

Программа учебной дисциплины «Современные методы теории управления»

Утверждена

Академическим советом ООП

Протокол № 5 от «30» мая 2017г.

Автор	Афанасьев Валерий Николаевич, д.т.н., профессор yafanasiev@hse.ru
Число кредитов	4
Контактная работа (час.)	30
Самостоятельная работа (час.)	72
Курс	1
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целью освоения дисциплины "Управление динамическими системами" является формирование устойчивых знаний по теории математического конструирования непрерывных и дискретных систем управления, развития умений применения аналитических методов для исследования разнообразных задач оптимального управления. Для усвоения изучаемого материала достаточно сведений из математического анализа, алгебры, теории случайных процессов, теории систем.

Для достижения сформулированной цели выделяются следующие задачи дисциплины (в детерминированной и стохастической постановках):

усвоение студентами основных понятий теории оптимального управления;

- усвоение студентами методов постановки задач оптимального управления;
- усвоение студентами основных понятий теории оптимального управления;
- усвоение студентами классического аппарата вариационного исчисления в применении к синтезу оптимального управления в отсутствие ограничений на управляющие воздействия;
- усвоение студентами принципа максимума (минимума) Л.С. Понтрягина;
- усвоение студентами метода динамического программирования Р. Беллмана;
- усвоение методов теории дифференциальных игр;
- усвоение методов построения оптимальных оценок в задачах с неполной информацией о состоянии объектов;
- получение практических навыков моделирования оптимальных систем управления с использованием пакета MATLAB.

Знать:

- Методы формирования задачи оптимального управления разнообразными системами (объекты физического мира, экономические, биолого-медицинские);

- Методы синтеза оптимальных систем управления;
- Методы математического моделирования синтезированных оптимальных систем с использованием современных компьютерных программ.

Уметь:

- Формализовать задачи синтеза систем управления с использованием современного математического аппарата;
- Выбирать среду для моделирования конкретных задач управления;

Владеть навыками:

- Синтеза оптимального управления с использованием компьютерных средств;
- Умение работать в среде MATLAB и пакетов расширения среды MATLAB - ControlSystemToolbox и Simulink для моделирования и синтеза систем управления.

Настоящая дисциплина относится к циклу специальных дисциплин.

Настоящая дисциплина относится к математическому и естественнонаучному циклу дисциплин, обеспечивающих подготовку магистра.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Математический анализ.
- Теория функций комплексного переменного.
- Линейная алгебра и геометрия.
- Теория случайных функций.
- Функциональный анализ.
- Методы вариационного исчисления.
- Теория управления.

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

знание основ физики, математического анализа и теории обыкновенных дифференциальных уравнений, умение дифференцировать и интегрировать функции нескольких переменных, решать простейшие дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, разлагать функции в ряды Фурье, быть способным применять упомянутые знания и умения для анализа и синтеза динамических систем управления.

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Динамические системы и их структурные свойства.

- 1.1. Постановка задачи.
- 1.2. Наблюдаемость.
- 1.3. Управляемость.
- 1.4. Устойчивость.

Тема 2. Необходимые условия в задачах конструирования программных движений

- 2.1. Постановка задачи.
- 2.2. Задача со свободным правым концом и заданным временем окончания

переходного процесса.

2.3. Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в заданный момент окончания переходного процесса.

2.4. Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в неопределенный момент окончания переходного процесса.

2.5. Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния во внутренних точках траектории.

2.6. Задачи оптимизации при наличии ограничений на траекторию

2.7. Таблица результатов и некоторые замечания.

Тема 3. Принцип максимума Л.С. Понтрягина

3.1. Постановка задачи.

3.2. Задача со свободным правым концом и заданным временем окончания переходного процесса.

3.3. Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в заданный момент окончания переходного процесса.

3.4. Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в неопределенный момент окончания переходного процесса.

3.5. Задача об оптимальном быстродействии.

3.6. Задача на оптимум расхода ресурсов.

3.7. Некоторые замечания по принципу максимума.

Тема 4. Достаточные условия в задачах конструирования программных движений.

4.1. Постановка задачи.

4.2. Переход к открытой области изменений управления.

4.3. Управление с обратной связью в задаче с заданным временем окончания переходного процесса.

4.4. Достаточные условия локального минимума при заданном времени окончания переходного процесса.

4.5. Достаточные условия локального минимума при незаданном времени окончания переходного процесса.

4.6. Уравнение для функционала качества.

4.7. Обсуждение вариационного метода.

Тема 5. Оптимальное управление линейными объектами

5.1. Постановка задачи.

5.2. Задача со свободным правым концом и заданным временем окончания переходного процесса.

5.3. Задача о регуляторе выхода.

5.4. Задача слежения.

5.5. Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в заданный момент окончания переходного процесса.

5.6. Задача об оптимальном быстродействии при ограничениях на управляющие воздействия.

5.7. Задача стабилизации при неполной информации о состоянии объекта.

Тема 6. Дифференциальные игры

6.1. Постановка задачи.

6.2. Линейные игры преследования с квадратичным функционалом.

6.3. Задача на минимум времени перехвата с ограничениями на управления.

6.4. Общие замечания к теории дифференциальных игр.

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Текущая аттестация проводится еженедельно на практических занятиях. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Преподаватель оценивает работу студентов на лекциях и практических занятиях: активность при ответе на вопросы преподавателя, правильность выполнения заданий на лабораторных работах. Оценки за работу на лекциях и практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на лекционных и практических занятиях определяется перед промежуточным или итоговым контролем - *О_{аудиторная}*.

Преподаватель оценивает самостоятельную работу студентов: правильность выполнения домашних работ. Оценки за самостоятельную работу студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за

самостоятельную работу определяется перед промежуточным или итоговым контролем – $O_{\text{сам. работа}}$.

Преподаватель оценивает выполнение контрольных работ по 10-ти бальной шкале – $O_{\text{контр. раб.}}$.

Накопленная оценка за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$O_{\text{текущий}} = O_{\text{к/р}} ;$$

Способ округления накопленной оценки текущего контроля: в пользу студента.

Результирующая оценка за итоговый контроль в форме экзамена выставляется по следующей формуле, где $O_{\text{экз}}$ – оценка за работу непосредственно на экзамене:

$$O_{\text{итоговый}} = 0,5 \cdot O_{\text{экз}} + 0,2 \cdot O_{\text{сам. работа}} + 0,1 \cdot O_{\text{аудиторная}} + 0,2 O_{\text{лаб. раб.}}$$

Способ округления накопленной оценки итогового контроля в форме экзамена: в пользу студента.

На пересдаче студенту не предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль.

На экзамене студент может получить дополнительную практическую задачу, которая оценивается в 1 балл. Таким образом, результирующая оценка за итоговый контроль в форме экзамена, получаемая на пересдаче, выставляется по формуле:

$$O_{\text{итоговый}} = (0,5 \cdot O_{\text{экз}} + 0,2 \cdot O_{\text{сам. работа}} + 0,1 \cdot O_{\text{аудиторная}} + 0,2 O_{\text{лаб. раб.}}) + O_{\text{доп. вопрос}}$$

В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

$$O_{\text{дисциплина}} = O_{\text{итоговый}}$$

Способ округления результирующей оценки по учебной дисциплине: в пользу студента.

В диплом ставится оценка за итоговый контроль, которая является результирующей оценкой по учебной дисциплине.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

- 1) Определение динамических конечномерных непрерывных систем.
Структурные свойства.
- 2) Необходимые условия в задачах конструирования программных движений
Задача со свободным правым концом и заданным временем окончания переходного процесса.
- 3) Необходимые условия в задачах конструирования программных движений

- Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в заданный момент окончания переходного процесса.
- 4) Необходимые условия в задачах конструирования программных движений
Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в неопределенный момент окончания переходного процесса.
 - 5) Принцип максимума Л.С. Понтрягина
Задача со свободным правым концом и заданным временем окончания переходного процесса.
 - 6) Принцип максимума Л.С. Понтрягина
Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в заданный момент окончания переходного процесса.
 - 7) Принцип максимума Л.С. Понтрягина
Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в неопределенный момент окончания переходного процесса.
 - 8) Принцип максимума Л.С. Понтрягина
Задача об оптимальном быстродействии.
 - 9) Принцип максимума Л.С. Понтрягина
Задача на оптимум расхода ресурсов.
 - 10) Достаточные условия в задачах конструирования программных движений
Переход к открытой области изменений управления.
 - 11) Достаточные условия в задачах конструирования программных движений
Управление с обратной связью в задаче с заданным временем окончания переходного процесса.
 - 12) Достаточные условия в задачах конструирования программных движений
Уравнение для функционала качества.
 - 13) Оптимальное управление линейными объектами
Задача со свободным правым концом и заданным временем окончания переходного процесса.
 - 14) Оптимальное управление линейными объектами
Задача о регуляторе выхода.
 - 15) Оптимальное управление линейными объектами
Задача слежения.
 - 16) Оптимальное управление линейными объектами
Задача с фиксированными значениями некоторых переменных состояния в заданный момент окончания переходного процесса.
 - 17) Оптимальное управление линейными объектами
Задача об оптимальном быстродействии при ограничениях на управляющие воздействия.

- 18) Особые решения в задачах оптимального управления
Линейные динамические системы с квадратичным критерием качества.
- 19) Дифференциальные игры
Постановка задачи.
- 20) Дифференциальные игры
Дифференциальная игра как проблема оптимального управления
- 21) Дифференциальные игры
Линейные игры преследования с квадратичным функционалом.
- 22) Дифференциальные игры
Линейные игры по охране цели.

V. РЕСУРСЫ

1. Основная литература

1. Афанасьев В. Н., Математическая теория конструирования систем управления : Учебник для вузов, Высш. шк., 2003
2. Афанасьев В. Н., Аналитическое конструирование детерминированных непрерывных систем управления : учеб. пособие, МИЭМ, 2003
3. Афанасьев В. Н., Аналитическое конструирование непрерывных систем управления : учебное пособие, Изд-во РУДН, 2005

2. Дополнительная литература

1. Ванько В. И., Вариационное исчисление и оптимальное управление : Учебник для вузов, Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001
2. Галеев Э. М., Оптимальное управление, МЦНМО, 2008
3. Алексеев В. М., Оптимальное управление : учебник для вузов, Физматлит, 2005
4. Зеликин М. И., Оптимальное управление и вариационное исчисление, УРСС, 2004

3. Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	MicrosoftWindows 7 Professional RUS MicrosoftWindows 10 MicrosoftWindows 8.1 Professional RUS	<i>Из внутренней сети университета</i>
2.	MathWorks MATLAB	<i>Из внутренней сети университета</i>

4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

Не предусмотрены.

5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

- Дисплейный класс, оборудованный современными персональными компьютерами.
- Интерактивная доска и/или проектор с экраном

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет;
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены персональными компьютерами, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.