МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

СТИ НИТУ «МИСИС»

Рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
СТИ НИТУ «МИСиС»
от «20» июня 2023 г.
протокол № 5

Рабочая программа дисциплины
Адаптивное и оптимальное управление

Закреплена за кафедрой **Кафедра автоматизированных и информационных систем управления**

Направление подготовки 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Профиль Электропривод и автоматика
Квалификация **Бакалавр**
Форма обучения **Очная**
Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Формы контроля в семестрах:

Часов по учебному плану 144

в том числе:

Экзамен 6, курсовая работа 6

аудиторные занятия 51
самостоятельная работа 66
часов на контроль 27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	6		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	66	66	66	66
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого:	144	144	144	144

Год набора 2023 г.

Программу составил:
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры АИСУ
Глущенко Антон Игоревич

Должность,уч.ст., уч.зв ФИО полностью *подпись*

Рабочая программа дисциплины

Адаптивное и оптимальное управление

наименование

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС:
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
Профиль: Электропривод и автоматика, утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» 20.06.2023 г., протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Автоматизированных и информационных систем управления

наименование кафедры

Протокол от «24» мая 2023 г. № 05.

и.о. зав. кафедрой АИСУ Д.А. Полещенко

аббревиатура наименования кафедры *подпись* *И.О. Фамилия*

«24» мая 2023 г.

Руководитель ОПОП ВО
и.о. зав. кафедрой АИСУ, кандидат
технических наук, доцент Д.А. Полещенко

должность, уч.ст., уч.зв. *подпись* *И.О. Фамилия*

«24» мая 2023 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ
Цели освоения дисциплины: формирование основ теоретических знаний по анализу априорной и текущей информации о свойствах объекта, определению вида возмущений, формулированию ограничивающих условий, целевых критериев, основным классам и методам синтеза оптимальных и адаптивных систем управления. А также приобретение студентами практических навыков по расчету и моделированию оптимальных и адаптивных систем управления для использования в производственной деятельности, связанной с эксплуатацией, настройкой и разработкой систем и устройств управления. **Задачи дисциплины:** • Дать обучающимся общее представление об оптимальных и адаптивных системах управления и их классификации. • Научить обучающихся рассчитывать эталонные модели по заданным значениям критериев качества переходных процессов. • Научить обучающихся применять градиентные методы, второй метод Ляпунова, принцип максимума Понтрягина для проектирования оптимальных и адаптивных систем управления. • Научить обучающихся обосновывать необходимость применения адаптивных и оптимальных систем управления. • Научить обучающихся реализовывать рассмотренные методы в Matlab.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающихся:**
2.1.2	Теория управления
2.1.3	Моделирование процессов и систем
2.1.4	Математика
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Проектный практикум
2.2.2	Систнмы управления электроприводами
2.2.3	Производственная практика (эксплуатационная)

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач	
Знать:	УК-1-З1: знать основы математических методов, на которых базируется построение оптимальных и адаптивных систем
Уметь	УК-1-У1: уметь осваивать достижения теории оптимального и адаптивного управления и применять их в своей производственной деятельности
Владеть	УК-1-В1: владеть навыками применения методов теории управления, необходимых для анализа и синтеза оптимальных и адаптивных систем управления
ПК-1. Способен: **- рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности;** **- применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования;** **- оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования;** **- составлять и оформлять типовую техническую документацию;** **- определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;** **- обеспечивать требуемые режимы работы объектов профессиональной деятельности и заданные параметры технологического процесса;** **- участвовать в выполнении ремонтов оборудования по заданной методике;** **- составлять заявки на оборудование и запасные части и подготавливать техническую документацию на ремонт.**	
Знать:	ПК-1-З1: знать основные схемы систем оптимального и адаптивного управления, их состав и особенности функционирования
Уметь	ПК-1-У1: уметь осуществлять синтез, проводить анализ и моделирование оптимальных и адаптивных систем управления с применением пакетов прикладных программ
Владеть	ПК-1-В1: владеть навыками реализации оптимальных и адаптивных систем управления ПК-1-В2: владеть навыками компьютерного моделирования оптимальных и адаптивных систем управления

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Количество часов	Компетенции	Литература и электронные источники	Примечание
	Раздел 1 Основы теории оптимального и					

	адаптивного управления					
1.1	Основные понятия теории оптимального и адаптивного управления. Классификация оптимальных и адаптивных систем. /лек/	6	2	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3 Э1 Э2	
1.2	Цели и задачи оптимизации. Фазовое пространство координат объекта, ограничения фазовых координат и управлений. Математические описание объектов оптимизации. Методы оптимизации, критерии, математические модели. /лек/	6	2	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3 Э1 Э2	
1.3	Эталонные модели. Неопределенности. Возмущения /лек/	6	2	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3 Э1 Э2	
1.4	Анализ методов адаптивной настройки ПИД-регуляторов /лр/	6	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР1
1.5	Методы расчета параметров ПИД-регулятора. /ср/	6	6	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Л.3.3 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР1
1.6	Выполнение первого задания курсовой работы /ср/	6	10	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.1 Э1 Э2	
	Раздел 2 Задача синтеза					

	непрерывных адаптивных систем с моделью. Градиентный метод					
2.1	Задача синтеза непрерывных адаптивных систем с моделью /лек/	6	2	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3	
2.2	Синтез адаптивных систем градиентным методом /лек/	6	2	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3	
2.3	Одноканальная система с градиентным алгоритмом адаптации /лр/	6	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР2
2.4	Одноканальная система с градиентным алгоритмом адаптации /пр/	6	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.4 Э1 Э2	Текущий контроль: ПР1
2.5	Построение адаптивной системы управления градиентным методом/ср/	6	6	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР2, ПР1
	Раздел 3 Синтез адаптивных систем по схеме скоростного градиента					
3.1	Синтез адаптивных систем по схеме скоростного градиента /лек/	6	2	УК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3 Э1 Э2	
3.2	Система с пропорционально-интегральным алгоритмом изменения	6	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1	Текущий контроль: ЛР3

	коэффициентов регулятора, синтезированным методом скоростного градиента /лр/			ПК-1-В2	Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1	
3.3	Система с пропорционально-интегральным алгоритмом изменения коэффициентов регулятора, синтезированным методом скоростного градиента /пр/	6	4	УК-1У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.4 Э1	Текущий контроль: ПР2
3.4	Построение адаптивной системы управления методом скоростного градиента /ср/	6	8	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР3, ПР2
	Раздел 4 Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова					
4.1	Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова /лек/	6	2	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3 Э1	
4.2	Система с алгоритмом адаптации на основе второго метода Ляпунова /лр/	6	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР4
4.3	Система с алгоритмом адаптации на основе второго метода Ляпунова /пр/	6	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.4 Э1 Э2	Текущий контроль: ПР3
4.4	Построение адаптивной системы управления на базе второго метода Ляпунова /ср/	6	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР4, ПР3
4.5	Выполнение второго и	6	16	УК-1-У1	Л1.1	

	третьего задания курсовой работы /ср/			УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.1 Э1 Э2	
	Раздел 5 Принципы оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина					
5.1	Принципы оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина /лек/	6	3	УК-1-З1 ПК-1-З1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.3 Э1 Э2	
5.2	Исследование свойств оптимальной по быстродействию системы /лр/	6	3	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР5
5.3	Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Оптимальное по быстродействию управление /пр/	6	4	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.4 Э1 Э2	Текущий контроль: ПР4
5.4	Построение оптимальной по быстродействию системы управления /ср/	6	5	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.2 Э1 Э2	Текущий контроль: ЛР5, ПР4
5.5	Подготовка к защите курсовой работы /ср/	6	10	УК-1-У1 УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л.1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.1 Э1 Э2	Промежуточный контроль: КР
6	Часы на контроль /Контроль/	6	27	УК-1-З1 ПК-1-З1 УК-1-У1	Л1.1 Л.1.2 Л1.3	

				УК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

5.1.1. Перечень контрольных вопросов, используемых при формировании экзаменационных билетов (промежуточный контроль успеваемости)

Раздел 1. Основы теории оптимального и адаптивного управления

1. Определение априорной и текущей информации, источники информации и ее использование (УК-1-З1).
2. Виды и источники неопределенностей (УК-1-З1, ПК-1-З1).
3. Виды возмущений. Определение квазистационарного процесса (УК-1-З1).
4. Определение адаптивной системы управления. Постановка задачи адаптивного управления. Отличие в постановке задач управления при адаптивном и оптимальном подходах (УК-1-З1).
5. Целевые критерии (назначение, виды) (УК-1-З1, ПК-1-З1).
6. Основные классы адаптивных систем. Особенности в построении поисковых и беспоисковых систем с самонастройкой (УК-1-З1, ПК-1-З1).
7. Особенности прямого и непрямого адаптивных подходов. Понятие эталонной модели, способы реализации моделей (УК-1-З1, ПК-1-З1).
8. Корневой метод синтеза эталонной модели (УК-1-З1, ПК-1-З1).

Раздел 2. Задача синтеза непрерывных адаптивных систем с моделью. Градиентный метод

9. Блок-схемы беспоисковых систем с моделью, функции основных блоков системы (УК-1-З1, ПК-1-З1).
10. Определение типа адаптации (параметрическая, сигнальная, сигнально-параметрическая) (УК-1-З1, ПК-1-З1).
11. Понятие обобщенного настраиваемого объекта, основного контура. Методы синтеза алгоритмов основного контура (УК-1-З1, ПК-1-З1).
12.Основные этапы синтеза систем прямого адаптивного управления (УК-1-З1, ПК-1-З1).
13.Градиентный алгоритм, последовательность синтеза адаптивной системы (УК-1-З1, ПК-1-З1).

Раздел 3. Синтез адаптивных систем по схеме скоростного градиента

13.Определение алгоритма скоростного градиента и его отличия от градиентного метода (УК-1-З1, ПК-1-З1).
14. Последовательность синтеза алгоритмов адаптивного управления методом скоростного градиента (УК-1-З1, ПК-1-З1).

Раздел 4. Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова

15. Устойчивость по Ляпунову (УК-1-З1, ПК-1-З1).
16. Разница между асимптотической и экспоненциальной устойчивостью (УК-1-З1, ПК-1-З1).
17. Основные этапы синтеза адаптивных алгоритмов управления вторым методом Ляпунова (УК-1-З1, ПК-1-З1).

Раздел 5. Принципы оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина

18. Отличие программного управления и управления по обратной связи (УК-1-З1, ПК-1-З1).
19. Критерии оптимальности, используемые в постановках задачи оптимального управления для решения на основе принципа максимума Понтрягина (УК-1-З1, ПК-1-З1).
20. Метод построения оптимальных систем управления на основе принципа максимума Понтрягина (УК-1-З1, ПК-1-З1).

5.1.2. Перечень контрольных практических заданий, используемых при формировании экзаменационных билетов (промежуточный контроль успеваемости)

Раздел 1. Основы теории оптимального и адаптивного управления

(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

1. Задача (синтез эталонной модели в Matlab). Время регулирования – 5 секунд, перерегулирование – 20%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 2/(10s+2).
2. Задача (синтез эталонной модели в Matlab). Время регулирования – 5 секунд, перерегулирование – 0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 3/(10s+3).
3. Задача (синтез эталонной модели в Matlab). Время регулирования – 4 секунды, перерегулирование – 0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 3/(10s+3).

Раздел 2. Задача синтеза непрерывных адаптивных систем с моделью. Градиентный метод

(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

4. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе метода градиентного спуска в Matlab). Время регулирования – 5 секунд, перерегулирование – 20%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта –

W = 2/(10s+2).
5. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе метода градиентного спуска в Matlab). Время регулирования – 5 секунд, перерегулирование – 0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 3/(10s+3).
6. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе метода градиентного спуска в Matlab). Время регулирования – 4 секунды, перерегулирование – 0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 3/(10s+3).

Раздел 3. Синтез адаптивных систем по схеме скоростного градиента

(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

7. Задача (синтез адаптивной системы управления методом скоростного градиента в Matlab). Время регулирования – 2 секунды, перерегулирование – 15%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 4/(2s+4).
8. Задача (синтез адаптивной системы управления методом скоростного градиента в Matlab). Время регулирования – 6 секунд, перерегулирование – 5%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 4/(s+4).
9. Задача (синтез адаптивной системы управления методом скоростного градиента в Matlab). Время регулирования – 3 секунды, перерегулирование – 15%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 2/(3s+2).
10. Задача (синтез адаптивной системы управления методом скоростного градиента в Matlab). Время регулирования – 6 секунд, перерегулирование – 30%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 5/(6s+5).
11. Задача (синтез адаптивной системы управления методом скоростного градиента в Matlab). Время регулирования – 6 секунд, перерегулирование –0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 1/(6s+1).

Раздел 4. Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова

(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

12. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе второго метода Ляпунова в Matlab). Время регулирования – 3 секунды, перерегулирование – 10%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 0.5/(1.5s+0.5).
13. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе второго метода Ляпунова в Matlab). Время регулирования – 5 секунд, перерегулирование – 0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 5/(1.5s+5).
14. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе второго метода Ляпунова в Matlab). Время регулирования – 3 секунды, перерегулирование – 0%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 10/(2s+10).
15. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе второго метода Ляпунова в Matlab). Время регулирования – 6 секунд, перерегулирование – 20%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 10/(20s+10).

Раздел 5. Принципы оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина

(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

16. исследуется объект управления, математическая модель которого имеет вид

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \ , \\ \dot{x}_2 = bu \ , \qquad |u| \le C. \end{cases}$$

Требуется обеспечить в замкнутой системе оптимальные по быстродействию процессы перехода из произвольного начального состояния $\{x_1(0), x_2(0)\}$ в заданное конечное, которое совпадает с началом координат, т.е. $\{x_1(T) = 0, x_2(T) = 0\}$. b=1, C=20.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине

В процессе изучения дисциплины «Адаптивное и оптимальное управление» обучающийся должен выполнить и защитить:

. Курсовую работу (УК-1-З1, УК-1-В1ПК-1-З1).

Тема: Разработка адаптивной системы управления с эталонной моделью (по вариантам). Работа содержит три задания, выполняемых по варианту.

Задание 1: По заданным показателям качества переходного процесса записать уравнение эталонной модели, $\lim(r-y) \le e_{st}$, где r – эталонный входной сигнал, $r = const$. В таблице 1 использованы следующие обозначения:

σ % – перерегулирование, t_n, c – время переходного процесса, e_{st} % – допустимая величина относительной статической ошибки, n – порядок модели (или порядок дифференциального уравнения).

Таблица 1

№	σ %	t_n, c	e_{st} %	N
1	0	2	5	2
2	10	4	1	3
3	20	10	1	2
4	30	3	0.5	3
5	40	8	2	2

6	5	2	5	3
7	10	4	0.4	2
8	20	8	1	3
9	30	10	3	2
10	0	4	5	3

Задание 2: проверить устойчивость системы по уравнению Ляпунова (значения матриц заданы по вариантам)

Дано описание автономной системы в пространстве состояний:

$$\dot{x} = Ax\,,\ A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}.$$

Проверить устойчивость системы вторым методом Ляпунова, решив матричное уравнение:

$$A^T B + BA = -C\,,\ C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}.$$

Определить знак матрицы *B* или *C* критерием Сильвестра. Значения элементов матриц приведены в таблице 2.

Таблица 2

№	A				B				C			
	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	b_{11}	b_{12}	b_{21}	b_{22}	c_{11}	c_{12}	c_{21}	c_{22}
1	0	1	-2	-3					1	0	0	1
2	0	2	-3	- 5					2	0	0	2
3	-1	1	-2	-2					2	1	1	4
4	1	2	-1	-0.5					2	0	0	2
5	-2	2	-0.5	2					4	0	0	2
6	0	1	1	0	1	0	0	1				
7	0	2	-1	-1	2	0	0	2				
8	1	-1	-1	1	2	1	1	2				
9	1	-2	-3	-4	2	1	1	4				
10	0	1	0	-1	2	0	0	4				

Задание 3: синтезировать адаптивную систему управления одним из трех методов (по варианту): градиентный, скоростного градиента, второй метод Ляпунова.

Определить закон управления и алгоритм изменения коэффициентов регулятора, где это требуется, изобразить структурную схему системы управления. Тип регулятора и исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

№	Модель объекта управления	Тип регулятора	Метод расчета регулятора	Показатели качества	Дополнительные данные
1	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Градиентный метод	$\sigma\% \approx 0\%,$ $t_n \le 2c,$ a0 = 10, b = 3	Целевая функция: $Q = 0.5\sigma^2$, $\sigma = a_{м0}\ y - b_м r$ $a_{м0}, b_м$ - коэффициенты эталонной модели
2	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Метод скоростного градиента	$\sigma\% \approx 15\%,$ $t_n \le 0.5c,$ a0 = 3, b = 2	Целевая функция: $Q = 0.5e^2,$ $e = y - y_м$
3	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Метод скоростного градиента	$\sigma\% \approx 0\%,$ $t_n \le 2c,$ a0 = 10, b = 3	Целевая функция: $Q = 0.5e^2,$ $e = y - y_м$
4	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Градиентный метод	$\sigma\% \approx 0\%,$ $t_n \le 10c,$ a0 = 30,	Целевая функция: $Q = 0.5\sigma^2$,

				b = 4	$\sigma = a_{м0}\ y - b_м r$ $a_{м0}, b_м$ - коэффициенты эталонной модели
5	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Метод скоростного градиента	$\sigma\% \approx 5\%,$ $t_n \le 2c,$ a0 = 7, b = 1	Целевая функция: $Q = 0.5e^2,$ $e = y - y_м$
6	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Метод скоростного градиента	$\sigma\% \approx 15\%,$ $t_n \le 6c,$ a0 = 20, b = 5	Целевая функция: $Q = 0.5e^2,$ $e = y - y_м$
7	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Метод скоростного градиента	$\sigma\% \approx 10\%,$ $t_n \le 12c,$ a0 = 50, b = 5	Целевая функция: $Q = 0.5e^2,$ $e = y - y_м$
8	$\dot{y} + a_0(t)y = bu,$	Адаптивный регулятор	Метод функций Ляпунова	$\sigma\% \approx 0\%,$ $t_n \le 2c,$ a0 = 10, b = 3	Целевая функция: $Q = 0.5e^2,$ $e = y - y_м$

2. Лабораторные работы:
2.1. Лабораторная работа 1 (УК-1-З1, УК-1-В1, ПК-1-З1).
Тема: Анализ методов адаптивной настройки ПИД-регуляторов (по вариантам).
2.2. Лабораторная работа 2 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Одноканальная система с градиентным алгоритмом адаптации (по вариантам).
2.3. Лабораторная работа 3 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Система с пропорционально-интегральным алгоритмом изменения коэффициентов регулятора, синтезированным методом скоростного градиента (по вариантам).
2.4. Лабораторная работа 4 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Система с алгоритмом адаптации на основе второго метода Ляпунова (по вариантам).
2.5. Лабораторная работа 5 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Исследование свойств оптимальной по быстродействию системы (по вариантам).

3. Практические работы
3.1. Практическая работа 1 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Одноканальная система с градиентным алгоритмом адаптации (по вариантам).
3.2. Практическая работа 2 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Система с пропорционально-интегральным алгоритмом изменения коэффициентов регулятора, синтезированным методом скоростного градиента (по вариантам).
3.3. Практическая работа 3 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Система с алгоритмом адаптации на основе второго метода Ляпунова (по вариантам).
3.4. Практическая работа 4 (УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2).
Тема: Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Оптимальное по быстродействию управление (по вариантам).

Комплект вопросов для защиты лабораторных работ и практических работ (текущий контроль успеваемости)
Лабораторная работа 1
(УК-1-З1, УК-1-В1, ПК-1-З1)
1 Какой принцип положен в основу настройки ПИД-регулятора по методу Циглера-Никольса?
2 Какой принцип положен в основу настройки ПИД-регулятора по методу Шубладзе?
3 Какой принцип положен в основу настройки ПИД-регулятора по методу Куна?
4 Какой принцип положен в основу настройки ПИД-регулятора по методу Шеделя?
5 Назовите достоинства и недостатки каждого метода настройки.
6. Напишите математическое выражение для ПИД-регулятора.
7. Какой объект управления называют нестационарным.
8. Нарисовать схему управления с обратной связью, обозначив все ее составляющие.
9. Перечислить критерии качества управления.
10. В чем заключается принципиальное отличие между подходами адаптивного и оптимального управления.

Лабораторная работа 2 и Практическая работа 1
(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

1. Классификация адаптивных систем.
2. Виды эталонных моделей, способы реализации.
3. Блок-схемы беспоисковых систем с моделью.
4. Основные блоки системы с градиентным алгоритмом адаптации.
5. Влияние начальных условий в адаптере на свойства системы.
6. Уравнение адаптивного закона управления. Уравнение закона управления.
7. Влияние темпа параметрических возмущений на свойства системы.
8. Расчет асимптотического наблюдателя. Его назначение.
9. Определение вида алгоритма адаптации, использованного в лабораторной работе.
10. Сколько настраиваемых параметров имеет регулятор. От чего зависит это количество.

Лабораторная работа 3 и Практическая работа 2
(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

1. Виды и источники неопределённостей.
2. Виды возмущений.
3. Целевые критерии.
4. Алгоритм скоростного градиента, формы алгоритма.
5. Вывод пропорционально-интегрального алгоритма адаптации для системы с объектом второго порядка и целевым функционалом.
6. Влияние начальных условий в адаптере на свойства системы.
7. Влияние начальных условий в объекте на свойства системы.
8. Влияние темпа параметрических возмущений на свойства системы.
9. Структурная схема адаптивной системы, функции основных блоков системы.
10. Расчет параметров фильтра оценки производных. Зачем необходим дифференциальный фильтр.
11. Почему метод называют скоростным градиентом. В чем отличие от обычного градиента.

Лабораторная работа 4 и Практическая работа 3
(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

1. Гипотеза квазистационарности.
2. Постановка задачи адаптивного управления.
3. Основные этапы синтеза беспоисковых адаптивных систем.
4. Последовательность расчета адаптивной системы на основе второго метода Ляпунова.
5. Влияние начальных условий в адаптере на свойства системы.
6. Влияние темпа параметрических возмущений на свойства системы.
7. Определение закона управления.
8. Определение алгоритма адаптации.
9. Структурная схема адаптивной системы.
10. Назначение наблюдателя координат состояния.
11. В чем преимущество рассмотренного подхода над градиентным методом и методом скоростного градиента.
12. Устойчивость по Ляпунову. Виды устойчивости.
13. Уравнение Ляпунова.

Лабораторная работа 5 (№6 в методических указаниях) и Практическая работа 4 (№5 в методических указаниях)
(УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

1. Какие системы называются оптимальными?
2. В чем различие между задачей синтеза оптимальной системы и системы с заданными показателями качества?
3. Что представляет собой критерий оптимальности, как он задается?
4. Как ставится задача синтеза оптимальной по быстродействию системы?
5. Какой вид имеет закон управления в оптимальных по быстродействию системах?
6. Какие системы называются субоптимальными?
7. Как влияет на вид фазовых траекторий ограничение на управляющее воздействие?
8. Как влияет аппроксимация линии переключения на фазовый портрет системы?
9. Чем отличается субоптимальные переходные процессы от оптимальных?
10. Что такое программное управление?
11. В чем заключается принцип максимума Понтрягина?

Комплект вопросов и заданий для защиты курсовой работы
(промежуточный контроль успеваемости)
(УК-1-З1, УК-1-У1, УК-1-В1, ПК-1-З1, ПК-1-У1, ПК-1-В1, ПК-1-В2)

1. Виды и источники неопределённостей.
2. Виды возмущений.
3. Целевые критерии.
4. Градиентный метод адаптации.
5. Вывод пропорционально-интегрального алгоритма адаптации для системы с объектом второго порядка и целевым функционалом.
6. Влияние начальных условий в адаптере на свойства системы.

7. Влияние начальных условий в объекте на свойства системы.
8. Влияние темпа параметрических возмущений на свойства системы.
9. Структурная схема адаптивной системы, функции основных блоков системы.
10. Расчет параметров фильтра оценки производных. Зачем необходим дифференциальный фильтр.
11. Почему метод называют скоростным градиентом. В чем отличие от обычного градиента.
12. Гипотеза квазистационарности.
13. Постановка задачи адаптивного управления.
14. Основные этапы синтеза беспоисковых адаптивных систем.
15. Последовательность расчета адаптивной системы на основе второго метода Ляпунова. Определение закона управления. Определение алгоритма адаптации.
16. Назначение наблюдателя координат состояния.
17. В чем преимущество рассмотренного подхода над градиентным методом и методом скоростного градиента.
18. Устойчивость по Ляпунову. Виды устойчивости.
19. Уравнение Ляпунова.
20. Какие системы называются оптимальными?
21. В чем различие между задачей синтеза оптимальной системы и системы с заданными показателями качества?
22. Что представляет собой критерий оптимальности, как он задается?
23. Как ставится задача синтеза оптимальной по быстродействию системы?
24. Какой вид имеет закон управления в оптимальных по быстродействию системах?
25. Какие системы называются субоптимальными?
26. Как влияет на вид фазовых траекторий ограничение на управляющее воздействие?
27. Как влияет аппроксимация линии переключения на фазовый портрет системы?
28. Что такое программное управление?
29. В чем заключается принцип максимума Понтрягина?

5.3. Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена

Экзаменационный билет включает в себя фундаментальный теоретический вопрос и прикладной теоретический вопрос из установленного перечня контрольных вопросов, используемых при формировании экзаменационных билетов при оценке знаний обучающихся на экзамене по темам, изложенным в разделах 1-5 данной РПД, а также практическое задание из установленного перечня контрольных заданий, используемых при формировании экзаменационных билетов.
Пример экзаменационного билета:

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»
Кафедра «АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»
13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
Профиль – Электропривод и автоматика
Дисциплина **«Адаптивное и оптимальное управление»**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Определение априорной и текущей информации, источники информации и ее использование. Виды неопределенностей.
2. Метод построения адаптивных систем управления на основе второго метода Ляпунова.
3. Задача (синтез адаптивной системы управления на основе второго метода Ляпунова в Matlab). Время регулирования – 3 секунды, перерегулирование – 10%, порядок объекта и эталонной модели – второй, модель объекта – W = 0.5/(1.5s+0.5).

«____»_____2022г.

Экзаменатор _____ А.И. Глущенко

Утверждено на заседании кафедры АИСУ

Протоколом №___ от _____ 202___ г.

И.о. заведующего кафедрой АИСУ _____ Д.А. Полещенко

Билеты в бумажном виде хранятся на кафедре АИСУ и утверждены ее заведующим (или заместителем зав. кафедрой).

5.4. Тестовые задания по дисциплине

1**.** Какой вид имеет производная функции Ляпунова для устойчивости системы, но не асимптотической, согласно прямого метода Ляпунова, если функция Ляпунова выбрана в виде положительной знакоопределенной функции:
A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Положительная знакопостоянная функция.
C) Отрицательная знакоопределенная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

2. Какой вид будет иметь производная от функции Ляпунова, если система описывается системой дифференциальных уравнений вида $\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 - 3x_1^3 \\ \dot{x}_2 &= -x_1 - 7x_2^3\end{aligned}$,

для которой выбрана функция Ляпунова вида $V(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$:

A) $\dot{V}(x_1, x_2) = x_1^3 + x_2^3$.

B) $\dot{V}(x_1, x_2) = x_1^5 + x_2^5$.

C) $\dot{V}(x_1, x_2) = -(6x_1^4 + 14x_2^4)$.

D) $\dot{V}(x_1, x_2) = (6x_1^4 - 14x_2^4)$.

E) $\dot{V}(x_1, x_2) = -(6x_1^4 - 14x_2^4)$.

3. Какому виду особой точки соответствует фазовая траектория линейной системы, если корни характеристического уравнения имеют следующий вид: $\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0$:

A) Устойчивый узел.
B) Неустойчивый узел.
C) Устойчивый центр.
D) Неустойчивый центр.
E) Седло.

4. Определите вид функции Ляпунова $V(x_1, x_2)$ выбранной для исследования на устойчивость нелинейной системы:

$$V(x_1, x_2) = (x_1 + x_2)^2$$

A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Отрицательная знакоопределенная функция.
C) Положительная знакопостоянная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

5. Определите вид функции Ляпунова $V(x_1, x_2)$ выбранной для исследования на устойчивость нелинейной системы $V(x_1, x_2) = -(x_1 + x_2)^2$:

A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Отрицательная знакоопределенная функция.
C) Положительная знакопостоянная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

6. Определите вид функции Ляпунова $V(x_1, x_2)$ выбранной для исследования на устойчивость нелинейной системы $V(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$:

A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Отрицательная знакоопределенная функция.
C) Положительная знакопостоянная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

7. Определите вид функции Ляпунова $V(x_1, x_2)$ выбранной для исследования на устойчивость нелинейной системы $V(x_1, x_2) = -(x_1^2 + x_2^2)$:

A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Отрицательная знакоопределенная функция.
C) Положительная знакопостоянная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

8. Определите вид функции Ляпунова $V(x_1, x_2)$ выбранной для исследования на устойчивость нелинейной системы $V(x_1, x_2) = x_1^2 - x_2^2$.

A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Отрицательная знакоопределенная функция.

C) Положительная знакопостоянная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

9. Какой вид имеет производная функции Ляпунова для асимптотической устойчивости системы, согласно прямого метода Ляпунова, если функция Ляпунова выбрана в виде положительной знакоопределенной функции:
A) Положительная знакоопределенная функция.
B) Положительная знакопостоянная функция.
C) Отрицательная знакоопределенная функция.
D) Отрицательная знакопостоянная функция.
E) Знакопеременная функция.

10. Пусть корни характеристического уравнения $\lambda_{1,2} = \pm jw$ что можно сказать об устойчивости системы:
A) система асимптотически устройства.
B) система устойчива “в малом”.
C) система устойчива “в большом”.
D) система неустойчива.
E) система находится на границе устойчивости.

11 Общая задача оптимального управления.
А. Оптимизация управления динамическими системами и процессами.
Б. Управление информационными системами.
В. Оптимизация разработки компьютерных программ.
Г. Анализ устойчивости систем автоматического управления.

12 Формулировка проблемы оптимального управления.
А. Разработка математических моделей динамических систем.
Б. Анализ устойчивости систем автоматического управления.
В. Оптимизация разработки компьютерных программ.
Г. Содержит критерий оптимальности (функционал), математическую модель процесса управления и ограничения на эволюцию траектории системы и ресурсы управления.

13 Основные математические методы теории оптимального управления.
А. Линейная алгебра.
Б. Операционное исчисление
В. Принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование Беллмана, математическое программирования.
Г. Преобразование Фурье.

14 Необходимые условия оптимальности управления.
А. Условия существования оптимального решения.
Б. Условия, которых достаточно для определения оптимального решения.
В. Условия определения оптимального решения.
Г. Условия, при которых определяется определенная множество решений, которые могут содержит оптимальное.

15 Достаточные условия оптимальности управления.
А. Условия существования решения проблемы оптимизации.
Б. Условия существования локального экстремума функционала.
В. Условия, которые определяют глобальный экстремум качества функционирования системы (процесса) управления.
Г. Условия, которые обеспечивают нахождения допустимого управления.

16 Существование оптимального управления.
А. Оптимальное решение всегда существует, но не является единственным.
Б. Оптимальное решение существует не всегда.
В. Оптимальное решение всегда существует и является единственным.
Г. Оптимальное решение всегда существует.

17 Задача использования методов оптимального управления в теории автоматического управления динамическими системами.
А. Анализ управляемости систем автоматического управления.
Б. Анализ устойчивости систем автоматического управления.
В. Анализ точности систем автоматического управления.
Г. Построение оптимального закона управления системами автоматического управления.

19 Стохастические системы управления.
А. Системы управления, параметры или сигналы в которых есть случайные величины.
Б. Линейные системы.
В. Оптимальные системы.
Г. Нелинейные системы.

20 Математическая модель линейной динамической системы управления.

А. dx / dt = Ax + Bu.
Б. dx / dt = f (x, u, t).
В. dx / dt = f (x, u, t).
Г. dx / dt = xTx + uTu.

21 Математическая модель нелинейной динамической системы управления.
А. dx / dt = f (x, u, t) .
Б. dx / dt = Ax (t) + Bu (t).
В. dx / dt = Ax (t) + Bu (t) + W (t).
Г. dx / dt = A (t) x (t) + B (t) u (t).

22 Стационарная система.
А. Система, параметры которой зависят от времени
Б. Система, параметры которой не зависят от времени
В. Любая линейная система.
Г. Любая нелинейная система.

23 Нестационарная система.
А. Система, параметры которой зависят от времени
Б. Система, параметры которой не зависят от времени
В. Любая линейная система.
Г. Любая нелинейная система.

24 Цифровые системы управления.
А. Системы программного управления.
Б. Замкнутые системы управления.
В. Аналоговые системы управления.
Г. Системы управления с цифровым регулятором

25.Математическая модель объекта управления.
А. Математическое описание реального объекта, адекватной задачи, которая анализируется.
Б. Вес объекта.
В. Габариты объекта.

26. Метод пространства состояния.
А. Метод, в котором математическая модель дана в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка (в форме Коши).
Б. Метод, в котором математическая модель дана в виде дифференциального уравнения n-го порядка.
В. Метод исследования устойчивости динамических систем.
Г. Метод анализа переходного процесса системы управления.

21.Допустимая траектория движения системы
А. Траектория, параметры движения которой находятся в допустимой области в любой момент.
Б. Любая траектория.
В. Только оптимальная траектория.
Г. Любая оптимальная траектория.

22.Оптимальная траектория системы управления.
А. Допустимая траектория, которая соответствует оптимальному закона управления
Б. Любая траектория.
В. Любая допустимая траектория.
Г. Траектория при терминальном управлении

23. Закон управления.
А. Траектория движения системы.
Б. Функция управления, аргументом которой является время или вектор состояния системы.
В. Любая функция управления системой
Г. Допустимая траектория движения системы.

24. Оптимальный закон управления.
А. Любое управление.
Б. Только программное управление.
В. Допустимый закон управления, которому соответствует оптимальный показатель качества.
Г. Любое допустимое управление.

25.Оптимальнач программа управления.
А. Оптимальной закон управления разомкнутой системой, который соответствует фиксированному начальном вектора состояния системы и является функцией времени.
Б. Закон, который учитывает текущее состояние системы.
В. Оптимальный закон управления замкнутой системой.

Г. Любая допустимая программа управления.

5.5. Методика оценки результатов обучения по дисциплине

№ п/п	Вид оценочного средства	Критерий	Оценка
1.	Выполнение и защита лабораторных работ	Обучающийся самостоятельно выполняет полное и аргументированное решение индивидуальных заданий, не допустив ошибок. При защите заданий отвечает развернуто и исчерпывающе на все вопросы.	«Отлично»
		Обучающийся практически самостоятельно выполняет полное решение заданий, но не может аргументировать свое решение. При защите заданий допускает незначительные неточности.	«Хорошо»
		Обучающийся в целом правильно решает задание, но не может аргументировать свое решение. При защите заданий допускает значительные неточности. Обучающийся правильно понимает способ решения заданий, но допускает ошибки при их решении. Задание выполнено частично. При защите заданий допускает значительные неточности.	«Удовлетворительно»
		Обучающийся не может решить задание.	«Неудовлетворительно»
2.	Выполнение и защита практических работ	Обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме прослушанного теоретического материала, владеет требуемым математическим аппаратом, методиками решения, необходимыми остаточными знаниями по изученным фундаментальным дисциплинам (математика, физика); демонстрирует умения и практические навыки владения информационными технологиями, позволяющими оптимизировать экспериментальную и аналитическую часть лабораторного исследования. Логически связно, динамично, грамотно и последовательно излагает методику выполнения лабораторной работы и обработки результатов моделирования. Ошибаясь, уверенно исправляется после дополнительных и наводящих вопросов.	«Зачтено»
		Обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять теоретические знания на практике и/или не владеет требуемыми знаниями. Невнятно, невразумительно, неуверенно, неверно формулирует ответы на дополнительные и наводящие вопросы и/или не отвечает на них.	«Не зачтено»
3.	Выполнение и защита курсовой работы	Компетенции УК 1, ПК-1 сформированы. Курсовая работа выполнена в полном объеме; отчёт по работе оформлен в полном соответствии с предъявляемыми требованиями; расчеты выполнены без ошибок. При ответе на вопросы по теме курсовой работы обучающийся демонстрирует глубокое знание основных теоретических положений работы и умение применять их на практике.	«Отлично»
		Компетенции УК 1, ПК-1 сформированы. Курсовая работа в целом выполнена правильно, расчеты содержат непринципиальные ошибки. Отчёт по работе оформлен в основном в соответствии с предъявляемыми требованиями; При ответе на вопросы по теме курсовой работы обучающийся демонстрирует знание основных теоретических положений работы и умение применять их на практике.	«Хорошо»

			Компетенции УК 1, ПК-1 сформированы. Курсовая работа в основной части выполнена; отчёт по работе оформлен с некоторыми отступлениями от предъявляемых требований; при ответе на вопросы по теме курсовой работы обучающийся дает в основном правильные, но неполные ответы. При расчетах были допущены ошибки, исправленные после замечаний преподавателя.	«Удовлетворительно»	
			Компетенции УК 1, ПК-1 не сформированы. Курсовая работа не выполнена, либо отчёт по работе отсутствует или его оформление не соответствует предъявляемым требованиям, либо при ответе на вопросы по теме курсовой работы студент демонстрирует незнание основных теоретических положений работы и неумение их применять на практике.	«Неудовлетворительно»	
	4.	Экзамен	Компетенции УК 1, ПК-1 сформированы. Обучающийся демонстрирует: - глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами; - способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий; - аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.	«Отлично»	
			Компетенции УК 1, ПК-1 сформированы. Обучающийся демонстрирует: - знание основных терминов по содержанию изученной дисциплины; - твердые знания теоретического материала; - умение дать четкие ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания; - владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины. Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий.	«Хорошо»	
			Компетенции УК 1, ПК-1 сформированы. Обучающийся демонстрирует: - знания теоретического материала по изученной дисциплине; - неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; - неточные ответы на дополнительные вопросы; - умение выполнять практические задания без грубых ошибок; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины.	«Удовлетворительно»	
			Компетенции УК 1, ПК-1 не сформированы. Обучающийся демонстрирует: - существенные пробелы в знаниях учебного материала; - принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений; - непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;	«Неудовлетворительно»	

		- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий; - незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины.	

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1 Основная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Ким Д.П.	Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебник и практикум вузов	ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/452300	М.: Юрайт, 2020
Л 1.2	Ким Д.П.	Теория автоматического управления. Линейные системы: учебник и практикум вузов	ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/452242	М.: Юрайт, 2020
Л 1.3	Юсупов Р.Х.	Основы автоматизированных систем управления технологическими процессами: учебное пособие	Университетская библиотека ONLINE URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=493900	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2018

6.1.2 Дополнительная литература

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Рапопорт, Э. Я.	Оптимальное управление системами с распределенными параметрами: учебное пособие	НТБ СТИ НИТУ МИСиС	М.: Высшая школа, 2009
Л 2.2	Ким Д.П.	Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебное пособие для вузов	ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/452303	М. : Юрайт, 2020
Л 2.3	Рачков, М. Ю.	Оптимальное управление в технических системах: учебное пособие	ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/452772	М. : Юрайт, 2020
Л 2.4	Гайдук, А.Р.	Адаптивные системы управления : учебное пособие	Университетская библиотека ONLINE URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561021	Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018

6.1.3 Методические материалы				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1	Глущенко А.И., Халапян С.Ю.	Адаптивное и оптимальное управление: методические указания для самостоятельного выполнения курсовой работы	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол. СТИ НИТУ МИСиС - 2020
Л 3.2	Глущенко А.И., Халапян С.Ю.	Адаптивное и оптимальное управление: лабораторный практикум	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол. СТИ НИТУ МИСиС - 2020
Л 3.3	Глущенко А.И., Халапян С.Ю.	Адаптивное и оптимальное управление: курс лекций	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол. СТИ НИТУ МИСиС – 2020
Л 3.4	Глущенко А.И., Халапян С.Ю.	Адаптивное и оптимальное управление: методические указания к практическим занятиям	НТБ СТИ НИТУ «МИСИС»	Старый Оскол. СТИ НИТУ МИСиС - 2020

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	
Э. 1	http://medium.com
Э. 2	https://habr.com/ru/
6.3. Перечень программного обеспечения	
П. 1	Microsoft Windows
П. 2	Microsoft office
П. 3	7- Zip (свободно распространяемое ПО)
П. 4	Kaspersky Endpoint Security
П. 5	PTC Mathcad Express(свободно распространяемое программное обеспечение)
П. 6	Matlab
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
И. 1	LMS Canvas (приказ НИТУ «МИСиС» № 387 о.в. от 05.06.2018 г. «О применении в учебном процессе ЭОР»)
И. 2	Федеральный портал «Российское образование»: http://edu.ru
И. 3	Открытое образование: http://openedu.ru
И. 4	Российская государственная библиотека: http://www.rsl.ru
И 5	- Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: http://biblioclub.ru
И. 6	- Электронная библиотека НИТУ МИСИС: http://elibrary.misis.ru
И. 7	- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru/
И. 8	- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru/
И. 9	- Университетская информационная система РОССИЯ: https://uisrussia.msu.ru/
И. 10	- Электронная библиотека РГБ: диссертации: http://diss.rsl.ru/?menu=disscatalog/
И. 11	- аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И. 12	- аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И. 13	- наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И. 14	- научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
416	Лаборатория искусственного интеллекта	• персональный компьютер - 9 шт.; • экран; • мультимедиа проектор; • комплект учебной мебели на 25 посадочных мест;
306	Кабинет для самостоятельной	• проектор;

	работы и курсового проектирования	• доска; • экран настенный; • компьютер – 6 шт.; • комплект учебной мебели на 20 человек. В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения дисциплины "Адаптивное и оптимальное управление" в 6 семестре обучающемуся необходимо:
1. Посещать все виды занятий.
2. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через LMS Canvas).
3. Отчеты по лабораторным работам и курсовой работе рекомендуется выполнять с использованием MS Office, допускается выполнять в рукописном виде.
4. Активно работать с научными базами в сети Интернет.
5. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества подготовки обучающихся проводится с целью контроля освоения обучающимися совокупности компетенций (частей компетенций) на этапе изучения данной дисциплины. Освоение компетенций характеризуются определенными знаниями, умениями и навыками, опытом профессиональной деятельности, которые оцениваются как в процессе изучения дисциплины (текущий контроль успеваемости), так и по завершении изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестаций обучающихся сформированы оценочные средства.

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине проводится в форме:
- лабораторные работы (5).
- практические работы (4).

По результатам выполнения лабораторных работ обучающиеся оформляют отчеты (по ГОСТ 7.32–2017 Отчет о научно-исследовательской работе).
Структурными элементами отчетов являются:
- титульный лист;
- содержание (по желанию);
- номер варианта, формулировку задания и исходные данные;
- необходимые схемы (исходные и промежуточные);
- расчётные формулы и полученные численные результаты;
- выводы по проделанной работе;
- необходимые для расчётов справочные данные (при необходимости);
- список использованных источников (при необходимости);
- приложения (при необходимости).

Более подробная информация по лабораторным работам приведена в Л.3.2.
Более подробная информация по практическим работам приведена в Л.3.4.

Промежуточная аттестация

Учебным планом ОПОП ВО по дисциплине предусматривается промежуточная аттестация в форме экзамена и курсовой работы в 6 семестре. Промежуточная аттестация проводится с целью оценки качества освоения обучающимися содержания дисциплины. При проведении промежуточной аттестации обучающийся демонстрирует знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения дисциплины, которые характеризуют результат освоения совокупности компетенций (частей компетенций) на этапе изучения данной дисциплины.
Результаты обучения по дисциплине, характеризующие освоение совокупности компетенций (части компетенций), при проведении промежуточной аттестации оцениваются по четырех балльной системе.
По результатам выполнения курсовой работы обучающиеся оформляют отчеты (по ГОСТ 7.32–2017 Отчет о научно-исследовательской работе).
Структурными элементами отчета являются:
- титульный лист;
- задание на курсовую работу (номер варианта, формулировку задания и исходные данные);
- отзыв руководителя на курсовую работу;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- необходимые схемы (исходные и промежуточные);
- расчётные формулы и полученные численные результаты;
- заключение, содержащее выводы по проделанной работе;
- необходимые для расчётов справочные данные (при необходимости);

- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

Более подробная информация по лабораторным работам приведена в Л.3.1.

Система оценивания результатов освоения дисциплины

Порядок, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций, определен в Положении «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, текущем контроле посещения обучающимися аудиторных занятий в НИТУ «МИСиС» П 239.09- 18, выпуск 2».