

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 20.10.2025 14:46:26  
Уникальный программный ключ:  
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов  
Кафедра электроники и радиофизики



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

Д.В. Мулов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимальные и адаптивные системы управления

(наименование дисциплины)

11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

(код, наименование направления)

Информационные технологии проектирования электронных устройств

(магистерская программа)

Квалификация

магистр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

*Цели дисциплины:* освоение 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 систем управления объектами с нестационарными параметрами в области разработки и исследования систем оптимального управления.

*Задачи изучения дисциплины:* умение выполнять постановку задачи оптимального управления и изучение способов ее решения; освоение математического аппарата, используемого в теории оптимального управления; выбор методов и разработка их программной реализации для решения практических задач в области профессиональной деятельности.

*Дисциплина направлена на формирование профессиональной компетенции (ПК-3) выпускника.*

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина относится к части БЛОКА 1, формируемой участниками образовательных отношений (элективные дисциплины) учебного плана по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств (магистерская программа «Информационные технологии проектирования электронных устройств»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин «Физические основы электроники», «Твердотельная электроника», «Материалы и компоненты электронной техники», «Теория автоматического управления», изученных в рамках предыдущего уровня образования, а также дисциплин: «Современная элементная база промышленной электроники», «Инновационные технологии в области конструирования и технологии электронных средств», «Схемотехника источников питания», «Проектирование управляющих систем силовой электроники».

Является основой для прохождения учебной практики (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), производственных практик (научно-исследовательская работа, преддипломная практика), для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР, в профессиональной деятельности.

Дисциплина способствует углубленной подготовке к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (24 ак.ч.), практические (24 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (96 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (136 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре при очной и заочной форме обучения.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Оптимальные и адаптивные системы управления» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

| Содержание компетенции                                                                                                                                                                                             | Код компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способен выполнять проектирование и конструирование электронных устройств и систем средствами математического и имитационного моделирования на основе владения современными методами расчета и инженерного анализа | ПК-3            | <p>ПК-3.1. Знает физические основы работы элементной базы электроники, основные принципы расчета и моделирования принципиальных электрических схем</p> <p>ПК-3.2. Обосновывает выбор целесообразного решения, знает основные проблемы проектирования систем электроснабжения, включая силовую энергоэлектронику; умеет строить модель разрабатываемого устройства на поведенческом и вентильном уровне</p> <p>ПК-3.3. Владеет навыками анализа, синтеза и оптимизации устройств и узлов аналоговой, цифровой и силовой электроники с использованием средств автоматизированного проектирования</p> <p>ПК-3.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации</p> |

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

| Вид учебной работы                                   | Всего ак.ч. | Ак.ч. по семестрам |
|------------------------------------------------------|-------------|--------------------|
|                                                      |             | 3                  |
| Аудиторная работа, в том числе:                      | 48          | 48                 |
| Лекции (Л)                                           | 24          | 24                 |
| Практические занятия (ПЗ)                            | 24          | 24                 |
| Лабораторные работы (ЛР)                             | -           | -                  |
| Курсовая работа/курсовой проект                      | -           | -                  |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе: | 96          | 96                 |
| Подготовка к лекциям                                 | 6           | 6                  |
| Подготовка к лабораторным работам                    | -           | -                  |
| Подготовка к практическим занятиям / семинарам       | 24          | 24                 |
| Выполнение курсовой работы / проекта                 | -           | -                  |
| Расчетно-графическая работа (РГР)                    | -           | -                  |
| Реферат (индивидуальное задание)                     | 12          | 12                 |
| Домашнее задание(индивидуальное задание)             | -           | -                  |
| Подготовка к контрольной работе                      | -           | -                  |
| Подготовка к коллоквиуму                             | 6           | 6                  |
| Аналитический информационный поиск                   | 18          | 18                 |
| Работа в библиотеке                                  | 18          | 18                 |
| Подготовка к зачету                                  | 12          | 12                 |
| Промежуточная аттестация – экзамен                   | 3 (2)       | 3(2)               |
| Общая трудоемкость дисциплины                        |             |                    |
| ак.ч.                                                | 144         | 144                |
| з.е.                                                 | 4           | 4                  |

## **5 Содержание дисциплины**

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 6 разделов:

- раздел 1 (Постановка общей задачи об оптимальном управлении);
- раздел 2 (Классы задач в теории оптимальных систем);
- раздел 3 (Аналитическое конструирование регуляторов);
- раздел 4 (Синтез систем управления линейными объектами по параллельно применяемым критериям);
- раздел 5 (Синтез релейных систем);
- раздел 6 (Робастное управление).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблицах 3, 4, соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины            | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                       | Трудоемкость в ак.ч. | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1     | Постановка общей задачи об оптимальном управлении | Понятие состояния объекта. Уравнения динамики объектов. Задача управления. Возмущенное-невозмущенное движение. Уравнения возмущенного движения. Функционал, вариации и их свойства. Преобразования координат. Понятие об оптимальном стабилизирующем управлении. Особенности оптимальных систем программного управления и стабилизации. Развитие понятий оптимального управления. Стабилизирующее управление при внешних возмущениях. | 4                    | Выбор уравнения возмущенного движения. Преобразования координат | 4                    | -                         | -                    |
| 2     | Классы задач в теории оптимальных систем          | Два класса задач в теории оптимальных систем. Принципы построения систем оптимального управления. Критерий обобщенной работы. Нелинейные объекты. Детерминированные внешние возмущения. Задача о слежении. Задача об оптимальном программном управлении. Принцип оптимальности. Функционалы качества и линейные управления.                                                                                                           | 4                    | Критерий обобщенной работы. Выбор Функционала качества.         | 4                    | -                         | -                    |
| 3     | Аналитическое конструирование регуляторов         | Классический вариационный метод (задача Лагранжа). Обобщение функционала качества. Определение коэффициентов оптимального управления. Принцип максимума. Метод динамического программирования. Метод Калмана Р. Особенности решения задач АКОР. Концепция обратных задач динамики. Структурная реализация алгоритмов оптимального управления в различных фазовых координатах.                                                         | 4                    | Синтез регулятора методом динамического программирования        | 4                    | -                         | -                    |

| №<br>п/п               | Наименование<br>темы<br>(раздела)<br>дисциплины                                   | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы практиче-<br>ских занятий                                                     | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Тема<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 4                      | Синтез систем управления линейными объектами по параллельно применяемым критериям | Синтез линейных систем. Оптимальное управление при измеряемом векторе состояний. Оптимальное управление при неполной информации о векторе состояния. Структура оптимального регулятора. Оптимальный наблюдатель. Теорема разделения. Восстановление переменных состояния нелинейных объектов. Проблемы АКОР для нейтральных объектов.                                                                                                                                                                                      | 4                       | Синтез наблюдающего устройства                                                     | 4                       | -                               | -                       |
| 5                      | Синтез релейных систем                                                            | Теорема об $n$ -интервалах. Функционалы качества и релейные управления. Свойства структур, устойчивых при неограниченном увеличении коэффициента усиления. Алгоритмический синтез релейных регуляторов. Структурная реализация релейных систем оптимального управления в различных фазовых пространствах. Статические свойства релейных систем оптимального управления. Анализ чувствительности синтезированных структур к изменениям параметров объекта управления. Области существования устойчивого скользящего режима. | 4                       | Структурная реализация алгоритма оптимального управления с наблюдающим устройством | 4                       | -                               | -                       |
| 6                      | Робастное управление                                                              | Модели систем управления. Аддитивные и мультипликативные неопределенности. Параметрические неопределенности объекта управления. Неопределенности, связанные с неточной моделью объекта управления. Сигналы и нормы системы. Теорема «малого» усиления и робастная устойчивость. Постановка задачи $H_\infty$ -оптимизации. Качество систем в $H_\infty$ -теории. Алгоритм синтеза $H_\infty$ -оптимального регулятора.                                                                                                     | 4                       | Синтез релейного регулятора.                                                       | 4                       | -                               | -                       |
| Всего аудиторных часов |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 24                      | 24                                                                                 |                         | -                               |                         |



Таблица 4 — Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины            | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                       | Трудоемкость в ак.ч. | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| 1     | Постановка общей задачи об оптимальном управлении | Понятие состояния объекта. Уравнения динамики объектов. Задача управления. Возмущенное-невозмущенное движение. Уравнения возмущенного движения. Функционал, вариации и их свойства. Преобразования координат. Понятие об оптимальном стабилизирующем управлении. Особенности оптимальных систем программного управления и стабилизации. Развитие понятий оптимального управления. Стабилизирующее управление при внешних возмущениях. | 0,5                  | Выбор уравнения возмущенного движения. Преобразования координат | 0,5                  | -                         | -                    |
| 2     | Классы задач в теории оптимальных систем          | Два класса задач в теории оптимальных систем. Принципы построения систем оптимального управления. Критерий обобщенной работы. Нелинейные объекты. Детерминированные внешние возмущения. Задача о слежении. Задача об оптимальном программном управлении. Принцип оптимальности. Функционалы качества и линейные управления.                                                                                                           | 0,5                  | Критерий обобщенной работы. Выбор Функционала качества.         | 0,5                  | -                         | -                    |
| 3     | Аналитическое конструирование регуляторов         | Классический вариационный метод (задача Лагранжа). Обобщение функционала качества. Определение коэффициентов оптимального управления. Принцип максимума. Метод динамического программирования. Метод Калмана Р. Особенности решения задач АКОР. Концепция обратных задач динамики. Структурная реализация алгоритмов оптимального управления в различных фазовых координатах.                                                         | 0,5                  | Синтез регулятора методом динамического программирования        | 0,5                  | -                         | -                    |

| №<br>п/п               | Наименование<br>темы<br>(раздела)<br>дисциплины                                   | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы практиче-<br>ских занятий                                                     | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Тема<br>лабораторных<br>занятий | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 4                      | Синтез систем управления линейными объектами по параллельно применяемым критериям | Синтез линейных систем. Оптимальное управление при измеряемом векторе состояний. Оптимальное управление при неполной информации о векторе состояния. Структура оптимального регулятора. Оптимальный наблюдатель. Теорема разделения. Восстановление переменных состояния нелинейных объектов. Проблемы АКОР для нейтральных объектов.                                                                                                                                                                                      | 0,5                     | Синтез наблюдающего устройства                                                     | 0,5                     | -                               | -                       |
| 5                      | Синтез релейных систем                                                            | Теорема об $n$ -интервалах. Функционалы качества и релейные управления. Свойства структур, устойчивых при неограниченном увеличении коэффициента усиления. Алгоритмический синтез релейных регуляторов. Структурная реализация релейных систем оптимального управления в различных фазовых пространствах. Статические свойства релейных систем оптимального управления. Анализ чувствительности синтезированных структур к изменениям параметров объекта управления. Области существования устойчивого скользящего режима. | 1                       | Структурная реализация алгоритма оптимального управления с наблюдающим устройством | 1                       | -                               | -                       |
| 6                      | Робастное управление                                                              | Модели систем управления. Аддитивные и мультипликативные неопределенности. Параметрические неопределенности объекта управления. Неопределенности, связанные с неточной моделью объекта управления. Сигналы и нормы системы. Теорема «малого» усиления и робастная устойчивость. Постановка задачи $H_\infty$ -оптимизации. Качество систем в $H_\infty$ -теории. Алгоритм синтеза $H_\infty$ -оптимального регулятора.                                                                                                     | 1                       | Синтез релейного регулятора.                                                       | 1                       | -                               | -                       |
| Всего аудиторных часов |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4                       | 4                                                                                  |                         | -                               |                         |

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1 Критерии оценивания**

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5– Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

| Код и наименование компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство                            |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| ПК-3                           | Зачет             | Комплект контролирующих материалов для зачета |

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 40 баллов;
- за выполнение индивидуального и домашнего задания – всего 60 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время экзамена студент имеет право повысить итоговую оценку. Зачет по дисциплине проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже, либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6–Шкала оценивания знаний

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-59                                          | Не зачтено/неудовлетворительно             |
| 60-73                                         | Зачтено/удовлетворительно                  |
| 74-89                                         | Зачтено/хорошо                             |
| 90-100                                        | Зачтено/отлично                            |

## 6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания обучающиеся выполняют проработку лекционного материала.

## 6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Первая часть индивидуального задания заключается в написании реферата по одной из перечисленных ниже тем.

- 1) Классификация адаптивных систем.
- 2) Методы поиска экстремума.
- 3) Метод Гаусса-Зейделя.
- 4) Метод градиента.
- 5) Метод наискорейшего спуска.
- 6) Случайные методы поиска.
- 7) Экстремальная система с поиском по приращению, с запоминанием экстремума. Структурная схема, алгоритм функционирования
- 8) Экстремальная система с поиском модуляционных сигналов. Структурная схема, алгоритм функционирования.
- 9) Экстремальная система с поиском по производным. Структурная схема, алгоритм функционирования.
- 10) Экстремальный регулятор. Функциональная схема, алгоритм функционирования.
- 11) Экстремальная система с безинерционным объектом. Показатели качества.
- 12) Экстремальная система с инерционным объектом до и после нелинейного звена.

Задания для практической части индивидуального задания.

1. По заданному уравнению объекта в виде квадратичной формы разработать алгоритм поиска экстремума с использованием регулярных методов поиска:

- 1) Гаусса-Зейделя;
- 2) Градиента;
- 3) Наискорейшего спуска.

2. Разработать функциональную и структурную схемы экстремальной системы с поиском по приращению. Определить алгоритм работы регулятора. Составить программу решения дифференциального уравнения замкнутой системы и определить показатели качества системы: быстродействие, пери-

од, потери, амплитуду изменения координаты объекта. Объект описывается уравнением:  $y = -kx^3$  Исследовать экстремальную систему с объектом третьего порядка методом гармонической линеаризации. Динамические параметры даны в таблице согласно варианту. Использовать аналитический и графо-аналитический расчеты.

#### **6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

Примеры тестовых заданий для проведения коллоквиумов.

1. 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.
  
2. 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.
  
- 3 Основные математические методы теории оптимальных процессов
  - а) Линейная алгебра;
  - б) Операционное исчисление;
  - в) Принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование Беллмана, математическое программирование;
  - г) Преобразование Фурье.
  
- 4 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, яки могут содержит оптимальное.
  
- 5 Достаточно условия оптимальности управления
  - а) Условия существования решения проблемы оптимизации;
  - б) Условия существования локального экстремума функционала;
  - в) Условия, яки определяют глобальный экстремум качества функционирования системы (процесса) управления;

г) Условия, которые обеспечивают нахождения допустимого управления.

6. 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.

7. 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.

8. Разомкнутые системы управления

а) Системы управления с обратной связью;

б) Системы программного управления;

в) Любой или оптимальные системы;

г) Любой или неоптимальные системы.

9. Сомкнутые системы управления

а) Любой или системы управления;

б) Системы с программным управлением;

в) Нелинейные системы управления;

г) Системы с обратной связью.

10. Стохастические системы управления.

а) Системы управления, параметры или сигналы в которых есть случайными;

б) Линейные системы;

в) Оптимальные системы;

г) Нелинейные системы.

11. 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).  $dx / dt = xTx + uTu$ .

12. 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)  $dx / dt = A(t)x(t) + B(t)u(t)$ .

13. Стационарная система – это

- а) Система, параметры которой зависят от времени;
- б) Система, параметры которой не зависят от времени;
- в) Любая линейная система;
- г) Любая нелинейная система.

14. Нестационарная система – это

- а) система, параметры которой зависят от времени;
- б) система, параметры которой не зависят от времени;
- в) любая линейная система;
- г) любая нелинейная система.

15. Цифровые системы управления – это

- а) Системы программного управления;
- б) Сомкнутые системы управления;
- в) Аналоговые системы управления;
- г) Системы управления с цифровым регулятором.

16. Математическая модель объекта управления – это

- а) Математическое описание реального объекта, адекватной задачи, которая анализируется;
- в) Габариты объекта;
- г) Драгоценность объекта.

17. Переменные состояния управляемого процесса, системы.

- а) Совокупность координат, яки однозначно определяют текущее состояние системы;
- б) Координаты вектора скорости объекта;
- в) Координаты вектора положения объекта;
- г) Координаты вектора ускорения объекта.

18. Метод пространства состояния – это

- 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.

19. Траектория движения системы – это

- а) Ускорение объекта.
- б) Эволюция координат, яки характеризуют вектор состояния системы;
- в) Скорость объекта;
- г) Вектор состояния системы в текущий момент.

20. Допустима 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.

21. Оптимальная траектория системы управления – это

- а) Допустимая траектория, которая соответствует оптимальному закона управления;
- б) Любая траектория;
- в) Любая допустимая траектория;
- г) Траектория при терминальном управлении

22. Закон управления – это

- 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.

23. Допустимое управление – это

- а) Закон управления, на интервале управления соответствует заданным ограничением;
- б) Любое управление;
- в) Только оптимальное управление;
- г) Только программное управление.

24. Оптимальный закон управления – это

- а) Любое управление;
- б) Только программное управление;
- в) Допустимый закон управления, которому соответствует оптимальный показатель качества;
- г) Любое допустимое управление.



25. Оптимальная программа управления – это

- а) Оптимальной закон управления разомкнутой системы, который соответствует фиксированному начальному вектору состояния системы и является функцией времени;
- б) Закон, который учитывает текущее состояние системы;
- в) Оптимальный закон управления сомкнутой системой.

### 6.5 Вопросы для подготовки к зачету

- 1) Какие движения систем можно исследовать с помощью передаточной функции?
- 2) Почему необходимо построение математических моделей систем (и объектов) в виде систем дифференциальных уравнений?
- 3) Что такое состояние системы, чем оно определяется?
- 4) В какой форме записывают уравнения динамики объектов?
- 5) Как формируют задачу управления?
- 6) Что такое невозмущенное, фактическое и возмущенное движения системы (объекта), как они выбираются и как реализуются в системах управления?
- 7) Какие классы задач изучаются в теории оптимальных систем, в чем их родство и отличие?
- 8) Как формируют задачу синтеза системы управления?
- 9) Что такое аналитическое конструирование регуляторов?
- 10) Какими методами решают задачу аналитического конструирования регуляторов?
- 11) Что используют в качестве критерия оптимальности в задачах аналитического конструирования?
- 12) Каков физический смысл критерия оптимальности?
- 13) Как формируют задачу аналитического конструирования регуляторов?
- 14) Какова процедура использования классического вариационного исчисления для аналитического конструирования?
- 15) Как найти характеристическое уравнение замкнутой системы, если она задана системой дифференциальных уравнений?
- 16) Каковы пути отыскания коэффициентов оптимального управления?
- 17) Какова процедура использования принципа максимума для аналитического конструирования?
- 18) Какова процедура использования метода динамического программирования для аналитического конструирования?
- 19) Какова процедура аналитического конструирования регуляторов по методу Калмана?
- 20) Каковы основные трудности метода Лётова – Калмана?
- 21) Что такое критерий обобщенной работы? Виды и источники неопределенностей.

- 22) Какие существуют виды возмущений? Дайте определение квази-стационарного процесса.
- 23) . Какие существуют виды неопределенностей объекта управления?
- 24) Приведите теорему об  $n$ -интервалах.
- 25) Какие существуют функционалы качества и релейные управления?
- 26) Приведите свойства структур, устойчивых при неограниченном увеличении коэффициента усиления.
- 27) В чем заключается процедура алгоритмического синтеза релейных регуляторов?
- 28) Как выполняется структурная реализация релейных систем оптимального управления в различных фазовых пространствах?
- 29) Какие существуют статические свойства релейных систем оптимального управления?
- 30) Как проводится анализ чувствительности синтезированных структур к изменениям параметров объекта управления?
- 31) Как определить области существования устойчивого скользящего режима?
- 32) Опишите метод динамического программирования. Последовательность синтеза оптимального регулятора методом динамического программирования.
- 33) Что такое принцип максимума Понтрягина? Приведите последовательность синтеза оптимального регулятора на основе принципа максимума Понтрягина.
- 34) Какие бывают сигналы и нормы системы?
- 35) Что такое теорема «малого» усиления и робастная устойчивость.?
- 36) Постановка задачи  $H_\infty$ -оптимизации.
- 37) Чем определяется качество систем в  $H_\infty$ -теории?
- 38) Приведите алгоритм синтеза  $H_\infty$ -оптимального регулятора.

## **6.5 Примерная тематика курсовых работ**

Курсовые работы не предусмотрены.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### *Основная литература*

1. Эпштейн, Г. Л. Теория оптимального управления : учебное пособие по дисциплине «Теория оптимального управления» / Г. Л. Эпштейн, А. П. Иванова. — Москва : Российский университет транспорта (МИИТ), 2020. — 129 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116088.html> (дата обращения: 30.08.2024 г.).

2. Киселёв, В. Ю. Вариационное исчисление и теория оптимального управления : учебное пособие / В. Ю. Киселёв, Т. Ф. Калугина. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-9729-1416-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/132988.html> (дата обращения: 30.08.2024 г.).

#### *Дополнительная литература*

1. Жилияков, В.И., Ткачев, Р.Ю. Основы оптимального управления. Учебное пособие. Ч.1. Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 109 с.

2. Алексеев, В.М., Тихомиров В.М. Оптимальное управление. М.: Физматлит. 2005.

3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т.3: Методы современной теории автоматического управления / Под ред.Н.Д.Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000.

4. Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы : учебное пособие для вузов / А. Г. Александров. – М.: Высш. школа, 2003 .— 279 с.

5. Алексеев В.М., Тихомиров В.М. Оптимальное управление. М.: Физматлит. 2005.

6. Антонов, В.Н., Терехов, В.А., Тюкин, И.Ю. Адаптивное управление в технических системах: Учебное пособие.- СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2001.

7. Бесекерский, В.А., Попов, Е.П. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2004.

8. Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы : учебное пособие для вузов / А. Г. Александров. – М.: Высш. школа, 2003 .— 279 с.

9.Благодатских, В. И. Введение в оптимальное управление. М.: Высшая школа, 2001.

10. Востриков, А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.

11. Бесекерский, В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2004.

## **7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education). — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red). — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

| Наименование оборудованных учебных кабинетов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Адрес (местоположение) учебных кабинетов |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <p>Специальные помещения:</p> <p><i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная проектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр НТ-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet</i></p> <p>Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы:</p>                                                                                                                                                                                                          | ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>           |
| <p><i>Компьютерный класс (11 посадочных мест) для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, доской маркерной магнитной</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                 | ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u>           |
| <p><i>Лаборатория силовой электроники и автоматизированных систем управления (25 посадочных мест) для проведения лабораторных и практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, <u>оборудованная учебной мебелью, специализированными лабораторными стендами, осциллографами, источниками питания, генераторами сигналов и др. специализированным оборудованием</u></i></p> | ауд. <u>211</u> корп. <u>3</u>           |

Лист согласования РПД

Разработал:

Доцент кафедры  
электроники и радиофизики  
(должность)

  
(подпись)

Р.Н. Саратовский  
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой  
электроники и радиофизики

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
Ф.И.О.)

Протокол № 3 заседания кафедры  
электроники и радиофизики

от 18.10.2024 г.

И.о. декана факультета  
информационных технологий и  
автоматизации производственных  
процессов

  
(подпись)

В.В. Дьячкова  
Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии  
по направлению подготовки 11.04.03  
Конструирование и технология  
электронных средств  
(магистерская программа  
«Информационные технологии  
проектирования электронных устройств»)

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

  
(подпись)

О.А. Коваленко  
Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

|                                                                                 |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений |                           |
| ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:                                                          | ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: |
| Основание:                                                                      |                           |
| Подпись лица, ответственного за внесение изменений                              |                           |