

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе


Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление: 27.06.01 Управление в технических системах

Направленность (специальность): 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (приборостроение, энергетика, информатика)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Математические методы в системах автоматического управления»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе	6 часов – контактная работа,
	84 часа – самостоятельная работа,
	18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 892, и паспорта специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (приборостроение, энергетика, информатика)» номенклатуры специальностей научных работников утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины состоит в формировании знаний о методах решения задач динамической оптимизации управления техническими системами автоматического управления (САУ).

Задачами дисциплины являются:

- освоение вариационного метода определения оптимального управления техническими системами;
- приобретение навыков решения задач оптимизации САУ с применением принципа максимума Понтрягина и принципа динамического программирования;
- освоение метода оптимизации многошаговых процессов на основе принципа Беллмана.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность к аргументированному представлению научной гипотезы, выделяя при этом правила соблюдения авторских прав, способность отстаивать позиции авторского коллектива с целью соблюдения указанных прав в интересах как творческого коллектива, так и организации в целом (ОПК-1);

- владение научно-предметной областью знаний (ОПК-5);
- способность применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-4);
- способность к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-6);
- способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах (ПК-8).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие **результаты образования:**

знать:

- современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-4);

уметь:

- проводить критический анализ и оценку современных научных достижений, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- аргументировано представлять научную гипотезу, выделяя при этом правила соблюдения авторских прав, способность отстаивать позиции авторского коллектива с целью соблюдения указанных прав в интересах как творческого коллектива, так и организации в целом (ОПК-1);
- выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в технических системах (ПК-8);

владеть:

- научно-предметной областью знаний (ОПК-5);

– навыками организации и проведения экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-6).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Постановка и формализация задач оптимального управления динамическими системами.

Исходные данные для постановки ЗОУ: модель описания динамического объекта в пространстве состояний, граничные условия, ограничения, критерий оптимизации. Классификация задач оптимального управления по способу задания ограничений и виду критерия оптимизации. Примеры постановок ЗОУ.

2. Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления.

Принцип Лагранжа в задачах определения экстремума функций векторного аргумента при наличии ограничений в форме равенств и неравенств. Понятие функционала, его свойства. Первая вариация функционала. Необходимые условия экстремума функционала. Уравнения Эйлера-Лагранжа при наличии интегральных ограничений. Условия трансверсальности в задачах со свободными концами траектории. Каноническая форма уравнений Эйлера-Лагранжа.

3. Принцип максимума в задачах оптимального управления динамическими системами.

Принцип максимума для автономных объектов и задач с закреплёнными концами. Обоснование основных положений принципа максимума на основе вариационного метода. Принцип максимума для задач Больца с интегральными ограничениями. Определение оптимального управления в задачах максимального быстродействия. Теорема об n интервалах. Численные процедуры определения оптимального по быстродействию управления.

4. Метод динамического программирования для непрерывных и дискретных динамических систем.

Принцип оптимальности Беллмана для динамических систем. Решение задач оптимизации для дискретного многошагового процесса. Необходимые условия оптимальности для непрерывных динамических систем. Уравнение Гамильтона-Якоби. Каноническая форма необходимых условий в методе динамического программирования. Примеры решения ЗОУ на основе применения принципа оптимальности.

5. Оптимальное управление при неточной информации о значении переменных состояния.

Оптимальные по быстродействию законы управления для замкнутой системы автоматического регулирования в форме уравнения синтеза по переменным состояниям для класса линейных динамических объектов при наличии погрешности наблюдения. Алгоритмы численного решения уравнений синтеза. Обзор численных методов решения ЗОУ на основе построения инструментальной модели динамической системы и поисковых процедур в пространстве оптимизируемых параметров.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – дифференцированный зачет.

1. Исходные данные для постановки задачи оптимального управления: модель описания динамического объекта в пространстве состояний, граничные условия, ограничения, критерий оптимизации.
2. Классификация задач оптимального управления по способу задания ограничений и виду критерия оптимизации.
3. Примеры постановок задач оптимального управления.
4. Принцип Лагранжа в задачах определения экстремума функций векторного аргумента при наличии ограничений в форме равенств и неравенств.
5. Понятие функционала, его свойства.
6. Первая вариация функционала.
7. Необходимые условия экстремума функционала.

8. Уравнения Эйлера-Лагранжа при наличии интегральных ограничений.
9. Условия трансверсальности в задачах со свободными концами траектории.
10. Каноническая форма уравнений Эйлера-Лагранжа.
11. Принцип максимума для автономных объектов и задач с закреплёнными концами.
12. Обоснование основных положений принципа максимума на основе вариационного метода.
13. Принцип максимума для задач Больца с интегральными ограничениями.
14. Определение оптимального управления в задачах максимального быстрогодействия.
15. Теорема об n интервалах.
16. Численные процедуры определения оптимального по быстродействию управления.
17. Принцип оптимальности Беллмана для динамических систем.
18. Решение задач оптимизации для дискретного многошагового процесса.
19. Необходимые условия оптимальности для непрерывных динамических систем.
20. Уравнение Гамильтона-Якоби.
21. Каноническая форма необходимых условий в методе динамического программирования.
22. Примеры решения задачи оптимального управления на основе применения принципа оптимальности.
23. Оптимальные по быстродействию законы управления для замкнутой системы автоматического регулирования.
24. Алгоритмы численного решения уравнений синтеза.
25. Обзор численных методов решения задач оптимального управления на основе построения инструментальной модели динамической системы и поисковых процедур в пространстве оптимизируемых параметров.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Коломейцева М.Б. Адаптация и оптимизация в системах автоматического управления, М.: Издательский дом МЭИ, 2011.
2. Певзнер Л. Д., Чураков Е.П. Математические основы теории систем: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2009.
3. Пикина Г. А. Адаптивные и оптимальные системы управления. Сборник задач и решений: учебное пособие. – М.: Изд. дом МЭИ, 2012.
4. Советов Б. Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для вузов.– М.: Высшая школа, 2005.
5. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости / С. В. Емельянов, и др.– М.: Физматлит, 2013.
6. Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике: учебник для вузов.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

Дополнительная литература:

7. Рапопорт Э.Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами: Уч. пособие для студ. вузов.– М.: Высшая школа, 2009.
8. Демьянов В.Ф. Условия экстремума и вариационное исчисление.– М.: Высшая школа, 2005.
9. Амосов А. А., Игнатьева Н. У., Перескоков А. В.. Задачи по вариационному исчислению: учебное пособие. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008.
10. Гайдук А. Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход).– М.: Физматлит, 2012.
11. Аттетков, А. В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов.– М.: РИОР: ИНФРА-М, 2013.