



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

«Институт автоматизации и процессов управления


Дальневосточного отделения Российской академии наук»

(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель направления
подготовки аспирантов 27.06.01
«Управление в технических системах»

 А.В. Лебедев

«14»  2014 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научно-
образовательной и инновационной
деятельности, д.ф.-м.н.

 Н.Г. Галкин

«14»  2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Теоретические основы и методы оптимизации

Направление подготовки 27.06.01 – «Управление в технических системах»,

Профиль «Системный анализ, управление и обработка информации»

Образовательная программа «Системный анализ, управление и обработка информации»

Форма подготовки (очная)

Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН (ИАПУ ДВО РАН)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)

курс 2 семестр 4
лекции 36 час. / 1.0 з.е.
практические занятия – 18 час. / 0.5 з.е.
лабораторные работы – нет
всего часов аудиторной нагрузки 54 (час.) / 1.5 з.е.
самостоятельная работа 54 (час.) / 1.5 з.е.
контрольные работы не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет не предусмотрен
экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 892.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК, протокол № 1 от «14»  2014 г.

Заведующий (ая) кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель (ли): д-р тех. наук, зам. директора по научной работе А.В. Лебедев

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Теоретические основы и методы оптимизации» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе Системный анализ, управление и обработка информации и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 27.06.01 Управление в технических системах, учебный план подготовки аспирантов по профилю «Системный анализ, управление и обработка информации».

Цель:

Целью дисциплины является углубленное изучение современной теории экстремальных задач и методов их решения, направленное на развитие навыков анализа и синтеза сложных систем управления на основе принципов оптимальности.

Задачи:

1. Освоение широкого спектра экстремальных задач, используемых в системном анализе и теории автоматического управления.
2. Овладение математическим аппаратом решения экстремальных задач для проведения научных исследований, решения прикладных задач и преподавания цикла профессиональных дисциплин с использованием теории экстремальных задач.
3. Знание основных критериев оптимизации и методов анализа и синтеза оптимальных систем.
4. Понимание основных преимуществ и областей применения различных типов оптимальных систем управления.

Интерактивные формы обучения составляют 24 часа и включают в себя диспуты и проблемные занятия.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины:

Общепрофессиональные компетенции:

- владение научно-предметной областью знаний (ОПК-5),

Профессиональные компетенции:

- способность владеть междисциплинарным подходом как методологической основой построения и исследования методов и средств проектирования систем управления техническими объектами; владеть методами проведения натуральных и модельных экспериментов (ПК-1),

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

- **знать:** научно-предметную область знаний в части управления техническими системами, основные положения междисциплинарного подхода и современные методы проведения натуральных и модельных экспериментов, обработки и интерпретации их результатов.

- **уметь:** использовать методы и технологии управления техническими системами, применять положения междисциплинарного подхода при построении и исследовании методов и средств проектирования систем управления техническими объектами, применять современные методы проведения, обработки и интерпретации результатов натуральных и модельных экспериментов.

**I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
КУРСА (36 ЧАС.)**

МОДУЛЬ 1. Основные понятия теории экстремальных задач. (8 час)

Раздел I. Задачи безусловной и условной оптимизации (4 час.)

Тема 1. Понятие задачи безусловной оптимизации. Необходимые и достаточные условия экстремума в задачах безусловной оптимизации (2 час).

Тема 2. Правило множителей Лагранжа в задачах с ограничениями-равенствами. Теория экстремальных задач с ограничениями типа неравенств (2 час).

Раздел II. Условия экстремальности (4 час.)

Тема 1. Седловые точки функции Лагранжа. Условие Слейтера для задач выпуклой оптимизации. Теорема Милютина-Дубовицкого. Дифференциальные формы условий экстремальности, теорема Куна-Таккера (2 час).

Тема 2. Условия регулярности. Теория чувствительности экстремальных задач, параметрический анализ. Условия экстремальности в задачах невыпуклой и недифференцируемой выпуклой оптимизации (2 час).

МОДУЛЬ 2. Численные методы решения задач безусловной оптимизации. (10 час)

Раздел I. Методы первого и второго порядка (6 час.)

Тема 1. Методы одномерной минимизации: метод дихотомии, поиск Фибоначчи (2 час).

Тема 2. Методы первого порядка для решения задач безусловной оптимизации. Градиентные методы. Скорость сходимости градиентного метода. Правило Армихо (2 час).

Тема 3. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его вариации. Метод Ньютона для решения систем уравнений. Метод Ньютона для решения экстремальных задач. Метод Ньютона с регулировкой шага. Метод доверительных областей (2 час).

Раздел II. Метод сопряженных градиентов и квазиньютоновские методы (4 час.)

Тема 1. Метод сопряженных градиентов и направлений: системы сопряженных векторов, метод сопряженных градиентов. Пример использования метода сопряженных градиентов. Варианты метода сопряженных градиентов (2 час).

Тема 2. Квазиньютоновские методы: одноранговая коррекция, двуранговая коррекция, методы Бroyденoвского типа (2 час).

Диспут: Существуют различные численные методы решения задач безусловной оптимизации; каковы критерии выбора метода решения конкретной задачи?

МОДУЛЬ 3. Теория и численные методы решения условных экстремальных задач. (10 часов)

Раздел I. Основы численных методов решения условных экстремальных задач (6 час.)

Тема 1. Методы штрафных и барьерных функций. Точные штрафные функции (2 час).

Тема 2. Методы прямого учета ограничений. Метод условного градиента. Метод возможных направлений. Метод проекций градиента (2 час).

Тема 3. Метод модифицированной функции Лагранжа. Метод линеаризации (2 час).

Диспут: Существуют различные численные методы решения условных экстремальных задач; какой метод выбрать при решении конкретной задачи?

Раздел II. Двойственные алгоритмы (4 час.)

Тема 1. Двойственные алгоритмы. Сопряженные функции и двойственность. Монотропическая оптимизация (2 час).

Тема 2. Квадратичное программирование с двойственной точки зрения (2 час).

МОДУЛЬ 4. Методы синтеза оптимальных систем (8 час.)

Раздел I. Принцип максимума Понтрягина (4 час)

Тема 1. Основная теорема принципа максимума (2 час).

Модифицированная постановка задачи оптимального управления. Ограничения на управление. Основная теорема принципа максимума для

функционала общего вида. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию. Оптимальное по быстродействию управление стационарным линейным объектом. Теорема об n -интервалах. Управление линейным объектом, оптимальное по расходу топлива.

Тема 2. Принцип максимума в теории оптимальных систем (2 час).

Синтез оптимальных по квадратичному критерию систем управления. Нестационарный объект управления. Матричное дифференциальное уравнение Риккати. Стационарный объект управления. Матричное алгебраическое уравнение Риккати. Матричное уравнение и структурная схема оптимального регулятора.

Раздел II. Метод динамического программирования (4 час)

Тема 1. Принцип оптимальности Беллмана (2 час).

Многошаговый процесс. Оптимальная стратегия. Обобщенная формулировка принципа оптимальности. Принцип оптимальности в задаче управления непрерывными системами. Общий вид уравнения Беллмана. Уравнение Беллмана для стационарной задачи. Уравнение Беллмана для задачи оптимальности по быстродействию.

Тема 2. Применение принципа оптимальности Беллмана для синтеза оптимальных линейных регуляторов (2 час).

Синтез оптимального управления для нестационарной линейной системы. Уравнение Беллмана при использовании квадратичного критерия. Оптимальное управление для стационарной линейной системы.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

КУРСА (18 час.)

Практические занятия

Занятие 1. Необходимые и достаточные условия экстремума (4 час.)

1. Необходимые и достаточные условия экстремума в задачах безусловной оптимизации.

2. Необходимые и достаточные условия экстремума в задачах условной оптимизации.

Занятие 2. Применение принципа максимума для решения задач синтеза оптимальных систем управления. **(8 час.)**

1. Синтез оптимальной по быстродействию системы на основе принципа максимума.
2. Синтез оптимальной по расходу топлива системы на основе принципа максимума.
3. Синтез оптимальной по квадратичному критерию системы на основе принципа максимума.

Проблемные вопросы. Какие типы задач оптимального управления решаются с помощью принципа максимума? Каковы сходные черты и особенности постановки и решения каждого типа задач?

Занятие 3. Применение принципа оптимальности Беллмана для решения задач оптимального управления. **(6 час.)**

1. Составление и решение уравнений Беллмана для нелинейных объектов второго порядка.
2. Синтез оптимального линейного регулятора на основе принципа оптимальности для нестационарной системы.
3. Синтез оптимального линейного регулятора на основе принципа оптимальности для стационарной системы.

Проблемные вопросы. Как принцип оптимальности Беллмана интерпретируется применительно к решению задач оптимального управления динамическими объектами? Каким образом принцип оптимальности используется при синтезе оптимальных регуляторов для линейных систем?

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Необходимые и достаточные условия экстремума в задачах безусловной оптимизации. Правило множителей Лагранжа в задачах с ограничениями-равенствами. Теория экстремальных задач с ограничениями типа неравенств.

2. Седловые точки функции Лагранжа. Условие Слейтера для задач выпуклой оптимизации. Теорема Милютина-Дубовицкого. Дифференциальные формы условий экстремальности, теорема Куна-Таккера.

3. Условия регулярности. Теория чувствительности экстремальных задач, параметрический анализ. Условия экстремальности в задачах невыпуклой и недифференцируемой выпуклой оптимизации.

4. Методы одномерной минимизации: метод дихотомии, поиск Фибоначчи.

5. Методы первого порядка для решения задач безусловной оптимизации. Градиентные методы. Скорость сходимости градиентного метода. Правило Армихо.

6. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его вариации. Метод Ньютона для решения систем уравнений. Метод Ньютона для решения экстремальных задач. Метод Ньютона с регулировкой шага. Метод доверительных областей.

7. Метод сопряженных градиентов и направлений: системы сопряженных векторов, метод сопряженных градиентов. Пример использования метода сопряженных градиентов. Варианты метода сопряженных градиентов.

8. Квазиньютоновские методы: одноранговая коррекция, двуранговая коррекция, методы Бroyденoвского типа.

9. Методы штрафных и барьерных функций. Точные штрафные функции.

10. Методы прямого учета ограничений. Метод условного градиента. Метод возможных направлений. Метод проекций градиента.

11. Метод модифицированной функции Лагранжа.
12. Метод линеаризации.
13. Двойственные алгоритмы. Сопряженные функции и двойственность.
14. Монотропическая оптимизация.
15. Квадратичное программирование с двойственной точки зрения.
16. Основная теорема принципа максимума Понтрягина.
17. Оптимальное по быстродействию управление стационарным линейным объектом. Теорема об n -интервалах.
18. Управление линейным объектом, оптимальное по расходу топлива.
19. Синтез оптимальных по квадратичному критерию систем управления. Матричное уравнение Риккати. Матричное уравнение и структурная схема оптимального регулятора.
20. Принцип оптимальности Беллмана. Общий вид уравнения Беллмана. Уравнение Беллмана для стационарной задачи. Уравнение Беллмана для задачи оптимальности по быстродействию.
21. Применение принципа оптимальности Беллмана для синтеза оптимальных линейных регуляторов.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. – М.: Наука, 1982. – 432 с.
2. Бертсекас Д. Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа. – М.: Радио и связь, 1987. – 398 с.
3. Пантелеев А.В. Методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пантелеев А.В., Летова Т.А.— Электрон. текстовые

данные.— М.: Логос, 2011.— 424 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9093>.

4. Кочегурова Е.А. Теория и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кочегурова Е.А.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2013.— 134 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34723>.

5. Гирсанов И.В. Лекции по математической теории экстремальных задач [Электронный ресурс]/ Гирсанов И.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2003.— 119 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17630>.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

6. Иванов В.А., Фалдин Н.В. Теория оптимальных систем автоматического управления / Под ред. Е.П. Попова.— М.: Наука, 1981.—331 с.

7. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. — М.: Машиностроение, 1968. — 764 с.

8. Моклячук М.П. Вариационное исчисление. Экстремальные задачи [Электронный ресурс]: учебник/ Моклячук М.П.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2006.— 428 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16495>.

9. Алексеев В.М. Оптимальное управление [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 408 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12964>.

10. Алексеев В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев В.М., Галеев Э.М.,

Тихомиров В.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 403 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17427>.

11. Срочко В.А. Итерационные методы решения задач оптимального управления [Электронный ресурс]/ Срочко В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24534>.

12. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 367 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17283>.

13. Островский Г.М. Технические системы в условиях неопределенности. Анализ гибкости и оптимизация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Островский Г.М., Волин Ю.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.— 319 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6510>.

14. Измаилов А.Ф. Численные методы оптимизации [Электронный ресурс]/ Измаилов А.Ф., Солодов М.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.— 321 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25191>.

15. Громов Ю.Ю., Земской Н.А., Лагутин А.В., Иванова О.Г., Тютюнник В.М. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами: Учебное пособие. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2007. – 153 с. <http://window.edu.ru/resource/880/56880>.

16. Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации: учебное пособие / В.И. Рейзлин; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 105 с. <http://window.edu.ru/resource/650/75650>.