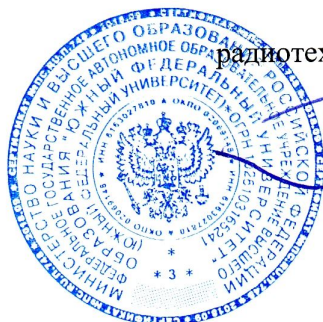


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт радиотехнических систем и управления

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор Института  
радиотехнических систем и управления



/А.С. Болдырев/

« 01 » октября 2019 г.

**Программа вступительных испытаний в аспирантуру  
по специальной дисциплине**

**Направление подготовки**  
15.06.01 «Машиностроение»

**Направленность (профиль):**  
05.02.05 – «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

Уровень высшего образования  
**Подготовка кадров высшей квалификации**

Форма обучения:

**Очная**

Программа утверждена на заседании Ученого совета  
Института радиотехнических систем и управления,  
протокол № 10 от «01» октября 2019г.

## Раздел 1

### Управление роботами и робототехническими системами

#### **Математические модели манипуляторов. Задачи кинематики.**

Классификация задач и способов управления роботами. Виды систем управления роботами. Математическое описание роботов. Функциональные схемы систем управления роботами. Задача планирования движения робота. Планирование движения в манипуляторах и подвижных роботах. Математическое описание манипуляторов с приводами, подвижных роботов, человека-оператора. Моделирование роботов на ЭВМ. Обратная задача кинематики. Постановка задачи. Аналитическое решение ОЗК. Геометрическое решение ОЗК. Численные методы решения ОЗК.

#### **Задачи динамики в управлении роботами.**

Прямая и обратная задачи динамики в системах управления манипуляторами. Динамика роботов. Основные задачи. Уравнения Лагранжа-Эйлера. Пример вывода уравнения Лагранжа. Скорость произвольной точки звена манипулятора. Кинетическая энергия механической системы манипулятора. Определение моментов инерции. Потенциальная энергия манипулятора. Вывод уравнений динамики. Динамическая модель двухзвенника. Пример модели двухзвенника. Упрощение динамических моделей.

#### **Задачи оптимального управления подвижными роботами**

Задачи управления подвижными роботами. Планирование, тактическое управление, локальное управление. Математические модели подвижных объектов. Уравнения твердого тела в трехмерном пространстве. Примеры моделей. Оптимальный подход к синтезу управлений роботами. Критерии оптимальности. Вариационный метод. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности. Уравнение Беллмана в дискретной и непрерывной формах. Примеры. Принцип максимума Понтрягина. Решение оптимальной задачи управления роботом на основе принципа максимума. Задача о быстродействии. Примеры. Связь между принципом максимума и методом динамического программирования. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов. Квадратичные критерии качества. Уравнения экстремалей. Решение задачи АКОР методами классического вариационного исчисления. Решение задачи АКОР на основе принципа максимума. Решение задачи АКОР на основе метода динамического программирования. Примеры.

#### **Адаптивное, робастное и интеллектуальное управление роботами**

Адаптивный подход в теории управления. Обзор адаптивных методов. Характеристика беспойсковых и поисковых методов адаптивного управления. Синтез беспойсковых адаптивных систем управления роботами. Прямое и не прямое адаптивное управление. Оценивание возмущений. Адаптивная система с эталонной моделью. Примеры синтеза для летательных аппаратов. Интеллектуальное управление роботами. Задачи интеллектуального управления. Решение задачи планирования движений на базе нейронных сетей. Нечеткие регуляторы в задачах управления роботами. Математическое описание нечетких систем. Функции принадлежности. Лингвистические переменные. Фаззификация, нечеткий вывод, дефаззификация. Примеры. Робастные подходы к построению управления роботами. Классическое описание робастного регулятора. Параметрическая неопределенность. Робастные методы, обеспечивающие максимальную степень устойчивости. Синтез систем управления подвижными роботами на базе функций Ляпунова. Линейный случай. Уравнение Ляпунова. Нелинейный случай. Синтез

управлений подвижными объектами на базе неклассических функционалов. ФОР. Самоорганизующиеся регуляторы.

### **Позиционно-траекторное управление подвижными объектами**

Метод обратных задач в задаче синтеза регуляторов подвижных объектов. Метод структурного синтеза. Позиционно-траекторное управление подвижными объектами. Планирование траекторий. Синтез регуляторов. Адаптация позиционно-траекторных законов управления. Алгоритмы оценивания. Прямая и непрямая адаптация. Управление подвижными роботами в условиях неопределенных сред. Использование неустойчивых режимов для обхода препятствий. Метод потенциальных полей. Методы реактивной навигации. Системы управления в человеко-машинных системах. Системы командного управления. Системы копирующего управления. Системы управления с задающими органами. Системы супервизорного и интерактивного управления.

### **Основная литература**

1. Робототехника и ГАП. В 9-ти кн. Учеб.пос. для вузов. Под общ.ред. И.М. Макарова.- М.: Высш. шк., 1986.
2. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер с англ. - М.: Мир, 1989.- 624 с.: ил.
3. Тимофеев А. В. Управление роботами: Учебное пособие. - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1986. - 240с.
4. Пшихопов В.Х. Позиционно-траекторное управление подвижными объектами. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009.
5. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю. Управление подвижными объектами в определенных и неопределенных средах. М.: Наука, 2011. 350 с. ISBN 978-5-02-037509-3.
6. Пшихопов В.Х. Математические модели манипуляционных роботов. Учебник. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. 2008.
7. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами. Спб. 2000.

### **Дополнительная литература**

1. Тимофеев А.В. Роботы и искусственный интеллект. -М.: Мир, 1978.- 192 с.
2. Кулаков Ф.М. Супервизорное управление манипуляционными роботами. – М.: Наука, 1980.- 448 с.
3. Системы оцувствления и адаптивные промышленные роботы. Под редакцией Ю. Г. Якушенкова. - М.: Машиностроение, 1990. - 290с.: ил.
4. Сайт кафедры ЭИМ [<http://egf.tti.sfedu.ru/departments/electrotechnology/kits/>]
5. Цифровом Кампусе ЮФУ [<http://incampus.ru/>]
6. Интегрированный информационный комплекс (ИИК) ЮФУ [<http://www.sfedu.ru/>]
7. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю. Управление роботами и робототехническими системами. Часть I. Оптимальное управление роботами: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014 – 46 с. Экз. 50.
8. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Медведева Т.Н. Управление роботами и робототехническими системами. Часть II. Адаптивное управление роботами: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015 – 51 с. Экз. 50.

## Раздел 2

### Теория автоматического управления

#### Линейные САУ

Классификация САУ. Структура САУ. Классификация связей. Задачи анализа и синтеза. Применение операторного метода. Передаточные функции различных объектов. Переходная функция. Типовые звенья. Передаточные функции типовых звеньев. Переходные функции типовых звеньев. Частотные характеристики САУ. АФХ, АЧХ, ФЧХ, комплексный коэффициент передачи, ЛАЧХ. Частотные характеристики типовых звеньев. ЛАЧХ типовых звеньев. Передаточная функция звена второго порядка. Переходная функция звена второго порядка. Частотные и логарифмические характеристики звена второго порядка. Структурные схемы. Соединения типовых звеньев. Преобразование структурных схем. Устойчивость линейных САУ. Виды устойчивости. Устойчивость системы. Математические основы теории устойчивости. Связь между собственными числами и переходным процессом. Теоремы Ляпунова. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Критерий Гурвица. Критерий Рауса. Критерий Найквиста. Критерий Михайлова. Качество САУ. Показатели качества. Передаточная функция по ошибке. Классификация САУ по виду используемой информации и по закону изменения регулируемой величины. Статические и астатические САУ. САУ прямого и непрямого действия. Типовые регуляторы. Методы настройки типовых регуляторов.

#### Пространство состояний

Описание и исследование САУ в пространстве состояний. Уравнения в переменных состояниях. Канонические формы. Связь уравнений в переменных состояниях с передаточными функциями. Построение структурных схем по уравнениям в переменных состояниях. Преобразование уравнений САУ. Управляемость и наблюдаемость САУ. Модальное управление. Наблюдатели состояния. Фильтр Кальмана.

#### Нелинейные и цифровые САУ

Классификация нелинейных САУ. Метод фазового пространства. Метод функций Ляпунова. Исследование устойчивости нелинейных систем по методу первого приближения. Теория абсолютной устойчивости. Метод гармонической линеаризации. Оптимизация САУ при случайных воздействиях. Импульсные и дискретные системы. Виды модуляции. Уравнения импульсных систем. Устойчивость и качество дискретных систем. Условие конечной длительности переходных процессов. Астатизм дискретных систем. Синтез дискретных систем. Цифровой ПИД-регулятор.

#### Основная литература.

Гайдук А.Р. Основы теории систем автоматического управления. Учебное пособие. М.: «Учлитвуз», 2005. Экземпляров 10.

Теория автоматического управления. Учебник. Под редакцией А.А. Воронова. Ч . 1, 2. М.: Высшая школа, 1987. Экземпляров 50.

Гайдук А.Р. Системы автоматического управления. Примеры, анализ и синтез. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2006. Экз. 25.

#### Дополнительная литература.

Гайдук А.Р. Математические основы теории систем автоматического управления. М.: Испо-Сервис, 2002. Экз. 30.

Гайдук А.Р. Пьявченко Т.А. Практикум по теории автоматического управления. Ч. 1. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. Экз. 100.

Гайдук А.Р. Практикум по теории автоматического управления. Ч. 2. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. Экз. 100.

### **Раздел 3**

#### **Адаптивное управление и методы искусственного интеллекта**

##### **Адаптивное управление**

Системы экстремального регулирования с запоминанием экстремума. СЭР шагового типа. Системы экстремального регулирования с измерением производной. Системы экстремального регулирования с вспомогательной модуляцией. Непрерывная СЭР с динамическим преобразователем. Шаговая СЭР с формирующим устройством

Частотный метод идентификации модели «вход-выход». Идентификация объекта с помощью настраиваемой модели. Идентификация объекта с полностью измеряемым вектором состояния. Идентификация с использованием неминимальной реализации неизвестного объекта. Адаптивная система с эталонной моделью с измеряемым вектором состояния. Адаптивная система с эталонной моделью с использованием чистых производных выхода объекта. Адаптивная система с эталонной моделью для объекта, степень числителя ПФ которого на единицу меньше степени знаменателя. Адаптивная система с эталонной моделью для объекта, степень числителя ПФ которого на 2 единицы меньше степени знаменателя.

Корреляционный способ идентификации. Идентификация объекта методом наименьших квадратов. Идентификация с помощью рекуррентного алгоритма метода наименьших квадратов. Оценка параметров СС-модели. Оценка параметров АРСС-модели. Идентификация методом стохастической аппроксимации. Построение нелинейной регрессионной модели. Параметрически адаптивная система с модальным управлением. Параметрически адаптивная система с идентификатором на основе метода наименьших квадратов. Функционально-адаптивная система с алгоритмом компенсационного регулирования и адаптацией при отсутствии внешних возмущений. Функционально-адаптивная система с алгоритмом компенсационного регулирования и адаптацией с учетом внешних возмущений. Адаптивная позиционно-траекторная система с наблюдателями возмущений. Адаптивная позиционно-траекторная система с эталонной моделью.

##### **Методы искусственного интеллекта**

Проблемы искусственного интеллекта; классификация, основные технологии, задачи и применения. Основные принципы синтеза архитектуры нейронных сетей, алгоритмы адаптации и обучения, скорость сходимости процесса обучения, методика её оценки, проблемы обучения. Сети для классификации и кластеризации данных. Сети для распознавания изображений. Сети для аппроксимации многомерных функционалов. Планирование движения с помощью нейронных сетей.

Основные понятия нечеткой логики, операции над нечеткими множествами и отношениями, нечеткие выводы. Область применения нечеткой логики. Основные правила работы с приложением Fuzzy Logic Toolbox, использование данного приложения на примере построения некоторой нечеткой аппроксимирующей системы. Виды неопределенностей. Последовательность шагов нечеткого логического управления.

Применения нечеткой логики при управлении подвижными объектами. Формализация параметров объекта. Формализация поведения подвижного объекта. Модель классификации. Модель вычисления степени истинности нечетких правил вывода. Ситуационная модель. Координация поведения подвижного объекта с помощью нечеткой логики. Задача достижения цели. Общий нечеткий алгоритм управления подвижным объектом.

Генетические алгоритмы: сопоставление со стандартными алгоритмами оптимизации; область применения. Структура генетического алгоритма в приложении Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox. Общие понятия о графах. Алгоритм формирования графа для задачи планирования. Общие понятия из теории генетических алгоритмов. Разработка и исследование генетического алгоритма планирования траектории подвижного объекта. Роевые алгоритмы. Муравьиные алгоритмы.

### **Основная литература.**

Мирошник, Илья Васильевич. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. - 549 с. – ISBN 5-02-024872. 6 экз.

Мирошник, Илья Васильевич. Теория автоматического управления [Текст]: линейные системы / И. В. Мирошник. - СПб. [и др.]: Питер, 2005. - 333 с. Учебное пособие. – ISBN 5469003507. 25 экз.

Дьяконов В.П., Круглов В.В. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Серия «Библиотека профессионала». – М: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 456 с: ил.

Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. — 2-е изд. — М: Физматлит, 2006. — С. 320. — ISBN 5-9221-0510-8.

Родзин С.И. Теория принятия решений: лекция и практикум: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 336 с.

### **Дополнительная литература.**

Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматика и упр. в техн. системах». М.: Высш. шк, 1989. – 263 с.

Либерзон Л.М., Родов А.Б. Системы экстремального регулирования / Под ред. В.В. Казакевича. М.: Энергия, 1965.

Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6/ под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина. – М: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с: ил.

Интеллектуальные системы. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Чернухин Ю.В. Поленов М.Ю. и др. – М: Физматлит, 2011.

Исследование нейроэлементов, нейропроцессоров и нейропроцессорных сетей в среде MATLAB&Simulink. Учебное пособие. Чернухин Ю.В., Бутов П.А., Доленко Ю.С., Булгаков Д.В. 2012.