

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 09 » сентября 2017 г.



Программа аспирантуры

Направление: 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника

Направленность (специальность): 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (энергетика, машиностроение)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Методы оптимизации в управлении»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

Всего: 72 часа

Семестр 5, в том числе

6 часов – контактная работа,
48 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 875, и паспорта специальности 05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям), номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование у обучаемого знаний и умений находить оптимальное решение разнообразных проектных, конструкторских и технологических задач.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с принципиальными отличиями современной теории оптимизации;
- освоение методов описания динамических систем в пространстве состояний;
- изучение методов синтеза оптимальных алгоритмов управления во временной области;
- изучение методов синтеза адаптивных систем регулирования.

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

- способность разрабатывать на научной основе автоматизированные технологии и производства и системы управления технологическими процессами в энергетике (ПК-2);
- способность исследовать, проектировать, алгоритмизировать, оптимизировать и моделировать функционирование систем автоматического управления технологическими процессами и производствами (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Знать:

- постановки оптимизационных задач в технике и технологиях (ПК-2);
- методы конечномерной оптимизации (ПК-3);
- постановки вариационных задач технологических процессов (ПК-3).

Уметь:

- формулировать задачи оптимизации технологических систем (ПК-3);

- осуществлять численное решение оптимизационных задач, анализировать методы и результаты приближённого решения вариационных задач (ПК-2).

Владеть:

- методами анализа физической реализуемости решения оптимизационных задач (ПК-2);
- способами преобразования вариационных задач в конечномерные (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в теорию оптимизации

Статическая и динамическая оптимизация. Основные отличительные особенности теории оптимального управления. Постановка задачи оптимального управления. Критерии оптимальности. Методы описания и решения. Виды ограничений.

Описание систем в пространстве состояний

Описание систем в пространстве состояний. Формы переменных состояния: нормальная, каноническая, простых множителей. Методы решения систем дифференциальных уравнений. Переходная матрица состояний. Определение переходной матрицы с помощью теоремы Кели-Гамильтона, преобразования подобия и преобразования Лапласа. Передаточные матрицы переменных состояния. Сопряженные уравнения. Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем. Теоремы Калмана об управляемости и наблюдаемости.

Статическая оптимизация

Статическая оптимизация. Методы поиска безусловного экстремума критерия оптимальности. Необходимые и достаточные условия минимума. Критерий Сильвестра. Методы условной оптимизации при наличии автономных ограничений-неравенств и ограничений типа связей. Многокритериальная оптимизация. Множество Парето. Схемы компромиссов.

Вариационные методы динамической оптимизации

Динамическая оптимизация. Вариационный метод безусловной оптимизации. Необходимые и достаточные условия минимума функционала. Уравнение Эйлера. Условия трансверсальности. Условия Лежандра слабого локального минимума и Вейерштрасса сильного локального минимума. Обобщение задачи безусловной оптимизации на случай многих переменных. Вариационный метод условной оптимизации с автономными ограничениями и ограничениями в виде алгебраических, дифференциальных и интегральных связей. Уравнения Эйлера-Лагранжа.

Применение методов вариационного исчисления к задачам оптимального управления. Линейное оптимальное управление. Условия слабого и сильного локального минимума. Задача Майера управления конечным состоянием. Оптимальное управление с обобщенным показателем качества. Задача Больца.

Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления

Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления. Функция Гамильтона. Необходимые условия оптимальности в форме Понтрягина. Максимальные по быстродействию системы управления. Определение стратегии и алгоритма оптимального управления. Влияние возмущений и неточности задания параметров объекта на качество и устойчивость систем максимального быстродействия.

Метод динамического программирования в задачах управления

Метод динамического программирования в задачах управления. Принцип оптимальности. Функция минимальной ошибки. Функциональное и дифференциальное уравнения Беллмана. Уравнение Гамильтона-Якоби. Уравнение управления. Синтез оптимальных алгоритмов управления методом динамического программирования. Взаимосвязь уравнений Эйлера-Лагранжа, Понтрягина и Гамильтона-Якоби-Беллмана. Матричное уравнение Риккати линейного оптимального управления и его решение. Применение метода динамического программирования к задачам Майера и Больца.

Беспоисковые системы адаптации

Неполнота априорной информации о математических моделях объектов, нестабильность характеристик объектов управления.

Адаптивные системы управления с моделью объекта. Беспоисковые системы адаптации с эталонной моделью объекта. Анализ работоспособности методов адаптации с моделью объекта, оцениваемой по данным нормальной эксплуатации.

Поисковые системы адаптации

Поисковые системы адаптации по прямым показателям качества. Статистическая оценка сходимости поисковых алгоритмов параметрической оптимизации.

Поисковые системы адаптации с прогнозирующей моделью объекта. Косвенные неэкстремальные критерии оптимальности. Поисковая процедура определения оптимальных параметров настройки регуляторов по косвенным неэкстремальным критериям.

Поисковые методы адаптации по переходным характеристикам системы регулирования. Формализованные и экспертные алгоритмы. Поисковые методы адаптации по частотным характеристикам системы, уточняемым в процессе поиска. Статистическая обработка результатов шагов адаптации. Поисковые автоколебательные алгоритмы адаптации.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Описание систем в пространстве состояний.
2. Методы решения систем дифференциальных уравнений.

3. Методы статической оптимизации.
4. Вариационные методы динамической оптимизации.
5. Принцип максимума Понтрягина в задачах оптимального управления.
6. Динамическое программирование в задачах оптимального управления.

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

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Аракелян Э.К., Пикина Г.А. Оптимизация и оптимальное управление: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ. 2008. 410 с.
2. Оптимальное управление / Э. М. Галеев, и др. ; Ред. Н. П. Осмоловский, В. М. Тихомиров . – М. : МЦНМО, 2008 . – 320 с. - ISBN 978-5-940573-67-8 .

Дополнительная литература:

3. Условная оптимизация: Методы и задачи / Ю. Н. Софиева, А. М. Цирлин . – М. : Эдиториал УРСС, 2003 . – 144 с. - ISBN 5-354-00378-4 .
4. Численные методы оптимизации / А. Ф. Измаилов, М. В. Солодов . – М. : Физматлит, 2003 . – 304 с. - ISBN 5-922100-45-9

Лицензионное программное обеспечение: MathCAD.