

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ



Директор Института компьютерных технологий и информационной безопасности

Г.Е. Веселов

2020 г.

**Программа вступительного экзамена в аспирантуру
по специальной дисциплине**

Направление подготовки

27.06.01 Управление в технических системах

Направленности образовательной программы

Системный анализ, управление и обработка информации (05.13.01)

Управление в социальных и экономических системах (05.13.10)

Уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)

Составители: руководитель направления 27.06.01,
 д.т.н., директор ИКТИБ Веселов Г.Е.;
 к.т.н., зав. кафедрой СиПУ Попов А.Н.;
 к.т.н., доц. каф. СиПУ Кузьменко А.А.

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Вступительный экзамен по направлению «Управление в технических системах» в аспирантуру определяет базовый уровень подготовки абитуриентов в области управления сложными техническими системами с целью обеспечить дальнейшую подготовку высококвалифицированных специалистов в области системного анализа и управления, автоматизации и управления технологическими процессами и производствами знающих современные методы и средства моделирования, проектирования, производства и эксплуатации объектов автоматизации сложных систем, владеющих системной методологией и инструментальным аппаратом прикладных знаний для разработки и реализации современных методов анализа и управления сложными системами физико-технической природы.

Абитуриент должен иметь документ государственного образца о высшем профессиональном образовании – магистра или дипломированного специалиста.

Экзамен проводится в устной форме с использованием дистанционных технологий по билетам. В каждом билете содержится два вопроса:

- один вопрос в соответствии с темами 1–3;
- один вопрос в соответствии с темой 4.

2. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКЗАМЕНА

Тема 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. Управляемость, достижимость, устойчивость. 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.

Тема 2. Модели и методы принятия решений

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

Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов.

Методы формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический). Методы аппроксимации функции полезности. Деревья решений. Методы компенсации. Методы аналитической иерархии. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений. Качественные методы принятия решений (вербальный анализ).

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. Теорема Эрроу и ее анализ. Правила большинства, Кондорсе, Борда. Парадокс Кондорсе. Расстояние в пространстве отношений. Современные концепции группового выбора.

Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Задача оптимизации на нечетком множестве допустимых условий. Задача достижения нечетко определенной цели. Нечеткое математическое программирование с нечетким отображением. Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

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. Доминирующие и полезные стратегии. Нахождение оптимальных стратегий. Сведение игры к задаче линейного программирования.

Тема 3. Оптимизация и математическое программирование

Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного программирования через крайние точки и крайние лучи. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Опорные решения системы линейных уравнений и крайние точки множества допустимых

решений. Сведение задачи линейного программирования к дискретной оптимизации. Симплекс-метод. Многокритериальные задачи линейного программирования.

Двойственные задачи. Критерии оптимальности, доказательство достаточности. Теорема равновесия, ее следствия и применения. Теоремы об альтернативах и лемма Фаркаша в теории линейных неравенств. Геометрическая интерпретация двойственных переменных и доказательство необходимости в основных теоремах теории двойственности. Зависимость оптимальных решений задачи линейного программирования от параметров.

Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Необходимые условия Куна—Таккера. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.

Выпуклые функции и их свойства. Задание выпуклого множества с помощью выпуклых функций. Постановка задачи выпуклого программирования и формы их записи. Простейшие свойства оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение. Теорема Удзавы. Теорема Куна—Таккера и ее геометрическая интерпретация. Основы теории двойственности в выпуклом программировании. Линейное программирование как частный случай выпуклого. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.

Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация производных. Конечно-разностные методы. Методы нулевого порядка. Методы покоординатного спуска, Хука—Дживса, сопряженных направлений. Методы деформируемых конфигураций. Симплексные методы. Комплекс-методы. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска.

Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов. Методы проектирования. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Комбинированный метод проектирования и штрафных функций. Метод зеркальных построений. Метод скользящего допуса.

Задачи стохастического программирования. Стохастические квазиградиентные методы. Прямые и непрямые методы. Метод проектирования стохастических квазиградиентов. Методы конечных разностей в стохастическом программировании. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Прямые методы. Стохастические разностные методы. Методы с усреднением направлений спуска. Специальные приемы регулировки шага.

Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм. Задачи оптимизации на сетях и графах.

Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Основное функциональное уравнение. Вычислительная схема метода динамического программирования.

Тема 4. Современная теория управления

Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

Устойчивость линейных стационарных систем. Критерии Ляпунова, Льенара—Шипара, Гурвица, Михайлова. Устойчивость линейных нестационарных систем. Метод сравнения в теории устойчивости: леммы Гронуолла—Беллмана, Бихари, неравенство Чаплыгина. Устойчивость линейных систем с обратной связью: критерий Найквиста, большой коэффициент усиления.

Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Канонические формы. Линейная стабилизация. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Волновое возмущение. Неволновое возмущение. Метод квазирасщепления. Следящие системы.

Релейная обратная связь: алгебраические и частотные методы исследования.

Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скользящие режимы.

Универсальный регулятор (стабилизатор Нуссбаума).

Абсолютная устойчивость. Геометрические и частотные критерии абсолютной устойчивости. Абсолютная стабилизация. Адаптивные системы стабилизации: метод скоростного градиента, метод целевых неравенств.

Управление в условиях неопределенности. Позитивные динамические системы: основные определения и свойства, стабилизация позитивных систем при неопределенности.

Аналитическое конструирование. Идентификация динамических систем. Экстремальные регуляторы – самооптимизация.

Классификация дискретных систем автоматического управления. Уравнения импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного элемента. Импульсная характеристика приведенной непрерывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций. Дискретные системы. ZET-преобразование решетчатых функций и его свойства.

Нелинейная проблема аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР). Понятие оптимальности. Постулируемые критерии качества. Проблема построения оптимизирующих функционалов. Задачи АКОР Летова—Калмана и А.А. Красовского. Самоорганизующиеся оптимальные системы с экстрополяцией. Многокритериальная оптимизация. Перспективы и трудности развития классической теории АКОР. Проблема синтеза оптимальных законов управления и диссипативность замкнутых систем. Инвариантные многообразия и проблемы теории оптимального управления. Единая концепция теории оптимального управления.

Дифференциаторы выхода динамической системы. Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной связи. Управление системами с последствием.

Классификация оптимальных систем. Задачи оптимизации. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование. Управление сингулярно-возмущенными системами. H_2 - и H_∞ -стабилизация. Minimax -стабилизация. Игровой подход к стабилизации. H_1 -оптимизация управления. Вибрационная стабилизация.

Эвристические методы стабилизации: нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление.

Физические основы синергетической теории управления. Принципы и законы сохранения. Инвариантные множества и аттракторы как цели управления синтезируемой системы. Типовые бифуркации динамических систем. Адиабатическое приближение и параметры порядка систем. Управляющие параметры. Хаос и порядок в системах. Инварианты и законы сохранения систем произвольной природы. Синергетика и проблемы управления. Принцип динамического расширения-сжатия фазового объема синтезируемых систем. Динамическая декомпозиция систем. Принцип эквивалентности (сохранения) управлений.

Расширенная постановка задачи синтеза. Сопровождающие оптимизирующие функционалы. Метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР): скалярное и векторное управления. Синергетический синтез динамических регуляторов с наблюдателями состояния. Синергетический синтез систем адаптивного, терминального и разрывного управлений. Модели и инварианты электромеханических и технологических систем. Синергетический синтез векторных регуляторов ЭМС. Синергетический синтез иерархических многомерных и многосвязных систем управления. Автоколебания нелинейных систем, отображение А. Пуанкаре, функция последования, диаграмма Ламеррея. Орбитальная устойчивость. Теоремы об устойчивости предельных циклов: Андронова—Витта, Кенигса. Существование предельных циклов: теоремы Бендиксона, Дюлока.

3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТВЕТА АБИТУРИЕНТА

Каждый вопрос билета оценивается комиссией отдельно по 100-балльной шкале в соответствии с таблицей:

ОЦЕНКА	КРИТЕРИЙ
0-59 баллов	Абитуриент не понимает смысла задания или не может тезисно раскрыть содержание теоретических вопросов. Отсутствует ответ на билет. Представленный ответ не соответствует вопросу билета.
60-70 баллов	Тезисно может сформулировать основное содержание теоретических вопросов. Материал излагается поверхностно. Допускает ошибки в изложении теории, метода, закона.
71-84 балла	Неполно изложены некоторые аспекты теоретических вопросов. Абитуриент иллюстрирует ответ конкретными

	практическими примерами. Абитуриент знает и умело использует научную терминологию и демонстрирует логически правильное изложение ответов на вопросы экзаменационного билета. В целом имеется системное представление об обсуждаемой проблеме.
85-100 баллов	Абитуриент точно использует научную терминологию и демонстрирует стилистически грамотное, логически правильное изложение ответов на вопросы экзаменационного билета. Теоретические вопросы раскрыты полно. Абитуриент показал эрудицию по проблеме.

Итоговый рейтинг рассчитывается по следующему соотношению:

$$R_{\Sigma} = 0,5 \cdot R_1 + 0,5 \cdot R_2,$$

где R_{Σ} – итоговый рейтинг в баллах; R_1 – рейтинг первого вопроса в баллах; R_2 – рейтинг второго вопроса в баллах.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988.
2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000.
3. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990.
4. Рыков А.С. Методы системного анализа: Многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки. М.: Экономика, 1999.
5. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсел К. Оптимизация в технике. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
6. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002.
7. Волкова В.Н. Денисов А.А. Основы теории систем. С.-Пб: Издательство СПбГТУ, 2004.
8. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 2004. – 365 с.: ил.
9. Современная прикладная теория управления. Ч.І. «Оптимизационный подход в теории управления» // Под редакцией А.А. Колесникова. –Москва–Таганрог, ФЦ «Интеграция», 2000.
10. Современная прикладная теория управления. Ч.ІІ. «Синергетический подход в теории управления» // Под редакцией А.А. Колесникова. –Москва–Таганрог, ФЦ «Интеграция», 2000.
11. Современная прикладная теория управления. Ч.ІІІ. «Новые классы регуляторов технических систем» // Под редакцией А.А. Колесникова. –Москва–Таганрог, ФЦ «Интеграция», 2000.
12. Колесников А.А. Прикладная синергетика: основы системного синтеза. –Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007.
13. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. –М.: УРСС, 2011.
14. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. –М.: Наука, 1985.
15. Алексеев А.А., Имаев Д.Х., Кузьмин Н.Н., Яковлев В.Б. Теория управления. –СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999.
16. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. – СПб.: Наука, 1999.
17. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. – М.: Энергоатомиздат, 1994.
18. Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю., Антонов В.Н. Нейросетевые системы управления. –СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999.

19. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.П. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. –СПб.: Наука, 2000.

Дополнительная литература

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Г. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000.
2. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: Наука, 1996.
3. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991.
4. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. М.: Наука, 1985.
5. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем. М.: Наука, 1977.
6. Першин И.М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. Из-во РИА-КМВ. 2007.- 250с.
7. Синергетика и проблемы теории управления: сборник научных трудов /под ред. А.А. Колесникова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
8. Красовский А.А. Проблемы физической теории управления //Автоматика и телемеханика. – 1990. – №11.
9. Тюкин И.Ю., Терехов В.А. Адаптация в нелинейных динамических системах. – М.: УРСС, 2008.
10. Kokotovic P.V., Arcak M. Constructive Nonlinear Control: progress in the 90'S //Prepr. 14th IFAC World Congress. Beijing. China, 1999.
11. Шильяк Д. Децентрализованное управление сложными системами. –М.: Мир, 1994.

Интернет-ресурсы

1. <http://scintific.narod.ru/nlib/>
2. <http://sins.xaos.ru/news.html>
3. <http://fizmatlit.narod.ru/webrary/kuzn/kuzn.htm>
4. <http://www.synergetics.tti.sfedu.ru>