

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 распределенными 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.02.02 «Теория оптимального управления с распределенными 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 с распределенными параметрами, разработанными проф. А.И. Егоровым и др., и научить их применять эти методы при исследовании вопросов разрешимости задач

оптимизации систем с распределенными 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 («Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Дифференциальные уравнения в частных производных», «Теория оптимального управления с сосредоточенными параметрами», научно-исследовательская деятельность)

5. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате обучения докторант должен:

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

стандартными методами теории оптимального управления и их применением к решению прикладных задач

6. Темы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела и темы	Количество учебных кредитов/часов					Самостоятельная работа
	Всего кредитов в /часов	В том числе по видам аудиторных занятий				
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Семинарские занятия	
Раздел 1. Классическое и обобщенное решение краевых задач	2	4	2			60
Постановка краевых задач для управляемых процессов. Методы решения краевых задач. Классическое и обобщенное решение краевых задач.		2	1	-		30
Классическое и обобщенное решение краевых задач.		2	1			30
Раздел 2. Постановка задачи программного оптимального управления системами с распределенными параметрами. Интегральное уравнение оптимального управления	2	10	6			75
Постановка линейно – квадратичной задачи оптимизации для управляемых процессов. Строгая выпуклость квадратичного функционала. Принцип максимума как необходимое и достаточное условие оптимальности. Интегральное уравнение оптимального управления.		2	2			25
Исследование вопроса однозначной разрешимости интегрального уравнения в Гильбертовом пространстве. Построение оптимального		4	2			25

управления и оптимальной траектории. Вычисление минимального значения функционала						
Интегральное уравнение оптимального управления. Исследование вопроса однозначной разрешимости интегрального уравнения в Гильбертовом пространстве. Построение оптимального управления и оптимальной траектории. Вычисление минимального значения функционала		4	2			25
Раздел 3. Решение задачи программного оптимального управления системами с распределенными параметрами. Приближенное решение задачи оптимизации и их сходимости	2	6	2			50.8
Построение оптимального управления и оптимальной траектории. Вычисление минимального значения функционала		2	1			25
Приближенное решение интегрального уравнения. Приближенное решение краевой задачи. Вычисление приближенного значения квадратичного функционала. Приближенное решение задачи оптимизации и его сходимости к точному решению		4	1			25,8
всего	6	20	10			185.8

Вопросы практических занятий:

1. Применять методы решения краевых задач.

2. Находить классического и обобщенного решений краевых задач.
3. Применять принципа максимума как необходимое и достаточное условие оптимальности.
4. Находить интегрального уравнения оптимального управления.
5. Исследовать вопроса однозначной разрешимости интегрального уравнения в Гильбертовом пространстве.
6. Построить оптимального управления и оптимальной траектории.
7. Вычислить минимального значения функционала.
8. Находить приближенного решения интегрального уравнения.
9. Находить приближенного решения краевой задачи.
10. Находить приближенного решения задачи оптимизации и его сходимость к точному решению.

Задания для самостоятельной работы

1. Постановка краевых задач для управляемых процессов.
2. Методы решения краевых задач.
3. Классическое и обобщенное решения краевых задач.
4. Постановка линейно – квадратичной задачи оптимизации для управляемых процессов.
5. Строгая выпуклость квадратичного функционала.
6. Принцип максимума как необходимое и достаточное условие оптимальности.
7. Интегральное уравнение оптимального управления.
8. Исследование вопроса однозначной разрешимости интегрального уравнения в Гильбертовом пространстве.
9. Построение оптимального управления и оптимальной траектории.
10. Вычисление минимального значения функционала.
11. Приближенное решение интегрального уравнения.
12. Приближенное решение краевой задачи.
13. Вычисление приближенного значения квадратичного функционала.

14. Приближенное решение задачи оптимизации и его сходимость к точному решению.

7. Программа промежуточной (итоговой) аттестации

Контрольные вопросы и задания

1. Постановка краевых задач для управляемых процессов.
2. Методы решения краевых задач.
3. Классическое и обобщенное решения краевых задач.
4. Постановка линейно – квадратичной задачи оптимизации для управляемых процессов.
5. Строгая выпуклость квадратичного функционала.
6. Принцип максимума как необходимое и достаточное условие оптимальности.
7. Интегральное уравнение оптимального управления.
8. Исследование вопроса однозначной разрешимости интегрального уравнения в Гильбертовом пространстве.
9. Построение оптимального управления и оптимальной траектории.
10. Вычисление минимального значения функционала.
11. Приближенное решение интегрального уравнения.
12. Приближенное решение краевой задачи.
13. Вычисление приближенного значения квадратичного функционала.
14. Приближенное решение задачи оптимизации и его сходимость к точному решению

Темы рефератов

1. Краевые задачи для управляемых процессов.
2. Методы решения краевых задач.
3. Классическое и обобщенное решения краевых задач.
4. Постановка линейно – квадратичной задачи оптимизации для управляемых процессов.
5. Строгая выпуклость квадратичного функционала.

6. Принцип максимума как необходимое и достаточное условие оптимальности.
7. Интегральное уравнение оптимального управления.
8. Исследование вопроса однозначной разрешимости интегрального уравнения в Гильбертовом пространстве.
9. Построение оптимального управления и оптимальной траектории.
10. Вычисление минимального значения функционала.
11. Приближенное решение интегрального уравнения.
12. Приближенное решение краевой задачи.
13. Вычисление приближенного значения квадратичного функционала.
14. Приближенное решение задачи оптимизации и его сходимость к точному решению.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Керимбеков А. Нелинейное оптимальное управление колебаниями в линиях передач: Монография Бишкек.: Изд-во КРСУ 2008. – 15 экземпляров;
2. Керимбеков А., Асанова Ж.К. Точечное подвижное нелинейное оптимальное управление процессом теплопередачи – 15 экземпляров;
3. Будаг Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике: Учебное пособие М.: ФИЗМАТЛИТ 2004.- 15 экземпляров;
4. Болодурина И.П. Теория оптимального управления: учебное пособие Оренбург: Оренбургский Государственный университет, ЭБС АСВ 2016 - 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 компетентностного 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 не характеристической 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 с распределенными параметрами - система, состояние которой определяется набором функций или бесконечным набором числовых 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.