**Казахский национальный университет им. аль-Фараби**

**Механико-математический факультет**

**«KZOU 6307» - «Краевые задачи оптимального управления»**

**Силлабус**

**осенний семестр, 2018-2019 учебный год**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код дисциплины** | **Название дисциплины** | **Тип** | **Кол-во часов в неделю** | | | | **Кол-во кредитов** | | **ECTS** |
| **Лек** | **Сем** | | **Лаб** |
| **KZOU 6307** | **Краевые задачи оптимального управления** | ИОТ | 2 | 1 | | 0 | 3 | | 5 |
| **Лектор** | Айсагалиев Серикбай Абдигалиевич, д.т..н., профессор | | | | **Офис-часы**  СРМП / СРМ | | | По расписанию | |
| **e-mail** | – | | | |
| **Телефоны** | +77055756509 | | | | **Аудитория** | | | 307 (Мехмат) | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Академическая презентация курса | В курсе рассматриваются градиенты функционалов, определенных на множестве решений обыкновенных дифференциальных уравнений, параболического уравнения, гиперболического уравнения. Множество решений порождено управляющими воздействиями из заданных множеств и гильбертовых пространств. Приведены алгоритмы определения градиентов для соответствующих функционалов, условия Липшица для градиентов функционалов, а также условия оптимальности для различных задач оптимального управления (лекция 11 – 15). Изложены методы минимизации функционалов в банаховом пространстве: градиентный метод, метод проекции градиента, метод условного градиента, метод сопряженных направлений, метод Ньютона, метод штрафных функционалов. Приведены алгоритмы и основные теоремы о минимизирующих последовательностях и оценки их сходимости, примеры (лекция 16 – 20). Посвящена проблеме управляемости динамических систем и линейным интегральным уравнениям. Решения ряда краевых задач управляемости и оптимального управления, классических краевых задач, задачи на собственные значения и предельных циклов могут быть сведены к решению интегральных уравнений. Получены необходимые и достаточные условия существования решения линейных интегральных уравнений. Найдены общие решения линейных интегральных уравнений. Результаты данной главы являются основой для решения краевых задач оптимального управления (лекция 21 – 25). Изложены методы решения задачи оптимального быстродействия линейных и нелинейных систем при наличии фазовых и интегральных ограничений, а также ограничения на значения управления. Предлагается принцип погружения, который позволяет свести исходную задачу оптимального быстродействия к специфической задаче оптимального управления процессов со свободными правыми концами траектории. Получены необходимое и достаточное условия разрешимости задачи быстродействия и разработан конструктивный метод построения решения задачи оптимального быстродействия (лекция 26 – 30). Приведены решения краевых задач оптимального управления линейных систем с линейными и квадратичными функционалами, а также нелинейных систем, когда имеются фазовые, интегральные ограничения и ограничения на значения управления с функционалом общего вида. Решены следующие три задачи: существования решения, построения допустимого управления, построения оптимального решения путем сужения области допустимого управления (лекция 31 – 36).  **Цель курса:** Ознакомление слушателей с нерешенными проблемами математической теории управления по следующим направлениям: по интегральным уравнениям, управляемости и быстродействия процессов, по теории экстремальных задач, конструктивной теорией краевых задач, устойчивости решения уравнений с дифференциальными включениями, а также с результатами новых фундаментальных исследований по указанным выше направлениям. |
| Пререквизиты и постреквезиты | Дифференциальные уравнения; Теория устойчивости движения; Теория матриц |
| **Литература и ресурсы** | 1. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин СВ. Оптимальное управление. - М.: Наука, 1979. 2. Айсагалиев С.А. Краевые задачи оптимального управления. -Алматы: Изд-во КазГУ, 1999. 3. Айсагалиев С.А. Методы решения краевых задач. - Алматы: Изд-во КазГУ, 2002. 4. Айсагалиев С.А., Айсагалиева С.С. Лекции по методам оптимизации. - Алматы: Ғылым, 1996. 5. *Aisagaliev S.A., Zhunussova Zh.Kh.* Mathematical programming textbook. – Almaty: Kazakh University, 2012. – 208 p. 6. *Aisagaliev S.A., Zhunussova Zh.Kh.* Optimal control. Учебное пособие. Утерждено Секцией РУМС и РИСО КазНУ имени аль-Фараби. -Алматы, Қазақ университеті, 2014. – 200 с. 7. *Айсағалиев С.Ә., Қабидолданова Ә.А.* Тиімді басқару дәрістері. – Алматы: Қазақ университеті, 2014. – 226 б. 8. *Айсагалиев С.А.* Теория устойчивости динамических систем. – Алматы: Қазақ университеті, 2012. – 216с. 9. *Айсагалиев С.А., Кабидолданова А.А.* Оптимальное управление динамических систем. – Palmarium Academic Publishing (Verlag, Germany), 2012. – 288 с. 10. *Айсагалиев С.А.* «Теория управляемости динамических систем» – Алматы: Қазақ университеті, 2014 (объем 10 п.л.) 11. *Айсагалиев С.А.* «Конструктивная теория краевых задач обыкновенных дифференциальных уравнений» – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 207 с. 12. Айсагалиев С.А. Проблемы качественный теории дифференциальных уравнений. – Алматы: Қазақ университеті. 2016.-397с. 13. *Айсагалиев С.А.* Лекции по качеcтвенной теории дифференциальных уравнений. – Алматы, Қазақ университеті, 2018. – 201 с. 14. *Aisagaliev S.A.* Lectures on the qualitative theory of differential equations. – Almaty, Qazaq Universiteti, 2018. – 196 p. |
| Академическая политика курса в контексте университетских морально-этических ценностей | Согласно Академической политике университета все виды работ необходимо выполнять и защищать в указанные сроки. Студенты, не сдавшие очередное задание или получившие за его выполнение менее 50% баллов, имеют возможность отработать указанное задание по дополнительному графику. Студенты, пропустившие занятия по уважительной причине, отрабатывают их в дополнительное время, после допуска преподавателя. Студенты, не выполнившие все виды работ, к экзамену не допускаются. Кроме того, при оценке учитывается активность и посещаемость студентов во время занятий.  будьте толерантны, уважайте чужое мнение. Возражения формулируйте в корректной форме. Плагиат и другие формы нечестной работы недопустимы. Недопустимы подсказывание и списывание во время сдачи СРС, промежуточного контроля и итогового экзамена, копирование решенных задач другими лицами, сдача экзамена за другого студента. Студент, уличенный в фальсификации любой информации курса, несанкционированном доступе в «Univer», пользовании шпаргалками, получит итоговую оценку «F».  За консультациями по выполнению самостоятельных работ (СРС), их сдачей и защитой, а также за дополнительной информацией по пройденному материалу и всеми другими возникающими вопросами по читаемому курсу обращайтесь к преподавателю в период его офис-часов. Участие студента в дискуссиях и упражнениях на занятиях будут учтены в его общей оценке за дисциплину. Конструктивные вопросы, диалог, и обратная связь на предмет вопроса дисциплины приветствуются и поощряются во время занятий, и преподаватель при выводе итоговой оценки будет принимать во внимание участие каждого студента на занятии. |
| Политика оценивания и аттестации | Учебные достижения обучaющихся по всем видaм учебных зaдa­ний оце­нивaют­ся по бaлльно-рейт­ин­го­вой бук­вен­ной сис­те­ме оцен­кизнa­ний. Ито­говaя оценкa подс­чи­тывaет­ся толь­ко в случaе, ес­ли обучaющий­ся имеет по­ло­жи­тель­ные оцен­ки, кaк по ру­беж­но­му, тaк и ито­го­во­му конт­ро­лю. Соглaсно Прaвилaм по­ве­де­ния нa экзaме­не обучaющий­ся, нaру­шив­ший прaвилa по­ве­де­ния нa экзaме­не (ис­поль­зовa­ние шпaргaлок, со­то­вых те­ле­фо­нов, опоздa­ние без увaжи­тель­ной при­чи­ны), удaляет­ся с экзaменa, ему выстaвляет­ся оценкa «F», и он пов­тор­но изучaет дaнную дис­цип­ли­ну нa плaтной ос­но­ве. *Более под­роб­нее см. Академическую политику КазНУ им. аль-Фараби, §9, 8, 13, 14, 37, 40, 43, 44, 45.*  Итоговая оценка будет рассчитываться по следующей формуле:  Ниже приведены минимальные оценки в процентах:  95% - 100%: А 90% - 94%: А-  85% - 89%: В+ 80% - 84%: В 75% - 79%: В-  70% - 74%: С+ 65% - 69%: С 60% - 64%: С-  55% - 59%: D+ 50% - 54%: D- 0% -49%: F |

**Календарь (график) реализации содержания учебного курса:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Неделя** | **Название темы** | **Количество часов** | **Максимальный балл** |
| **Модуль 1. Градиент функционала. Условия оптимальности** | | | |
| 1 | **Лекция (Л)** Постановка задачи. Основные определения. Допустимое управление. Оптимальное управление. Нижняя грань. Минимизирующая последовательность. | 2 | 1 |
| **Практ. занятия (ПЗ)** Сходимость к множеству. Глобальный минимум. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Задачи оптимального управления космическими аппаратами, ядерными и химическими реакторами, электроэнергетическими робототехническими системами. | 1 | 5 |
| 2 | **Л.** Теорема Вейерштрасса в банаховом пространстве. Бикомпактные множества. Выпуклые множества и выпуклые функционалы. Выпуклая оболочка. Теоремы о выпуклых множествах. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Достижение нижней грани. Полунепрерывность снизу. Слабая полунепрерывность снизу функционалов. Выпуклые функционалы. Критерий выпуклости гладких функционалов. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Слабо бикомпактные множества в задачах оптимального управления. Примеры. |  | 5 |
| 3 | **Л.** Градиент функционала на множестве решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Доказательство теоремы. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Доказательство теоремы. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Решение примера. | 1 | 5 |
| 4 | **Л.** Условие Липшица для градиента функционала. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Условия оптимальности. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Доказательство теоремы. Решение примера. | 1 | 5 |
| 5 | **Л.** Линейные системы. Дискретные системы. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Градиент функционала. Условия оптимальности. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Доказательство теоремы. Решение примера. | 1 | 5 |
| 6 | **Л.** Градиентный метод. Алгоритм. Сходимость. Минимизирующая последовательность. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Оценка скорости сходимости. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Доказательство теоремы. Решение примера. | 1 | 7 |
| 7 | **Л.** Метод проекции градиента. Алгоритм. Сходимость. Минимизирующая последовательность. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Оценка скорости сходимости. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Доказательство теоремы. Решение примера. | 1 | 6 |
|  | **Коллоквиум** |  | **20** |
|  | **Рубежный контроль 1** |  | **100** |
|  | **Midterm Exam** |  | **100** |
| **Модуль 2. Оптимальное быстродействие** | | | |
| 8 | **Лекция (л)** Оптимальное быстродействие линейных систем. Постановка задачи. | 2 | 1 |
| **Практические занятия (П3).** Оптимальное быстродействие линейных систем. Постановка задачи. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Оптимальное быстродействие линейных систем. Интегральное уравнение. | 1 | 5 |
| 9 | **Л.** Оптимальное быстродействие линейных систем. Интегральное уравнение. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Принцип погружения для оптимального быстродействия линейных систем. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Принцип погружения для оптимального быстродействия линейных систем. | 1 | 5 |
| 10 | **Л.** Существования решения для задачи оптимального быстродействия линейных систем. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Существования решения для задачи оптимального быстродействия линейных систем. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Градиент функционала для задачи оптимального быстродействия. | 1 | 5 |
| 11 | **Л.** Градиент функционала для задачи оптимального быстродействия. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Минимизирующие последовательности для ЗОБЛС. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Минимизирующие последовательности для ЗОБЛС. | 1 | 5 |
| 12 | **Л.** Оптимальное быстродействие нелинейных систем. Постановка задачи. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Оптимальное быстродействие нелинейных систем. Постановка задачи. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Принцип погружения для задачи оптимального быстродействия нелинейных систем. | 1 | 5 |
| 13 | **Л.** Принцип погружения для задачи оптимального быстродействия нелинейных систем. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Существования решения для ЗОБНС. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Существования решения для ЗОБНС. | 1 | 5 |
| 14 | **Л.** Градиент функционала для ЗОБНС. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Градиент функционала для ЗОБНС. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Минимизирующие последовательности для ЗОБНС. | 1 | 5 |
| 15 | **Л.** Минимизирующие последовательности для ЗОБНС. | 2 | 1 |
| **ПЗ.** Построение оптимального решения ЗОБНС. | 1 | 5 |
| **СРСП.** Построение оптимального решения ЗОБНС. | 1 | 5 |
|  | **Контрольная работа** |  | **12** |
|  | **Рубежный контроль 1** |  | **100** |
|  | **Экзамен** |  | **100** |
|  | **Итого** |  | **100** |

**Декан факультета Жакебаев Д.Б**

**Председатель методбюро Кушербаева У.**

**Заведующий кафедрой Х.Хомпыш**

**Лектор С.А. Айсагалиев**