



Московский государственный технический университет
Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ-1 «Системы автоматического управления»

План дисциплины «Основы теории управления»

для подготовки специалистов по направлению
24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами»

Авторы: Масленников Андрей Леонидович, старший преподаватель
amas@bmstu.ru

Щербак Ольга Юрьевна, ассистент
scherbak.olga.j@bmstu.ru

Москва, 2026.

Структура дисциплины

Лекции	
1	Введение.
2	Управление – наука о принципах и методах управления различными системами.
3	Описание непрерывных систем в виде систем дифференциальных уравнений.
4	Описание непрерывных систем в виде передаточных функций.
5	Описание непрерывных систем в виде пространства состояний.
6	Множество реализаций описания непрерывных систем в пространстве состояний.
7	Временные и частотные характеристики линейных непрерывных систем.
8	Типовые динамические звенья и их характеристики.
9	Устойчивость линейных непрерывных систем.
10	Критерии устойчивости линейных непрерывных систем.
11	Показатели качества линейных непрерывных систем.
12	Корневой годограф.
13	Коррекция линейных непрерывных систем по желаемой ЛАФЧХ.
14	Коррекция линейных непрерывных систем методом корневого годографа.
15	Рубежный контроль по теоретической части курса.
Семинары	
1	Описание линейных непрерывных систем в виде структурных схем.
2	Получение математических моделей механических систем.
3	Получение математических моделей с использованием формализма Ньютона.
4	Получение математических моделей с использованием формализма Лагранжа.
5	Получение математических моделей электрических систем.
6	Получение описания непрерывных систем в нормальной форме Коши.
7	Решение задачи Коши с использованием преобразования Лапласа.
8	Моделирование линейных непрерывных систем.
9	Получение описания систем в передаточных функциях.
10	Получение описания систем в пространстве состояний.
11	Определение устойчивости с использованием алгебраических критериев.
12	Определение устойчивости с использованием частотных критериев
13	Определение показателей качества непрерывных систем.
14	Синтез системы регулирования методом корневого годографа.
15	Синтез последовательных и параллельных корректирующих устройств.
16	Синтез корректирующих устройств с опережением и отставанием по фазе.
Домашние задания	
1	Анализ и коррекция непрерывных систем

Вопросы для подготовки к РК по теоретической части

1. Автоматизация, управление и интеллектуализация. Кибернетика и ее связь со современной теорией управления. История развития автоматизации и управления. Понятие классической и современной теорий управления. Принцип работы первых систем автоматического регулирования: регулятор Ползунова, регулятор Уатта.

2. Автоматические системы управления и системы автоматического управления. Определение и классификация. Схожесть и отличие данных систем. Система управления. Система регулирования. Система стабилизации. Структурная и функциональная схемы описания систем управления. Принципиальные схемы.

3. Задача синтеза систем управления. Обобщенный алгоритм синтеза.

4. Принципы управления: программное (прямое) управление, управление по отклонению, управление по возмущению, комбинированное управление. Достоинства, недостатки и реализуемость в практических задачах.

5. Бортовые комплексы управления. Состав бортовых комплексов управления. Особенности разработки бортовых комплексов управления.

6. Моделирование систем управления. Виды моделирования. Математическое и имитационное моделирование. Натурное и полунатурное моделирование. Цикл разработки систем управления. MIL, SIL, PIL, HIL виды моделирования и особенности проектирования систем управления на каждом этапе разработки.

7. Модель системы. математической модели системы. Адекватность модели и ошибка моделирования. Виды моделей, методы получения математических моделей непрерывных систем.

8. Описание непрерывных систем в виде структурных и функциональных схем. Элементарные преобразования структурных схем динамических систем. Формирования схем вычислений для дифференциальных уравнений.

9. Описание непрерывных систем в виде систем дифференциальных уравнений. Нормальная явная и неявная форма Коши. Получение математических моделей механических систем. Формализм Ньютона для получения математических моделей механических систем. Формализм Лагранжа для получения математических моделей механических систем. Получение математических моделей электрических систем.

10. Интегральное преобразование Лапласа. Прямое и обратное преобразования Лапласа. Свойства интегрального преобразования Лапласа. Применение интегрального преобразования Лапласа для получения решения дифференциальных уравнений.

11. Описание непрерывных систем в передаточных функциях. Матрица передаточных функций. Приведенная передаточная функция. Нули и полюса системы. Относительный порядок системы. Связь полюсов системы с собственными значениями матрицы состояния. Теорема Кэли–Гамильтона.

12. Описание непрерывных систем в пространстве состояний. Структурная схема непрерывных системы в пространстве состояний. Уравнения состояния и выхода непрерывной системы. Переход от описания системы в виде систем дифференциальных уравнений к описанию в пространстве состояний. Переход от описания системы в передаточных функциях к описанию в пространстве состояний и обратно как для скалярных систем, так и для многомерных систем.

13. Фундаментальная матрица решений. Свойства фундаментальной матрицы решений. Формирование решения системы дифференциальных уравнений, заданных в матричном виде. Методы вычисления фундаментальной матрицы решений.

14. Множество реализаций описания непрерывных системы в пространстве состояний. Канонические формы. Канонические формы управляемости и наблюдаемости для скалярных и многомерных систем. Диагональная каноническая форма. Ядро линейного отображения. Свойства ядра матрицы. Вычисление ядра матрицы. Определение базиса ядра матрицы. Каноническая форма Жордана

15. Временные характеристики непрерывных систем. Переходная функция. Импульсная функция. Типовые воздействия.

16. Частотные характеристики непрерывных систем. Амплитудно-частотная характеристика. Фазово-частотная характеристика. Логарифмическая амплитудно-фазовая-частотная характеристика. Амплитудно-фазовая характеристика. Построение ЛАФЧХ системы в асимптотах. Принцип аргумента Коши. Годограф Михайлова.

17. Типовые динамические звенья. Минимально-фазовые и не минимально-фазовые динамические звенья. Типовые графики переходного процесса, импульсной переходной характеристики, ЛАФЧХ и АФЧХ для типовых динамических звеньев. Безынерционное звено, идеальное интегрирующее звено, апериодическое звено 1-го и 2-го порядков, колебательное звено, консервативное звено, идеальное дифференцирующее звено, форсирующее звено 1-го и 2-го порядков, идеальное звено запаздывания. Реализация идеального звена запаздывания с использованием разложения Падэ экспоненциальной функции.

18. Устойчивость непрерывных систем. Качество и точность непрерывных систем. Устойчивость положения равновесия. Робастность системы.

19. Устойчивость непрерывных систем, заданных в виде дифференциальных уравнений. Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость по Ляпунову. Экспоненциальная устойчивость по Ляпунову. Физический смысл. Тождественность определения устойчивостей по Ляпунову для линейных непрерывных систем.

20. Критерии устойчивости линейных непрерывных систем. Прямые и косвенные критерии. Прямой метод определения устойчивости непрерывных систем. Влияние полюсов системы и собственных значений матрицы состояния на устойчивость системы и характер переходных процессов.

21. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Гурвица. Критерий Рауса-Гурвица. Критерий Лъенара-Шипара. Частотные критерии устойчивости. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста. Критерий по ЛАФЧХ.

22. Показатели качества. Прямые показатели качества. Установившаяся ошибка. Перерегулирование. Время переходного процесса. Определение показателей качества по графику переходного процесса.

23. Частотные показатели качества. Показатель колебательности. Частота резонанса. Частота среза. Полоса пропускания системы. Определение частотных показателей качества по графикам ЛАФЧХ. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе. Физический смысл. Определение запасов устойчивости по графикам ЛАФЧХ и АФЧХ.

24. Корневые показатели качества. Степень устойчивости. Показатель колебательности. Определение корневых показателей качества по карте нулей и полюсов системы.

25. Интегральные показатели качества. Линейная интегральная оценка точности. Модуль интегральной оценки точности и ее модификация. Модульная квадратичная оценка точности и ее модификация.

26. Показатели точности системы. Коэффициенты ошибок и установившиеся ошибки по положению, по скорости, по ускорению. Понятие астатизма системы и величины порядка астатизма системы.

27. Корневой годограф. Амплитудный и угловой критерий корневого годографа. Свойства корневого годографа. Алгоритм построения корневого годографа.

28. Коррекция линейных непрерывных систем. Последовательные и параллельные корректирующие устройства. Понятие желаемой ЛАФЧХ. Расчет и особенности практической реализации.

29. Коррекция линейных непрерывных систем методом корневого годографа. Коррекция с опережением по фазе. Коррекция с отставанием по фазе.

Список литературы

1. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. Учебное пособие. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986, 616 с.
2. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. Компактный учебный курс для вузов. 3-е издание. Переработанное и дополненное. Екб.: УГГГА, 2022, 675 с.
3. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью / перевод с англ. Б.И. Копылова. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001, 616 с.
4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / перевод с англ. Б.И. Копылова. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002, 832 с.
5. Гудвин Г.К., Греббе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления / перевод с англ. А.М. Епанешникова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004, 911 с.
6. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. Учебное пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1985, 536 с.
7. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1989, 304 с.
8. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. 4-е издание, переработанное и дополненное. СПб.: Изд. «Профессия», 2003, 752 с.
9. Chen C.T. Linear system theory and design. New York: Saunders college publishing, 1984, 334 p.
10. Nise N.S. Control systems engineering. Wiley. 7th Edition. 2015, 919 p.