	Владеть Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет

	Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Знать** Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики			
	Уметь Определять структуру и основные параметры объекта управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления			
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Уметь** Определять и обосновывать структуру системы управления			
	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Знать Теорию систем, теорию автоматического управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Уметь** Производить упрощение структуры многоконтурных систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Знать Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем			
	Владеть Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	**Уметь** Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Знать Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования			
ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Знать** Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения			

	Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	**Знать** Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации			
	Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	**Уметь** Использовать основные средства разработки информационного обеспечения			
	Знать Основные программные средства разработки информационного обеспечения	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач			
ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	**Уметь** Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне			
	Знать Программные средства управления объектом на верхнем уровне			
Метод динамического программиро-вания в задачах оптимального управления				

ПК-1.1 Формулирует общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления, способы их упрощения, методы анализа математических моделей систем управления	**Знать** Общие принципы построения моделей технологических объектов и систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Применять основные способы упрощения математических моделей систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов анализа математических моделей сложных технологических объектов и систем управления			
ПК-1.10 Использует методы расчета настроек корректирующих и регулирующих устройств в системах автоматического управления	**Владеть** Навыками использования методов настройки регуляторов в системах управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Знать Базовые принципы теории управления, основные виды структур корректирующих устройств в системах управления			
	Уметь Проводить параметрическую настройку корректирующих и регулирующих устройств известной структуры			
ПК-1.11 Осуществляет моделирование, анализ, синтез и оптимизацию систем	**Знать** Теоретические основы математического моделирования, теорию оптимального управления			
	Владеть Навыками формулирования и решения задач оптимизации систем			
	Уметь Строить математические модели систем, проводить их анализ	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.12 Демонстрирует навыки разработки адекватных моделей	**Знать** Теорию моделирования, основные принципы построения математических моделей систем			
	Владеть Навыками разработки адекватных моделей систем			
	Уметь Проводить анализ построенных математических моделей систем на адекватность	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.2 Использует аналитические и экспериментальные методы математического описания систем управления, методы обработки экспериментальных данных	**Знать** Основы аналитических и экспериментальных методов математического описания систем управления, методов обработки экспериментальных данных	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет

	Уметь Применять методы обработки экспериментальных данных при формулировании задач оптимизации			
	Владеть Навыками использования аналитических и экспериментальных методов при решении задач оптимизации	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.3 Применяет методы определения устойчивости, переходных процессов и показателей качества динамических систем	**Знать** Методы определения устойчивости и анализа показателей качества динамических систем			
	Владеть Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Определять устойчивость и производить анализ качества переходных процессов	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.4 Применяет методы анализа и синтеза систем автоматического управления, корректирующих и регулирующих устройств в САУ	**Знать** Навыками использования методов определения устойчивости и анализа качества переходных процессов на базе математических моделей систем			
	Уметь Применять методы анализа и синтеза систем автоматического управления			
	Владеть Навыками использования методов анализа и синтеза систем автоматического управления при получении структуры и параметров корректирующих устройств в САУ	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.5 Разрабатывает или выбирает математическую модель системы управления или ее компонентов, выбрать целесообразные методы анализа и программные средства для их реализации	**Знать** Методы анализа и программные средства для построения математических моделей систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками использования методов анализа систем управления на базе математических моделей			
	Уметь Осуществлять построение математической модели системы в одном из программных средств и выбирать целесообразные методы анализа построенных моделей	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.6 Составляет математические модели объектов управления	**Уметь** Определять структуру и основные параметры объекта управления			
	Владеть Навыками разработки математических моделей объектов управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет

	Знать Теорию моделирования, базовые принципы математики и физики	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.7 Обосновывает выбор структурной схемы системы управления	**Знать** Теорию систем, теорию автоматического управления			
	Владеть Навыками выбора структурной схемы системы управления при разработке ее математической модели			
	Уметь Определять и обосновывать структуру системы управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.8 Производит структурные преобразования многоконтурных систем	**Владеть** Навыками проведения структурных преобразований многоконтурных систем управления при решении задач оптимизации			
	Знать Теорию автоматического управления, основы структурных преобразований одноконтурных и многоконтурных систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Производить упрощение структуры многоконтурных систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-1.9 Применяет методы написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества	**Знать** Методы расчета устойчивости и показателей качества переходных процессов, основные языки программирования			
	Уметь Проводить анализ устойчивости и качества переходных процессов в системах управления			
	Владеть Навыками написания программных приложений для расчета показателей устойчивости и качества систем управления	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-2.1 Демонстрирует владение современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	**Знать** Современные виды вычислительной техники, информационных технологий и основного программного обеспечения	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Анализировать современное состояние информационных технологий и прогнозировать тенденции их развития			
	Владеть Современными тенденциями развития вычислительной техники, информационных технологий, программного обеспечения	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет

ПК-2.2 Знает принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки, языки программирования, нормативы и правила построения информационных систем	**Знать** Принципы построения информационных систем, современные программные средства разработки			
	Уметь Использовать языки программирования, правила построения информационных систем	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Владеть Навыками применения принципов построения информационных систем, языков программирования и программных средств разработки при решении прикладных задач оптимизации			
ПК-2.4 Работает с основными программными средствами разработки информационного обеспечения	**Владеть** Навыками применения средств разработки информационного обеспечения при решении прикладных задач			
	Знать Основные программные средства разработки информационного обеспечения	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Использовать основные средства разработки информационного обеспечения	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
ПК-2.5 Владеет навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	**Знать** Программные средства управления объектом на верхнем уровне	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет
	Уметь Работать с программными средствами управления объектом на верхнем уровне			
	Владеть Навыками создания и работы с программными средствами позволяющими осуществлять управление объектом на верхнем уровне	Собеседование Контрольные задания	Да	Нет

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Темы для собеседования

1 семестр.

Контрольная точка 1.

Раздел.1. Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации.

1.1.Задачи конечномерной и бесконечномерной оптимизации. Сравнительный анализ.

1.2.Содержательная и формальная постановка задач конечномерной оптимизации.

1.3.Аналитические условия оптимальности в конечномерных задачах оптимизации на безусловный и условный экстремум.

Контрольная точка 2.

1.4.Алгоритмы аналитического решения задач конечномерной оптимизации.

1.5.Методы решения задач линейного программирования.

Контрольная точка 3.

Раздел 2. Численные методы решения задач нелинейного программирования.

2.1. Базовые численные методы в задачах безусловной конечномерной оптимизации и их сравнительный анализ.

2.2. Основные модификации базовых численных методов безусловной оптимизации. Преимущества перед базовыми аналогами и недостатки.

Контрольная точка 4.

2.3. Численные методы условной оптимизации и их сравнительный анализ.

2.4. Проблемы сходимости и чувствительности численных методов решения задач конечномерной оптимизации.

2 семестр.

Контрольная точка 1.

Раздел 3. Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления.

3.1. Содержательная и формальная постановки задач оптимального управления техническими объектами.

3.2. Классические задачи вариационного исчисления на безусловный и условный экстремум функционалов и базовые методы их решения.

3.3. Анализ возможностей решения задач оптимального управления методами вариационного исчисления.

Контрольная точка 2.

Раздел 4. Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления.

4.1. Формулировка и содержательный смысл принципа максимума Понтрягина. Сравнительный анализ с возможностями методов вариационного исчисления.

4.2. Вычислительные алгоритмы применения принципа максимума Понтрягина для решения задач оптимального управления. Анализ преимуществ и недостатков принципа максимума.

4.3. Методы решения задач оптимального по быстродействию управления днамическими объектами. Оптимальное программное управление и синтез замкнутых систем с обратными связями.

Контрольная точка 3.

Раздел 5. Метод динамического программирования в задачах оптимального управления.

5.1. Принцип оптимальности Беллмана и метод динамического программирования в задачах синтеза систем оптимального управления. Содержательный смысл, общая характеристика, преимущества и недостатки на примере управления дискретными моделями объекта.

Контрольная точка 4.

5.2. Технология решения задач синтеза систем оптимального управления непрерывными моделями объекта методом динамического программирования.

5.3. Сравнительный анализ метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина в задачах синтеза систем оптимального управления.

Контрольные задания

Тема 1. Расчет методом принципа максимума Понтрягина оптимального программного управления.

Требуется для заданной модели объекта управления с фиксированным начальным состоянием и критерия оптимальности

а) Найти программное оптимальное управление и оптимальные траектории движения объекта в условиях отсутствия ограничений на управляющее воздействие и конечное состояние объекта.

б) Найти программное оптимальное управление и оптимальные траектории движения объекта со свободным конечным состоянием в условиях заданных ограничений на управляющее воздействие.

в) Найти программное оптимальное управление и оптимальные траектории движения объекта с фиксированным конечным состоянием в условиях отсутствия ограничений на управляющее воздействие.

г) Представить все полученные результаты в аналитической и графической формах.

Тема 2. Построение замкнутых систем оптимального по быстродействию управления.

Требуется для заданной модели объекта управления второго порядка

а) Найти уравнение линии переключения оптимального по быстродействию управления на фазовой плоскости управляемых переменных.

б) Осуществить синтез оптимального по быстродействию регулятора.

в) Выполнить расчет оптимального по быстродействию процесса управления при различных заданных начальных значениях фазовых координат.

г) Представить все полученные результаты в аналитической и графической форме.

Комплект контрольных заданий

Тема 1. Расчет методом принципа максимума Понтрягина оптимального программного управления

Уравнения объекта управления

$$\frac{dz_1}{dt} = k_2 z_2;\ z_1(0) = z_{10} \qquad (1)$$

$$\frac{dz_2}{dt} = k_1 u;\ z_2 90) = z_{20} \qquad (2)$$

Критерий оптимальности

$$I = \frac{1}{2}\int_0^T (u^2 + z_1)\,dt \to \min_u \qquad (3)$$

Требуется для заданных значений k_1, k_2, z_{10}, z_{20} и T

1. Найти оптимальное управление $u^*(t)$ и оптимальные траектории $z_1^*(t), z_2^*(t)$ в задаче (1) – (3).
2. Найти $u^*(t)$, $z_1^*(t), z_2^*(t)$ в задаче (1) – (3) при дополнительном ограничении

$$|u(t)| \le k_3,\ t \in [0, T], \qquad (4)$$

где k_3 - заданное число.

3. Найти $u^*(t)$, $z_1^*(t), z_2^*(t)$ в задаче (1) – (3) с фиксированным правым концом траектории $z_1(T) = z_{1T}$, $z_2(T) = z_{2T}$, где z_{1T}, z_{2T} - заданные числа.
4. Представить все результаты в аналитической и графической форме.

Значения коэффициентов для индивидуальных заданий

№ задания	k_1	k_2	T	z_{10}	z_{20}	z_{1T}	z_{2T}	k_3
1	1	1	2	1	1	0	0	0,5
2	1	2	2	0	1	0	0	1
3	2	1	2	1	0	0	0	1
4	2	0,5	2	-1	-1	0	0	0,5
5	0,5	1	2	0,5	0,5	0	0	1
6	1	1	1	-1	-1	0,1	0,1	0,5
7	1	2	1	1	0	-0,1	-0,1	1
8	2	1	1	0	1	0,5	0,5	1
9	1	0,5	1	1	1	0,5	0	0,5
10	0,5	1	1	0,5	0,5	0	0,5	0,5
11	1	1	3	1	1	0	0	1
12	2	1	3	0	1	0	0	0,5
13	2	2	2	1	1	0	0,5	0,5
14	0,5	0,5	2	0	1	0	0	1
15	0,5	2	1	0,5	0,5	0	0	0,5
16	2	2	1	-1	1	0,1	0,1	0,5
17	2	1	1	1	0	0	0	1
18	2	0,5	1	0	1	0,5	0,5	1
19	1	0,5	3	0,5	0,5	0	0,5	0,5
20	0,5	1	3	0,5	0,5	0	0	0,5

Тема 2. Построение замкнутых систем оптимального по быстродействию управления

Уравнения объекта управления

$$\begin{cases} \dfrac{dz_1}{dt} = K_1 z_2;\ z_1(0) = z_{10};\ z_1(t_{\text{кон}}) = 0; & (1) \\ \dfrac{dz_2}{dt} = K_2 u;\ z_2(0) = z_{20};\ z_2(t_{\text{кон}}) = 0. & (2) \end{cases}$$

Критерий оптимальности

$$J = \int_0^{t_{\text{кон}}} dt = t_{\text{кон}} \to \min_u \ . \qquad (3)$$

Ограничение на управляющее воздействие

$$|u(t)| \le 1,\ t \in (0, t_{\text{кон}}) . \qquad (4)$$

Требуется для заданных значений K_1, K_2, z_{10}, z_{20}

1. Найти уравнение линии переключения оптимального по быстродействию управления объектом (1)-(4) на плоскости координат (z_1, z_2).
2. Осуществить синтез оптимального по быстродействию регулятора.
3. Выполнить расчет оптимального по быстродействию процесса управления объектом (1), (2) при заданных значениях z_{10}, z_{20}.
4. Представить все результаты в аналитической и графической форме.

Индивидуальные задания

№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_1	1	0,5	1	0,5	2	1	2	0,5	2	1
K_2	1	1	0,5	0,5	1	2	0,5	2	2	0,25
z_{10}	-1	1	-1	1	-1	0	1	0	0,5	-0,5
z_{20}	-1	1	1	-1	0	-1	0	1	-1	-1

Перечень вопросов для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Задачи конечномерной оптимизации. Основные понятия и определения.
2. Классификация задач конечномерной оптимизации.
3. Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации без функциональных ограничений.
4. Аналитические условия оптимальности в задачах конечномерной оптимизации с функциональными ограничениями вида равенств.
5. Функции Лагранжа и условия экстремума в общей задаче математического программирования.
6. Теорема Куна-Таккера в задачах выпуклого программирования.
7. Седловые точки функции Лагранжа в задачах выпуклого программирования.
8. Экономический смысл множителей Лагранжа.
9. Метод решения задачконечномерной оптимизации с помощью аналитических условий оптимальности.
10. Условия Куна-Таккера в задачах линейного программирования.
11. Геометрическая интерпретация задач линейного программирования.
12. Вычислительные алгоритмы симплекс-метода в задачах линейного программирования.
13. Целочисленные задачи линейного программирования.
14. Градиентный метод безусловной оптимизации.
15. Метод наискорейшего спуска и его геометрическая интерпретация.
16. Численный метод Ньютона.
17. Многошаговые методы безусловной оптимизации.
18. Численный метод сопряженных переменных.
19. Вычислительные алгоритмы прямых методов безусловной оптимизации.
20. Численный метод Гаусса-Зайделя.
21. Численный метод сопряженных направлений.
22. Методы случайного поиска в задачах конечномерной оптимизации.
23. Численный метод проекции градиента.
24. Метод линеаризации в задачах нелинейного программирования.
25. Метод штрафных функций в задачах математического программирования.
26. Сходимость вычислительных алгоритмов численных методов в задачах конечномерной оптимизации.
27. Чувствительность численных методов к выбору начальных приближений.
28. Выбор возможных вариантов численных методов решения задач условий оптимизации.

Вопросы к экзамену

1. Постановка задачи динамической оптимизации. Основные понятия и определения.
2. Математические модели динамических объектов управления в задачах оптимального управления.
3. Критерии оптимизации в задачах оптимального управления.
4. Требования к конечному состоянию объекта в задачах оптимального управления.
5. Классификация задач оптимального управления.
6. Постановка классических задач вариационного исчисления.
7. Необходимые условия экстремума в задачах вариационного исчисления. Система уравнений Эйлера.
8. Функции Лагранжа и уравнения Эйлера в задачах вариационного исчисления на условный экстремум функционалов.
9. Решение задач оптимального управления методами классического вариационного исчисления.
10. Функция Понтрягина и уравнения для сопряженных переменных.
11. Эвристическое доказательство принципа максимума.
12. Формулировка принципа максимума Понтрягина в задачах оптимального управления со свободными концами траектории.
13. Формулировка принципа максимума Понтрягина в задачах оптимального управления с подвижными концами траектории процесса.
14. Условия трансверсальности.
15. Общая схема решения задач оптимального управления методом принципа максимума.
16. Метод решения задач оптимального управления со свободным правым концом траектории.
17. Метод решения задач оптимального управления с подвижным правым концом траектории.
18. Алгоритмы оптимального по быстродействию управления моделями объектов, линейными по управляющему воздействию.
19. Теорема Фельдбаума об *n* интервалах.
20. Алгоритмы оптимального по быстродействию управления колебательными объектами.
21. Способы вычисления параметров релейных алгоритмов оптимального по быстродействию управления.
22. Принцип оптимальности Беллмана.
23. Уравнение Беллмана в задачах управления дискретными моделями объекта.
24. Дискретные модели метода динамического программирования.
25. Уравнение Беллмана в задачах управления непрерывными моделями объекта.
26. Метод динамического программирования в непрерывных задачах оптимального управления.
27. Связь метода динамического программирования с принципом максимума Понтрягина.
28. Анализ преимуществ и недостатков метода динамического программирования

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП. Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

Наименование оценочного средства		Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений обучающихся
1.	Собеседование	2 раза в семестр, устно	экспертный	зачет/незачет	журнал учета успеваемости, рабочая книжка преподавателя
2.	Контрольное задание	На этапе промежуточной аттестации	экспертный	по пятибалльный шкале	журнал учета успеваемости, рабочая книжка преподавателя
3.	Промежуточная аттестация	На этапе промежуточной аттестации	экспертный	зачет/незачет	экзаменационная ведомость
4.	Промежуточная аттестация – экзамен	На этапе промежуточной аттестации	экспертный	по пятибалльный шкале	экзаменационная ведомость

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка – 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Лабораторные работы, текущая аттестация, собеседование оцениваются: «зачет», «незачет». Возможно использование балльно-рейтинговой оценки.

Соответствие систем оценок критериям оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлено в таблице.

Интегральная оценка

Критерии	Традиционная оценка	Балльно-рейтинговая оценка
5	5	86-100
4	4	61-85
3	3	51-60
2 и 1	2, Незачет	0-50
Зачет	Зачет	51-100

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Обучающиеся, набравшие <51 балла в течение семестра не допускаются к промежуточной аттестации.