



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-образовательной деятельности, ученый секретарь, к.т.н.

С.Б. Змеу
«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
член-корреспондент РАН

Р.В. Ромашко
«29» декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Избранные главы теории автоматического управления

**Группа научных специальностей 2.5. Машиностроение,
научная специальность 2.5.4. «Роботы, мехатроника и робототехнические системы»**

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК) ИАПУ ДВО РАН

курс 2 семестр 4
лекции 18 час. / 0.5 з.е.
практические занятия – 18 час. / 0.5 з.е.
лабораторные работы – нет
всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1.0 з.е.
самостоятельная работа 20 (час.) / 0.56 з.е.
контрольные работы 2
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.
зачет 4 семестр
экзамен _____ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 года № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель (ли): к.т.н. А.А. Кацурин

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Избранные главы теории автоматического управления» предназначена для аспирантов, обучающихся по программе аспирантуре «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» и входит в число дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по группе научных специальностей .5. – «Машиностроение» и научной специальности 2.5.4. «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

Цель: Целью дисциплины является изучение методов и подходов современной теории автоматического управления, необходимых при анализе и синтезе систем управления для сложных динамических объектов.

Задачи:

1. Умение оценивать динамические свойства сложных объектов управления и их компонентов.
2. Умение проводить декомпозицию сложных объектов и устанавливать функциональные связи между компонентами декомпозированной системы.
3. Выявлять источники неопределенностей различной природы, их влияние на результат решения задач управления сложными динамическими объектами.
4. Осуществлять выбор или синтезировать модели (математические или имитационные) сложных динамических объектов в разных формах их представления.

5. Знать классические и современные подходы к решению задач анализа и синтеза систем управления с учетом требований к системе, особенностей ее динамических свойств (характеристик) и условий эксплуатации.

6. Применять информационные технологии и системы на всех этапах анализа и синтеза (реализации) алгоритмов управления.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

- **знать:** научно-предметную область знаний в части управления техническими системами, основные положения междисциплинарного подхода и методы проведения натурных и модельных экспериментов, методы и средства проектирования систем управления техническими объектами, способы учета влияния внешних факторов в процессе разработки методов и средств проектирования, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории и практики управления в технических системах.

- **уметь:** использовать методы и технологии управления техническими системами, применять положения междисциплинарного подхода при построении и исследовании методов и средств проектирования систем управления техническими объектами; проводить натурные и модельные эксперименты, применять на практике знания о методах и средствах проектирования систем управления, формулировать выводы и практические рекомендации на основе проводимых исследований, учитывать влияние внешних факторов в процессе разработки методов и средств проектирования систем управления техническими объектами, использовать и обобщать передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории и практики управления в технических системах.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 ЧАС.)

МОДУЛЬ 1. Модели динамических объектов (6 час.).

Раздел I. Особенности и свойства сложных динамических объектов (3 час.)

Тема 1. Основные особенности и свойства сложных динамических объектов (1 час).

Примеры сложных объектов управления. Технические, человеко-машинные и организационные системы управления. Тенденция их развития и классификация по признакам, связанным с факторами неопределенности и с требованиями к интеллекту. Особенности сложных систем, актуальные проблемы, требующие решения в процессе их построения и эксплуатации. Виды и особенности процессов анализа и синтеза сложных систем управления. Сущность и особенности алгоритмов структурного, функционального, информационного, параметрического анализа и синтеза.

Тема 2. Декомпозиция сложных систем (объектов) (1 час).

Способы декомпозиции сложных динамических объектов. Иерархическая и функциональная декомпозиция сложных динамических объектов, декомпозиция моделей. Общая схема декомпозиции сложных динамических объектов управления. Определение, цель децентрализации и (или) агрегирования.

Тема 3. Построения моделей динамических объектов (1 час).

Этапы построения моделей динамических объектов. Их характеристика. Основные способы представления моделей объектов. Факторы, учитываемые при формировании моделей сложных динамических объектов. Основная схема проверки адекватности моделей.

Раздел II. Нелинейные системы управления и их особенности (3 час.)

Тема 1. Нелинейные системы управления (1 час).

Модели нелинейных систем. Переходные процессы и особенности нелинейной динамики. Задачи и методы исследования систем на фазовой плоскости по особым точкам и по предельным циклам траекторий. Метод гармонической линеаризации.

Тема 2. Устойчивость нелинейных систем (2 час.).

Равновесные состояния и устойчивость. Первый метод Ляпунова. Второй метод Ляпунова. Частичная устойчивость и устойчивость по выходу. Исследование устойчивости методом гармонической линеаризации. Возможности методов компьютерного моделирования и оценки качества нелинейных систем управления.

МОДУЛЬ 2. Адаптивные и оптимальные системы управления. (8 час.)

Раздел I. Робастные системы (3 час.)

Тема 1. Сущность проблемы робастности режимов управления (1 час).

Сущность проблемы робастности режимов управления сложными динамическими системами, критерии робастности. Основная идея обеспечения робастности и особенности постановки задачи синтеза робастных систем управления.

Тема 2. Методы синтеза робастных систем управления (2 час.).

Методы синтеза робастных систем управления. Пример синтеза системы для режимов стабилизации. Идея построения нелинейного робастного регулятора для изменяющихся входных воздействий или возмущений.

Раздел II. Оптимизационный подход к проблемам управления (3 час.)

Тема 1. Оптимальное управление и классические методы оптимизации (1 час)

Задачи оптимального управления. Экстремумы функций. Простейшая задача вариационного исчисления. Задачи на условный экстремум. Теория Гамильтона

Тема 2. Методы оптимального управления (2 час).

Квадратичные функционалы и линейные регуляторы. Принцип максимума. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана.

Раздел III. Адаптивные системы управления (2 час.)

Тема 1. Адаптация как метод устранения неопределенности (1 час).

Адаптация как метод устранения неопределенности в модели объекта или внешней среды и обеспечения заданного качества управления сложными динамическими объектами. Системы управления с явной и неявной эталонной моделью (беспоисковые адаптивные системы). Основные принципы синтеза самонастраивающейся системы с моделью градиентным методом. Пример синтеза системы. Основные принципы синтеза самонастраивающейся системы с моделью прямым методом Ляпунова.

Тема 2. Самонастраивающейся системы (1 час).

Основные принципы синтеза самонастраивающейся системы путем изменения параметров в цепи обратной связи объекта. Пример синтеза системы. Основные понятия о поисковых (с идентификацией) адаптивных системах. Пример системы, анализ структуры и функций элементов. Особенности компьютерной реализации моделей адаптивных систем управления. Самоорганизующиеся оптимальные регуляторы с экстраполяцией.

МОДУЛЬ 3. Интеллектуальные системы управления сложными динамическими объектами (4 час.)

Раздел I. Интеллектуальные системы управления (2 час.)

Тема 1. Принципы организации управления на основе интеллектуальных технологий обработки информации и знаний (1 час).

Понятия об интеллектуальных технологиях управления, определения, концептуальные основы и принципы организации управления на основе интеллектуальных технологий обработки информации и знаний. Принципы управления сложными динамическими объектами на основе технологии экспертных систем. Пример интеллектуальной системы. Принципы управления на основе технологии нечеткой логики. Пример системы. Принципы управления на основе технологии нейросетевых структур.

Тема 2. Принципы управления сложными динамическими объектами на основе технологии ассоциативной памяти. Принципы идентификации

сложных динамических объектов на основе интеллектуальных технологий (1 час).

Принципы управления на основе технологии ассоциативной памяти. Пример интеллектуальной системы. Принципы идентификации сложны на основе интеллектуальных технологий. Программное обеспечение моделирования и проектирования интеллектуальных систем управления. Методические основы его использования.

Раздел II. Задача принятия решения в управлении сложными динамическими объектами (2 час.)

Тема 1. Принципы управления, связанные с законами реального мира (1 час).

Принципы управления, связанные с законами реального мира. Самоорганизация в объектах реального мира. Синергетика и информация. Синергетика и управление, современные задачи и подходы.

Тема 2. Средства поддержки принятия решения (1 час).

Средства поддержки принятия решения. Факторы, влияющие на выбор решения: постановка задачи; область использования решений; степень неопределенности цели управления, модели объекта управления и внешней среды. Одно- и многокритериальные процедуры выбора оптимальных решений.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 час.)

Практические занятия

Занятие 1. Декомпозиция сложных динамических объектов. (1 час.)

Решается несколько инженерных задач, в которых требуется осуществить декомпозицию сложных динамических объектов.

Занятие 2. Исследование устойчивости нелинейных систем управления (2 час.)

Решаются задачи по исследованию устойчивости нелинейных систем управления.

Занятие 3. Синтез оптимальных систем управления. (3 час.)

Проводится синтез оптимальной системы управления для сложного динамического объекта.

Проблемные вопросы. Какие типы задач оптимального управления динамическими объектами существуют? Постановка и особенности вариационной задачи?

Занятие 4. Синтез робастных систем управления. (3 час.)

Осуществляется синтез робастных систем управления для различных сложных динамических объектов (манипуляторы, подводные аппараты).

Занятие 5. Адаптивные системы управления. (2 час.)

Производится синтез адаптивных систем управления для мехатронных объектов.

Занятие 6. Синтез самонастраивающихся систем. (2 час.)

Рассматриваются принципы синтеза различных самонастраивающихся систем для электроприводов многозвенных манипуляторов.

Занятие 7. Принципы управления на основе технологии нечеткой логики. (2 час.)

Производится синтез систем управления на основе нечеткой логики. Для сложных динамических объектов

Занятие 8. Принципы управления на основе технологии нейросетевых структур. (2 час.)

Производится синтез систем управления на основе технологии нейросетевых структур.

Занятие 9. Идентификации сложных динамических объектов на основе интеллектуальных технологий. (2 час.)

Производится идентификация параметров модели подводного аппарата с помощью интеллектуальных технологий.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ ВОПРОСОВ

1. Основные особенности и свойства сложных динамических объектов.
2. Сущность и особенности алгоритмов структурного, функционального, информационного, параметрического анализа и синтеза.
3. Способы декомпозиции сложных динамических объектов. Иерархическая и функциональная декомпозиция сложных динамических объектов, декомпозиция моделей.
4. Общая схема декомпозиции сложных динамических объектов управления.
5. Этапы построения моделей динамических объектов. Их характеристика. Основные способы представления моделей объектов.
6. Нелинейные системы управления и их особенности.
7. Метод гармонической линеаризации.
8. Устойчивость нелинейных систем.
9. Робастные системы.
10. Методы синтеза робастных систем управления.
11. Задачи оптимального управления. Экстремумы функций.
12. Квадратичные функционалы и линейные регуляторы.
13. Принцип максимума.
14. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана.
15. Системы управления с явной и неявной эталонной моделью (беспоисковые адаптивные системы).
16. Основные принципы синтеза самонастраивающейся системы с моделью градиентным методом.
17. Основные принципы синтеза самонастраивающейся системы с моделью прямым методом Ляпунова.
18. Принципы управления сложными динамическими объектами на основе технологии экспертных систем.
19. Принципы управления на основе технологии нечеткой логики.

20. Принципы управления на основе технологии нейросетевых структур.

21. Принципы идентификации сложных динамических объектов на основе интеллектуальных технологий.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5 т., Т.5: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 782 с.

2. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. СПб.: Наука, 1999.

3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Том 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебник [Электронный ресурс] / Ким Д.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 440 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12968>.

4. Цыкунов А.М. Адаптивное и робастное управление динамическими объектами по выходу [Электронный ресурс] / Цыкунов А.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 268 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24393>.

Дополнительная и справочная литература

(печатные и электронные издания)

5. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. - СПб.: Наука, 2000.

6. Туманов М.П. Теория управления. Теория импульсных, дискретных и нелинейных САУ: Учебное пособие. – М.: МГИЭМ., 2005. – 63 с. <http://window.edu.ru/resource/737/24737>.

7. Гайдук А.Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход) [Электронный ресурс] / Гайдук А.Р.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 360 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24518>.

8. Ким Д.П. Алгебраические методы синтеза систем автоматического управления [Электронный ресурс] / Ким Д.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.— 164 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24292>.

9. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости [Электронный ресурс] / А.В. Ильин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.— 200 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24267>.

10. Гибридные адаптивные интеллектуальные системы. Часть 1. Теория и технология разработки [Электронный ресурс]: монография / П.М. Клачек [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011.— 375 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23834>.

11. Цыкунов А.М. Робастное управление с компенсацией возмущений [Электронный ресурс] / Цыкунов А.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 300 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24407>.

12. Елкин В.И. Основы геометрической теории нелинейных управляемых систем [Электронный ресурс] / Елкин В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.— 204 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24309>.

13. Черноусько Ф.Л. Методы управления нелинейными механическими системами [Электронный ресурс] / Черноусько Ф.Л., Ананьевский И.М.,

Решмин С.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.— 327 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24995>.

Лазарева Т.Я., Основы теории автоматического управления. Учебное пособие / Т.Я.Лазарева, Ю.Ф.Мартемьянов - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004. - 352 с.— Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/622/21622>