

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(национальный исследовательский университет)  
( МАИ )  
Факультет «Прикладная математика и физика»**

«Утверждаю»  
Председатель Ученого совета  
факультета № 8  
\_\_\_\_\_ Крылов С.С.  
« 29 » \_\_\_\_\_ февраля 2016 г.

Утверждено Ученым советом  
факультета № 8  
(Протокол №6 от 29.02.2016 г.)

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ**

**ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ  
ПО НАПРАВЛЕННОСТИ:**

**05.13.01 «СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА  
ИНФОРМАЦИИ»**

**по физико-математическим наукам**

2016

## **1. Основные понятия и задачи системного анализа**

Понятия о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития.

Свойства системы: целостность и членимость, связность, структура, организация, интегрированные качества.

Модели систем: статические, динамические, концептуальные, топологические, формализованные (процедуры формализации моделей систем), информационные, логико-лингвистические, семантические, теоретико-множественные и др.

Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные, целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы.

Основные методологические принципы анализа систем. Задачи системного анализа. Роль человека в решении задач системного анализа.

## **2. Модели и методы принятия решений**

Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач.

Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов.

Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический).

Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса—Лапласа, Гермейера, Бернулли—Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса—Лемана и др.

Принятие коллективных решений. Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив.

Игра как модель конфликтной ситуации. Классификация игр. Матричные, кооперативные и дифференциальные игры. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Функция потерь при смешанных стратегиях. Геометрическое представление игры. Нижняя и верхняя цены игр, седловая точка. Принцип минимакса. Решение игр.

## **3. Стохастическое программирование**

Надежность, риск и вероятностные критерии качества функционирования систем. Функции вероятности и квантили.

Свойства вероятностных критериев. Выборочная и ядерная оценка функции вероятности. Выборочные и ядерные оценки функции квантили. Алгоритм стохастической аппроксимации. Чебышевские оценки функции вероятности и квантили. Доверительные оценки квантили. Ядро меры. Верхняя оценка функции квантили.



Методы решения вероятностных задач оптимизации. Метод детерминированного эквивалента. Метод эквивалентных преобразований. Доверительный метод. Квази-градиентные методы. Максимизация функции вероятности. Минимизация функции квантили.

Принцип равномерности Бармиша-Лагоа. Обобщения принципа равномерности. Чувствительность принципа равномерности.

#### **4. Методы оптимизации**

Условия экстремума функций многих переменных. Постановка задач оптимизации. Математические модели задач оптимизации, их классификация. Примеры. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума. Схема исследования функций на безусловный экстремум. Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Ограничения типа равенств, неравенств, смешанные.

Численные методы поиска безусловного экстремума. Принципы построения. Классификация. Методы первого порядка: методы градиентного, градиентного наискорейшего, покоординатного спуска, метод Гаусса-Зейделя, метод Флетчера-Ривса, Дэвидона-Флетчера-Пауэлла. Методы второго порядка: метод Ньютона, модификации метода Ньютона: Ньютона-Рафсона, Марквардта, упрощенный метод Ньютона. Методы нулевого порядка: методы одномерной минимизации (равномерного поиска, деления интервала пополам, дихотомии, золотого сечения, Фибоначчи, квадратичной интерполяции-экстраполяции), методы конфигураций, деформируемого многогранника, случайного поиска, метод Розенброка, сопряженных направлений.

Численные методы поиска условного экстремума. Методы последовательной безусловной минимизации: метод штрафов, барьерных функций, комбинированный метод штрафных функций, метод множителей, метод точных штрафных функций.

Задачи линейного программирования. Постановка задачи линейного программирования. Графическое решение. Симплекс-метод. Применение симплекс-метода для задач с ограничениями типа неравенств. Решения канонической и основной задач. Модифицированный симплекс-метод. Прямая и двойственная задачи линейного программирования.

Целочисленные задачи линейного программирования. Метод Гомори и метод ветвей и границ.

Транспортная задача. Методы нахождения начального плана перевозок. Метод потенциалов. Задачи с нарушенным балансом.

Метаэвристические методы поиска условного глобального экстремума. Генетические методы оптимизации с бинарным и вещественным кодированием. Метод искусственных иммунных систем. Метод рассеивания. Метод муравьиных колоний. Метод частиц в стае. Метод гравитационной кинематики. Метод размножения бактерий. Методы имитации отжига. Метод дифференциальной эволюции. Стохастические адаптивные методы. Мультистартовые методы. Жадные методы глобальной оптимизации. Метод табу-поиска.

Основы вариационного исчисления. Вариационные задачи поиска безусловного экстремума. Метод вариаций в задачах с неподвижными и подвижными границами. Вариационные задачи поиска условного экстремума: с конечными связями, с дифференциальными связями, с интегральными связями.

#### **5. Основы теории управления**

Формы математического описания непрерывных процессов. Основные понятия и определения. Понятие о системе управления. Объект управления. Принцип обратной связи. Примеры систем управления. Функциональные и структурные схемы. Классификация математических моделей систем управления. Задачи проектирования систем управления: анализ, синтез, идентификация. Способы описания детерминированных и случайных про-



цессов во временной области, с помощью интегральных и спектральных преобразований, методы описания многомерных процессов.

Описание линейных непрерывных систем дифференциальными уравнениями. Способы описания одномерных и многомерных линейных нестационарных систем дифференциальными уравнениями. Связи вход-выход при детерминированных и случайных воздействиях. Уравнения элементарных и типовых звеньев. Анализ выходных процессов, устойчивости, управляемости, наблюдаемости.

Описание линейных непрерывных систем переходными функциями. Описание линейных нестационарных и стационарных систем импульсной переходной и единичной переходной функциями. Алгоритмы их получения для звеньев и соединений, а также связи вход-выход при детерминированных и случайных воздействиях. Анализ выходных процессов.

Описание линейных непрерывных систем интегральными преобразованиями. Способы описания линейных стационарных систем с помощью применения преобразований Лапласа и Фурье. Алгоритмы получения передаточных функций и частотных характеристик для звеньев и их соединений, а также связи вход-выход при детерминированных и случайных воздействиях. Анализ выходных процессов. Частотные критерии устойчивости стационарных систем. Анализ чувствительности.

Описание линейных непрерывных систем спектральными преобразованиями. Способы описания линейных нестационарных и стационарных систем с помощью применения спектральных преобразований. Алгоритмы получения нестационарных передаточных функций для звеньев и их соединений, а также связи вход-выход при детерминированных и случайных воздействиях. Анализ выходных процессов.

Описание и анализ линейных дискретных систем с помощью разностных уравнений. Описание сигналов. Описание нестационарных и стационарных систем. Задача анализа выходных процессов. Свободное и вынужденное движения. Одномерные системы. Многомерные системы при детерминированных воздействиях. Анализ выходных процессов. Связи вход-состояние и вход-выход. Анализ устойчивости одномерных и многомерных систем. Анализ выходных процессов линейных дискретных систем при случайных воздействиях.

Описание и анализ линейных дискретных систем с помощью  $Z$  – преобразования. Одномерные и многомерные линейные стационарные системы. Описание сигналов и систем. Анализ выходных процессов.

Описание и анализ нелинейных систем управления. Формы математического описания нелинейных систем при детерминированных и случайных воздействиях. Метод фазовой плоскости, критерии устойчивости систем, метод гармонической и статистической линеаризации. Анализ автоколебаний. Анализ нелинейных систем при случайных воздействиях. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова.

Синтез оптимального управления непрерывными детерминированными системами. Нахождение оптимального программного управления непрерывными детерминированными системами. Принцип максимума. Синтез оптимального управления с полной обратной связью. Уравнение Беллмана. Синтез оптимальных линейных регуляторов. Математическая постановка игровых задач. Уравнение Айзекса.

Синтез оптимального управления непрерывными стохастическими системами. Нахождение оптимального программного управления и управления с полной обратной связью. Стохастический принцип максимума и уравнение Беллмана для стохастических систем. Синтез оптимального управления линейной стохастической системой с квадратичным критерием качества.

Качественные методы синтеза оптимальных детерминированных систем управления. Методология получения необходимых и достаточных условий оптимальности. Непрерывные системы. Принцип максимума в обобщенной форме. Принцип расширения. Достаточные условия оптимальности В.Ф.Кротова и их связь с принципом максимума и



уравнением Беллмана. Дискретные системы. Необходимые и достаточные условия оптимальности. Непрерывно-дискретные системы. Необходимые и достаточные условия оптимальности.

Синтез оптимальных непрерывных систем управления при неполной информации о состоянии. Синтез оптимальных стохастических систем с неполной информацией. Достаточные условия оптимальности. Нахождение оптимальных синтезирующих функций. Стохастический принцип максимума и уравнение Беллмана. Оптимальное в среднем управление пучками траекторий. Оптимальное гарантирующее управление пучками.

Синтез оптимальных детерминированных систем с неполной информацией. Предельные случаи информированности о состоянии: связь с принципом максимума и уравнением Беллмана. Синтез оптимальных регуляторов при неполной информации.

Методы синтеза сложных оптимальных систем. Минимаксный и минимаксно-стохастический методы в теории управления. Задачи с отказами и случайной сменой структуры. Многоэтапные и непрерывно-дискретные системы. Синтез логико-динамических систем управления. Синтез инвариантных систем управления. Алгоритмы синтеза терминальных систем. Обратная задача динамики. Сближение с неподвижной и подвижной фазовой точкой.

Синтез оптимальных детерминированных и стохастических систем с накоплением информации о поведении объекта управления. Структура замкнутой линейной детерминированной непрерывной и дискретной системы с наблюдателем состояния. Синтез наблюдателей полного и низкого порядка. Теорема разделения. Структура оптимальной линейной непрерывной и дискретной стохастической системы.

Нелинейные непрерывные стохастические системы с памятью. Описание систем уравнением Дункана-Мортенсена-Закаи. Алгоритм определения оптимального управления с накоплением информации. Нелинейные дискретные стохастические системы с памятью. Алгоритм определения оптимального управления с накоплением информации.

## **6. Основы теории идентификации**

Статистические оценки параметров распределений. Состоятельность, несмещенность, эффективность статистических оценок. Статистические оценки функции распределения и плотности распределения случайных величин.

Идентификация параметров систем. Идентифицируемость систем. Регрессионные модели систем. Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Метод максимального правдоподобия. Метод моментов. Идентификация параметров модели линейной регрессии.

Распознавание образов. Образ, адаптация, обучение. Задача распознавания образов в стохастической постановке. Адаптивное распознавание образов. Процедура стохастической аппроксимации в задаче адаптивного распознавания образов. Адаптивные стратегии и системы.

Оптимальная фильтрация случайных процессов. Фильтр Винера-Колмогорова. Фильтр Калмана. Фильтр Калмана-Бьюси. Минимаксная фильтрация. Двойственность задачи оптимального управления и оценивания. Адаптивные системы. Адаптивная фильтрация.

## **7. Компьютерные технологии обработки информации**

Определение и общая классификация видов информационных технологий. Модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации с использованием компьютеров.

Программно-технические средства реализации современных офисных технологий. Стандарты пользовательских интерфейсов.



Создание и обработка текстовых файлов и документов с использованием текстовых редакторов и процессоров.

Понятие информационной системы, банки и базы данных. Логическая и физическая организация баз данных. Модели представления данных, архитектура и основные функции СУБД. Распределенные БД.

Принципиальные особенности и сравнительные характеристики файл-серверной, клиент-серверной и интранет технологий распределенной обработки данных.

Реляционный подход к организации БД. Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности.

Принципы функционирования Internet, типовые информационные объекты и ресурсы. Ключевые аспекты WWW-технологии. Адресация в сети Internet. Методы и средства поиска информации в Internet, информационно-поисковые системы. Языки и средства программирования Internet приложений. Язык гипертекстовой разметки HTML, основные конструкции, средства подготовки гипертекста (редакторы и конверторы).

Представление звука и изображения в компьютерных системах.

Основные разделы теории и приложений искусственного интеллекта. Описание и постановка задачи. Задачи в пространстве состояний, в пространстве целей. Классификация задач по степени сложности. Линейные алгоритмы. Полиномиальные алгоритмы. Экспоненциальные алгоритмы.

Виды и уровни знаний. Знания и данные. Факты и правила. Принципы организации знаний. Требования, предъявляемые к системам представления и обработки знаний. Формализмы, основанные на классической и математической логиках. Современные логики. Фреймы. Семантические сети и графы. Назначение и принципы построения экспертных систем. Классификация экспертных систем. Методология разработки экспертных систем. Этапы разработки экспертных систем.

#### Рекомендуемая основная литература


- Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988.
- Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000.
- Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990.
- Рыков А.С. Методы системного анализа: Многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки. М.: Экономика, 1999.
- Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К. Оптимизация в технике. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
- Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002.
- Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи. Управление при неопределенности. М.: Наука, 1997.
- Теория автоматического управления. Ч. 1 и 2 / Под ред. А.А. Воронова. М.: Высшая школа, 1986.
- Попов Е.Н. Теория нелинейных систем автоматического управления. М.: Наука, 1988.
- Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник. В 3-х т. М.: Изд-во МГТУ, 2000.
- Базы данных: Уч. для высших и средних специальных заведений / Под ред. А.Д. Хомоненко. СПб.: Корона принт-2000, 2000.
- Мальшев В.В., Кибзун А.И. Анализ и синтез высокоточного управления летательными аппаратами. М. Машиностроение, 1987.
- Пантелеев А.В., Бортакровский А.С. Теория управления в примерах и задачах.-М.: Высшая школа, 2003.
- Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах.-М.: Высшая школа, 2008.


### Дополнительная литература

- Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
- Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: Наука, 1996.
- Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991.
- Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. М.: Наука, 1985.
- Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем. М.: Наука, 1977.
- Флеминг У., Рипел Р. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами. М.: Мир, 1978.
- Гурман В.И. Принцип расширения в задачах управления.-М.: Наука, 1985.
- Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления.-М.: Наука, 1973.
- Пантелеев А.В. Вариационное исчисление в примерах и задачах.-М.: Высшая школа, 2006.
- Пантелеев А.В. Метаэвристические алгоритмы поиска глобального экстремума.- М.: МАИ-ПРЕСС, 2009.
- Методы описания, анализа, и синтеза нелинейных систем управления / В.В. Семенов, А.В. Пантелеев, Е.А. Руденко, А.С. Бортаковский. М.: Изд-во МАИ, 1993.
- Пантелеев А.В., Семенов В.В. Синтез оптимальных систем управления при неполной информации. М.: Изд-во МАИ, 1992.
- Параев Ю.И. Введение в статистическую динамику процессов управления и фильтрации. М.: Сов.радио, 1976.
- Овсянников Д. А. Математические методы управления пучками. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980.
- Ашепков Л.Т. Оптимальное управление разрывными системами. Новосибирск.: Наука, 1987.
- Фомин Е.Н. Рекуррентное оценивание и адаптивная фильтрация. М., Наука., 1984г..
- Кан Ю.С., Кибзун А.И., Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009г.

Составители:

д.ф.-м.н., проф. Пантелеев А.В.  
д.ф.-м.н., проф. Кибзун А.И.

Заведующий кафедрой 805  
Пантелеев А.В.   
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 2016 г.

Заведующий кафедрой 804  
Кибзун А.И.   
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 2016 г.