

Министерство образования и науки Кыргызской Республики

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Кыргызско-Российский Славянский университет имени Б.Н. Ельцина



СИЛЛАБУС

по дисциплине

«Теория оптимального управления с сосредоточенными параметрами»

Направление подготовки: **510200 Прикладная математика и информатика**

Профиль: **Теоретическая и прикладная математика, информационные технологии**

Квалификация: **Доктор философии (PhD)/ доктор по профилю**

СИЛЛАБУС

по учебной дисциплине: Б1.В.ДВ.02.01 «**Теория оптимального управления с сосредоточенными параметрами**» для обучающихся в базовой докторантуре (PhD)

направления: 510200 Прикладная математика и информатика

профиля: «Теоретическая и прикладная математика, информационные технологии»

Учебный год:	2022-2023	
Форма обучения:	очное	заочное
Семестр.	3 семестр	
Всего кредитов/часов:	6 з.е/ 216 час	
Лекции:	20 час	
Практические:	10 час	
Самостоятельная работа обучающихся	185,8	
Количество модулей	6	
Отчетность:	Зачет с оценкой	

Силлабус разработан Керимбековым Акылбеком

Рассмотрен на заседании кафедры ПМиИ

Протокол № 12 от 10.06.2022 г.

1. Общие сведения о преподавателе и дисциплине

Керимбеков Акылбек: доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики и информатики.

Контактная информация: ak17@rambler.ru

2. Задачами учебной дисциплины являются:

ознакомить основными методами: принцип максимума и метод динамического программирования для систем, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, и научить их применять

эти методы при исследовании вопросов разрешимости задач оптимизации систем с сосредоточенными параметрами и решении прикладных задач.

3. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Входными знаниями докторанта являются знания, полученные в рамках программ высшего образования («Методы оптимизации», «Оптимальное управление», «Методы решения задач программного управления», «Методы решения задач синтеза»).

4. Предшествующие дисциплины

Дисциплины, изучаемые в рамках программ специалитета и магистратуры («Дифференциальные уравнения в частных производных», «Теория оптимального управления с распределенными параметрами», Научно-исследовательская деятельность)

5. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате обучения докторант должен:

Знать:

понятие оптимального управления с сосредоточенными параметрами, приемы формулирования краевых задач, общую теорию линейных и нелинейных задач оптимального управления

Уметь:

определять возможности применения теоретических положений и методов для постановки и решения конкретных прикладных задач; уметь определять тип и находить решение основных типов систем

Владеть:

стандартными методами и их применением к решению прикладных задач

6. Темы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела и	Количество учебных кредитов/часов
------------------------	-----------------------------------

темы	Всего кредито в /часов	В том числе по видам аудиторных занятий				Самостоя- тельная работа
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Семинарские занятия	
Раздел 1. Метод принципа максимума Л.С.Понтрягина	3	10	6			80
Общая постановка задачи оптимального управления. Пространство допустимых управлений. Пространство фазовых состояний (траекторий) управляемого объекта. Пространство граничных состояний. Критерий качества и целевая функция. Функция Лагранжа задачи оптимизации. Эвристический прием вывода принципа максимума, как необходимое условие оптимальности. Краевая задача принципа максимума и вопросы её разрешимости		4	2	-		25
Формулировка принципа максимума для отдельных задач и обсуждение его на примерах.		2	2			25
Задача о быстродействии для линейных управляемых систем и теорема о числе переключений управления. Оптимальные линейные системы с квадратичным критерием качества.		4	2			30
Раздел 2. Метод динамического программирования Р.Беллмана	2	6	2			61

Постановка задачи синтеза и принцип оптимальности Р. Беллмана. Задача с фиксированным временем и свободным концом траекторий. Вывод уравнения Беллмана и вопросы разрешимости задачи Коши-Беллмана. Оптимальный синтез линейных систем с квадратичным критерием качества. Задача с закрепленным концом траектории и свободным временем.		2	1			30
Вывод уравнения Беллмана и вопросы разрешимости задачи Коши-Беллмана. Оптимальный синтез в задаче о быстродействии. Достаточные условия оптимальности и функция Кротова.		4	1			31
Раздел 3. Обсуждение методов решения задач оптимального управления и их связей	1	2	2			44.8
Связь принципа максимума Л.С.Понтрягина с классическим вариационным исчислением. Связь метода динамического программирования Р.Беллмана с классическим вариационным исчислением. Связь принципа Л.С.Понтрягина с методом динамического программирования.		2	2			44.8
всего	6	20	10			185.8

Вопросы практических занятий:

1. Определить критерия качества и целевой функции.
2. Составлять функцию Лагранжа задачи оптимизации.
3. Применять эвристического приема вывода принципа максимума
4. Решить краевую задачу принципа максимума.
5. Применять формулировки принципа максимума для отдельных задач и обсуждение его на примерах.
6. Решить задачу о быстродействия для линейных управляемых систем.
7. Решить задачу с фиксированным временем и свободным концом траекторий.
8. Решить задачу с закрепленным концом траектории и свободным временем.
9. Применять метода функции Кротова.
10. Применять связь принципа максимума Л.С.Понтрягина с классическим вариационным исчислением.
11. Применять связь метода динамического программирования Р.Беллмана с классическим вариационным исчислением.
12. Применять связь принципа Л.С.Понтрягина с методом динамического программирования

Задания для самостоятельной работы

1. Решить задачу о быстродействия для нелинейных управляемых систем.
2. Решить задачу с фиксированным временем и свободным концом траекторий.
3. Решить задачу с закрепленным концом траектории и свободным временем.
4. Применять метода функции Кротова.
5. Применять связь принципа максимума Л.С.Понтрягина с классическим вариационным исчислением.
6. Применять связь метода динамического программирования Р.Беллмана с классическим вариационным исчислением.
7. Применять связь принципа Л.С.Понтрягина с методом динамического

программирования

7. Программа промежуточной (итоговой) аттестации

Контрольные вопросы и задания

1. Общая постановка задачи оптимального управления.
2. Пространство допустимых управлений.
3. Пространство фазовых состояний (траекторий) управляемого объекта.
Простран
4. Критерий качества и целевая функция.
5. Функция Лагранжа задачи оптимизации.
6. Эвристический прием вывода принципа максимума, как необходимое условие.
7. Краевая задача принципа максимума и вопросы её разрешимости.
8. Формулировка принципа максимума для отдельных задач и обсуждение его.
9. Задача о быстродействии для линейных управляемых систем
10. Оптимальные линейные системы с квадратичным критерием качества.
11. Постановка задачи синтеза и принцип оптимальности Р. Беллмана.
12. Задача с фиксированным временем и свободным концом траекторий.
13. Оптимальный синтез линейных систем с квадратичным критерием качества.
14. Задача с закрепленным концом траектории и свободным временем.
15. Вывод уравнения Беллмана и вопросы разрешимости задачи Коши-Беллмана.
16. Оптимальный синтез в задаче о быстродействии.
17. Достаточные условия оптимальности и функция Кротова.
18. Связь принципа максимума Л.С.Понтрягина с классическим вариационным исчислением.
19. Связь метода динамического программирования Р.Беллмана с классическим вариационным исчислением.

20. Связь принципа Л.С.Понтрягина с методом динамического программирования.

Темы рефератов

1. Управляемые линейные системы и их фазовые траектории.
2. Решения задачи о быстродействии и их фазовые траектории.
3. Краевая задача принципа максимума и вопросы её разрешимости.
4. Формулировка принципа максимума для отдельных задач и обсуждение его на примерах.
5. Задача о быстродействии для линейных управляемых систем.
6. Оптимальные линейные системы с квадратичным критерием качества.
7. Постановка задачи синтеза и принцип оптимальности Р. Беллмана.
8. Задача с фиксированным временем и свободным концом траекторий.
9. Вывод уравнения Беллмана и вопросы разрешимости задачи Коши-Беллмана.
10. Оптимальный синтез линейных систем с квадратичным критерием качества.
11. Задача с закрепленным концом траектории и свободным временем.
12. Оптимальный синтез в задаче о быстродействии.
13. Метод функции Кротова.
14. Связь принципа максимума Л.С.Понтрягина с классическим вариационным исчислением.
15. Связь метода динамического программирования Р.Беллмана с классическим вариационным исчислением.
16. Связь принципа Л.С.Понтрягина с методом динамического программирования.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Балашова Е.А. Оптимальное управление в технических системах.

Практикум: учебное пособие Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий 2017. – 15 экземпляров;

2. Болодурина И.П. Теория оптимального управления: учебное пособие Оренбург: Оренбургский Государственный университет, ЭБС АСВ 2016. – 15 экземпляров;

3. Громов Ю.Ю. и др. 3. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами: Учебник Тамбов: Тамбовский Государственный технический университет, ЭБС АСВ 2012. - 15 экземпляров;

4. Н.П. Деменков Вычислительные аспекты решения задач оптимального управления: учебное пособие М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана 2007 - 15 экземпляров.

Широкое использование компьютерной техники и систем связи для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации – чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- и аудио- материалов (через Интернет), виртуальных лабораторий, практикумов.

Эти технологии используются в учебном процессе. Наличие мультимедийного оборудования позволяет проводить:

1. Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины.
2. Консультирование посредством электронной почты.
3. Использование слайд-презентаций при проведении научно-практических занятий.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций и т.д.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Предусматриваются также встречи с ведущими российскими и кыргызскими учеными, проведение мастер-классов экспертов, научные консультации специалистов.

Информационное обеспечение дисциплины:

1. <http://www.rsl.ru> - Российская государственная библиотека
2. <http://www.lib.msu.su> - Научная библиотека МГУ им. М. В. Ломоносова
3. <http://www.lib.pu.ru/rus/catalogs/index.jsp> - Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета
4. <http://www.inion.ru/product/db2htm> - Институт научной информации по общественным наукам Российской Академии Наук (ИНИОН РАН)

9. Глоссарий

Вычислительные (численные) методы — методы решения математических задач в численном виде. Представление как исходных данных в задаче, так и её решения — в виде числа или набора чисел. Многие численные методы являются частью библиотек математических программ.

Гиперболические уравнения — класс дифференциальных уравнений в частных производных. Характеризуются тем, что задача Коши с начальными данными, заданными на нехарактеристической поверхности, однозначно разрешима.

Дифференциальное уравнение — уравнение, в которое входят производные функции, и может входить сама функция, независимая переменная и параметры. Порядок входящих в уравнение производных может быть различен (формально он ничем не ограничен). Производные, функции, независимые переменные и параметры могут входить в уравнение в различных комбинациях или могут отсутствовать вовсе, кроме хотя бы одной производной. Не любое уравнение, содержащее производные неизвестной функции, является дифференциальным уравнением

Дифференциальное уравнение — уравнение, в которое входят производные функции, и может входить сама функция, независимая переменная и параметры

Задача Дирихле — вид задач, появляющийся при решении дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Названа в честь Иоганна Дирихле

Задача Коши — одна из основных задач теории дифференциальных уравнений (обыкновенных и с частными производными); состоит в нахождении решения (интеграла) дифференциального уравнения, удовлетворяющего так называемым начальным условиям

Интерполяция, интерполирование (от лат. *inter-polis* — «разглаженный, подновлённый, обновлённый; преобразованный») — в вычислительной математике способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений. Термин «интерполяция» впервые употребил Джон Валлис в своём трактате «Арифметика бесконечных»

Корень уравнения — это такое значение буквы (переменной), при подстановке которого уравнение обращается в верное числовое равенство

Краевая задача (граничная задача) — задача о нахождении решения заданного дифференциального уравнения (системы дифференциальных уравнений), удовлетворяющего краевым (граничным) условиям в концах интервала или на границе области

Линейное уравнение — это алгебраическое уравнение, у которого полная степень составляющих его многочленов равна 1

Обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ) — дифференциальное уравнение для функции от одной переменной. (Этим оно отличается от уравнения в частных производных, где неизвестная — функция нескольких переменных.)

Остаточный член — разность между заданной функцией и функцией её аппроксимирующей. Тем самым оценка остаточного члена является оценкой точности рассматриваемой аппроксимации. Этот термин применяется, например, в формуле ряда Тейлора

Параболические уравнения — класс дифференциальных уравнений в частных производных. Один из видов уравнений, описывающих нестационарные процессы

Решение уравнения — это задача по нахождению таких значений аргументов (чисел, функций, наборов и т. д.), при которых выполняется равенство (выражения слева и справа от знака равенства становятся эквивалентными)

Система называется совокупность связанных объектов. Эта связь в основном будет определяться дифференциальными уравнениями

Состоянием системы называется совокупность ее параметров, однозначно определяющих поведение системы при заданном внешнем возмущении

Система с сосредоточенными параметрами - система, состояние которой характеризуется конечным числом параметров

Система линейных алгебраических уравнений (линейная система, также употребляются аббревиатуры СЛАУ, СЛУ) — система уравнений, каждое уравнение в которой является линейным — алгебраическим уравнением первой степени

Собственный вектор — понятие в линейной алгебре, определяемое для произвольного линейного оператора как ненулевой вектор, применение к которому оператора даёт коллинеарный вектор — тот же вектор, умноженный на некоторое скалярное значение

Дифференциал функции – это произведение ее производной на дифференциал аргумента.

Дифференциальное исчисление – раздел математического анализа, в котором изучаются свойства и способы вычисления производных и дифференциалов, их применение к исследованию функции.

Дифференцирование – операция, состоящая в вычислении производных и дифференциалов от любой дифференцируемой функции.

Интегрирование – процесс нахождения первообразной функции по данному дифференциалу.