



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ИМЕНИ В.А. ТРАПЕЗНИКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИПУ РАН)



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИПУ РАН, академик РАН

Д.А. Новиков  
«27» ноября 2023 г.

## **ПРОГРАММА**

вступительного испытания  
по специальной дисциплине  
для поступающих на обучение по программам подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность  
**2.3.1. «Системный анализ, управление  
и обработка информации, статистика»**  
по физико-математическим  
и техническим наукам

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине для поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118.

Программа вступительного испытания разработана рабочей группой в составе:

д-р техн. наук Алескеров Ф.Т.,  
д-р техн. наук, чл.-корр. РАН Галяев А.А.,  
д-р техн. наук Каршаков Е.В.,  
канд. физ.-мат. наук Кустов А.Ю.  
д-р техн. наук, академик РАН Новиков Д.А.,  
д-р техн. наук Павлов Б.В.,  
д-р физ.-мат. наук, проф. РАН Хлебников М.В.,  
канд. физ.-мат. наук Юрченков А.В.

Руководитель  
рабочей группы  
д-р техн. наук,  
профессор

С.А. Краснова

Заведующий  
отделом  
докторантуры и  
аспирантуры  
д-р техн. наук

Л.Ю. Филимонюк

Программа вступительного испытания обсуждена и утверждена на заседании Ученого совета ИПУ РАН протокол № 15 от 27 ноября 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ.....	7
ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ.....	8
1. Математические основы теории управления.....	8
2. Основы теории автоматического и оптимального управления.....	13
3. Основы системного анализа и теории принятия решений.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

## ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры для направлений подготовки из следующих укрупненных групп:

- 01.00.00 Математика и механика;
- 02.00.00 Компьютерные и информационные науки;
- 03.00.00 Физика и астрономия;
- 09.00.00 Информатика и вычислительная техника;
- 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника;
- 27.00.00 Управление в технических системах.

Целью вступительного испытания является оценка уровня освоения поступающими компетенций, необходимых для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Область науки: 2. Технические науки. Группа научных специальностей: 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации. Освоение программы направлено на формирование необходимого набора знаний, умений и навыков у соискателей степени кандидата наук, выполняющих исследования по указанным ниже направлениям<sup>1</sup>.

1. Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации,

---

<sup>1</sup> Заимствовано из паспорта научной специальности 2.3.1.

управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

6. Методы идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.

7. Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем.

8. Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ сложных систем.

9. Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов.

10. Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах.

11. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надежности функционирования сложных систем управления и их элементов.

12. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

13. Методы получения, анализа и обработки экспертной информации, в том числе на основе статистических показателей.

14. Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов систем управления с целью улучшения их технических характеристик.

15. Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

16. Методология статистического обеспечения управления развитием сложных систем.

17. Прикладные статистические исследования, направленные на выявление, измерение, анализ, прогнозирование, моделирование складывающейся конъюнктуры и разработки перспективных вариантов развития сложных систем.

Поступающие должны продемонстрировать знание следующих дисциплин:

- линейная алгебра;
- математический анализ;
- дифференциальные уравнения;
- численные методы;
- теория устойчивости;
- методы оптимизации;
- математическое программирование;
- теория вероятностей и математическая статистика;
- случайные процессы;
- теория автоматического управления;
- оптимальное управление;
- системный анализ и исследование операций;
- методы принятия решений.

В основу вступительного испытания положены отдельные темы указанных дисциплин, составляющие базу для дальнейшего обучения и выполнения исследований. Темы сгруппированы в 3 раздела:

1) математические основы теории управления (28 контрольных вопросов);

2) основы теории автоматического и оптимального управления (16 контрольных вопросов);

3) основы системного анализа и теории принятия решений (16 контрольных вопросов).

Экзаменационный билет включает 3 вопроса из разных разделов. Члены экзаменационной комиссии вправе задавать дополнительные вопросы.

Перед началом подготовки к вступительному испытанию по специальной дисциплине поступающим рекомендуется актуализировать базовые знания полных курсов линейной алгебры и математического анализа [6, 8, 14, 15].

## СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Разделы	Темы	Литература
1. Математические основы теории управления	Тема 1.1. Линейные пространства и отображения	[1, 4, 12]
	Тема 1.2. Дифференциальные уравнения. Функциональные ряды	[7, 8, 13, 15]
	Тема 1.3. Методы оптимизации и математическое программирование	[2, 6, 14, 18, 19].
	Тема 1.4. Элементы теории вероятностей и случайных процессов	[9, 16]
2. Основы теории автоматического и оптимального управления	Тема 2.1. Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем	[5, 11, 17, 20]
	Тема 2.2. Метод функций Ляпунова	[5, 11, 17, 20]
	Тема 2.3. Оптимальное управление	[2, 5, 11, 17]
3. Основы системного анализа и теории принятия решений	Тема 3.1. Системы и закономерности их функционирования и развития	[3, 18]
	Тема 3.2. Методы и модели теории систем и системного анализа.	[3, 18]
	Тема 3.3. Основы теории принятия решений	[10, 18]

## ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

### 1. Математические основы теории управления

**ТЕМА 1.1. Линейные пространства и отображения.** Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис и размерность линейного пространства. Преобразование базиса. [1, с. 223–241; 4, с. 15–50; 12, с. 42–62;]. Линейные операторы (отображения). Матрица, образ и ядро, ранг и дефект линейного оператора. Характеристическое уравнение, собственные значения и собственные векторы линейного оператора. Теорема Гамильтона – Кэли. Приведение матрицы линейного оператора к диагональному и к треугольному виду. Жорданова форма матрицы. Жорданов базис в корневом пространстве [1, с. 242–271, с. 294–307; 4, с. 128–182; 12, с. 104–136]. Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства. Свойства симметрических матриц. Приведение квадратичной формы к каноническому виду. Критерий Сильвестра знакоопределенности квадратичной формы [1, с. 279–293; 4, с. 214–239; 5, с. 113–117; 12, с. 178–194]. Евклидово пространство. Скалярное произведение. Неравенство Коши – Буняковского. Ортогональные и ортонормированные базисы. Метод ортогонализации Грама – Шмита. Матричные разложения: сингулярное, QR [1, с. 308–337; 4, с. 78–106].

#### Контрольные вопросы к теме 1.1

1. Дайте определение линейного пространства и перечислите его основные свойства.
2. Дайте определение и докажите критерий линейно зависимой системы векторов. Сформулируйте понятия базиса и размерности линейного пространства.
3. Дайте определение линейного оператора. Укажите арифметические действия над линейными операторами. Сформулируйте понятия образа, ядра, ранга и дефекта линейного оператора.

4. Раскройте понятие матрицы линейного оператора. Формализуйте связь матриц линейного оператора в различных базисах.

5. Дайте определения характеристического уравнения, собственных значений и собственных векторов линейного оператора. Сформулируйте теорему Гамильтона – Кэли.

6. Дайте определения квадратичной формы и ее ранга. Сформулируйте закон инерции. Опишите методы приведения квадратичной формы к каноническому виду.

7. Дайте определение квадратичной формы, приведите ее матричный вид. Сформулируйте критерии исследования квадратичной формы на знакоопределенность.

8. Дайте определение скалярного произведения и перечислите его основные свойства. Раскройте связь скалярного произведения и билинейной формы.

**ТЕМА 1.2. Дифференциальные уравнения. Функциональные ряды.** Линейные дифференциальные уравнения (ЛДУ) второго порядка: задача Коши, определитель Вронского, фундаментальная система решений, структура общего решения. Решение ЛДУ с постоянными коэффициентами [7, с. 92–122; 8, с. 349–366; 15, с. 145–161]. Системы линейных дифференциальных уравнений: формы записи, задача Коши, принцип суперпозиции, фундаментальная система решений, структура общего решения, фундаментальная матрица. Решение системы ЛДУ с постоянными коэффициентами на основе характеристического уравнения и матричной экспоненты [7, с. 172–238; 8, с. 367–377; 5, с. 16–18]. Устойчивость системы ЛДУ. Критерий Рауса – Гурвица [7, с. 305–313; 13, с. 88–97]. Численные методы решения дифференциальных уравнений: интегрирование с помощью степенных рядов; методы Эйлера, Рунге – Кутты и Адамса; метод конечных разностей [7, с. 380–396]. Степенные ряды: основные понятия и свойства, теорема Абеля, интервал и радиус сходимости, ряды Тейлора и Маклорена. Периодические функции. Ортогональная система функций. Тригонометрические ряды Фурье для периодических и непериодических функций: вид, достаточные условия сходимости [8, с. 457–491; 15, с. 204–235].

## Контрольные вопросы к теме 1.2

1. Сформулируйте теорему существования и единственности задачи Коши для линейного неоднородного дифференциального уравнения (ДУ) второго порядка. Дайте определение фундаментальной системы решений линейного однородного ДУ. Сформулируйте теоремы о структуре общих решений линейных однородных и неоднородных ДУ. Приведите виды общих решений линейных однородных ДУ второго порядка с постоянными коэффициентами.

2. Сформулируйте теорему существования и единственности задачи Коши для системы линейных дифференциальных уравнений (ЛДУ). Приведите определение фундаментальной матрицы однородной системы ЛДУ и решение задачи Коши на ее основе. Сформулируйте теорему о структуре общего решения неоднородной системы ЛДУ.

3. Приведите схему получения общего решения системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами на основе решения характеристического уравнения. Запишите решение задачи Коши с использованием матричной экспоненты.

4. Дайте определение устойчивости решения системы дифференциальных уравнений (ДУ). Сформулируйте критерий асимптотической устойчивости линейной системы ДУ с постоянными коэффициентами и критерий Рауса – Гурвица.

5. Дайте определение степенного ряда и сформулируйте теорему Абеля об области его сходимости. Перечислите основные свойства степенных рядов. Запишите ряд Тейлора и сформулируйте критерий его сходимости к порождающей функции. Составьте ряд Маклорена для экспоненциальной функции.

6. Дайте определение периодической функции и перечислите ее основные свойства. Докажите, что система функций  $\{1, \sin(nx), \cos(nx)\}$  является ортогональной на отрезке  $[-\pi; \pi]$ . Приведите формулу ряда Фурье для  $2\pi$ -периодической функции. Сформулируйте теорему Дирихле о достаточных условиях сходимости ряда Фурье.

**ТЕМА 1.3. Методы оптимизации и математическое программирование.** Локальный экстремум функции многих переменных, связь между вторым дифференциалом и матрицей Гессе. Условный экстремум функции  $n$  переменных с  $m$  уравнениями связи. Метод множителей Лагранжа [2, с. 32–61; 6, с. 267–289; 14, с. 239–263]. Элементы выпуклого программирования: выпуклые множества и функции, необходимые и достаточные условия экстремума выпуклой функции на выпуклом множестве, седловые точки функции Лагранжа, теорема Куна – Таккера [2, с. 140–173; 19, с. 216–224]. Линейное программирование: основные определения, формы записи, базис, угловые точки, вырожденность/невырожденность задачи, графический метод решения. Симплекс-метод. Теоремы о двойственности и их экономический смысл [2, с. 81–111; 6, с. 343–370; 19, с. 99–193]. Методы безусловной минимизации гладких функций (градиентный метод, метод Ньютона) и скорость их сходимости. Методы условной минимизации: штрафных функций, проекции градиента, условного градиента [2, с. 186–222; 18, с. 364–380, с. 516–531]. Дискретное программирование: метод Гомори; метод ветвей и границ; сетевое планирование [19, с. 212–255].

### **Контрольные вопросы к теме 1.3**

1. Дайте определение локального экстремума. Сформулируйте необходимые и достаточные условия локального экстремума функции двух переменных.
2. Раскройте связь между вторым дифференциалом и матрицей Гессе. Для функции многих переменных сформулируйте достаточные условия локального экстремума по второму дифференциалу и по угловым минорам матрицы Гессе.
3. Дайте определение и геометрическую интерпретацию условного экстремума функции двух переменных. Опишите метод множителей Лагранжа для исследования на условный экстремум функции  $n$  переменных с  $m$  уравнениями связи.
4. Дайте определения выпуклой функции и выпуклого множества. Сформулируйте постановку задачи выпуклого программирования. Дайте определение седловой точки функции

Лагранжа. Сформулируйте теорему Куна – Таккера и дайте ее геометрическую интерпретацию.

5. Опишите основные этапы градиентного метода и принципа выбора шага для наискорейшего спуска. Для сильно выпуклых функций приведите оценку скорости сходимости к точке минимума.

6. Сформулируйте задачу линейного программирования в общей, канонической и стандартной формах. Дайте определение вырожденной/невырожденной задачи линейного программирования. Поясните и проиллюстрируйте методы ее решения.

7. Сформулируйте двойственную задачу линейного программирования и укажите ее связь с прямой задачей линейного программирования. Сформулируйте три теоремы двойственности и раскройте их экономический смысл.

8. Дайте определения графа, сети и потока в сети. Сформулируйте задачу о максимальном потоке в сети и опишите алгоритм ее решения.

**ТЕМА 1.4. Элементы теории вероятностей и случайных процессов.** Схема независимых испытаний, формула Бернулли. Предельные теоремы Пуассона и Муавра – Лапласа, функция Лапласа. Случайные величины: основные понятия, функция и плотность распределения, числовые характеристики и их свойства. Основные законы распределения дискретных и непрерывных случайных величин: биномиальный, Пуассона и геометрический; равномерный, показательный и нормальный [9, с. 47–103; 16, с. 66–162]. Распределение функций нормальных случайных величин: Пирсона, Стьюдента, Фишера – Снедекора. Предельные теоремы теории вероятностей: закон больших чисел (теоремы Чебышева и Бернулли), центральная предельная теорема [9, с. 158–172; 16, с. 112–228]. Случайные процессы: классификация и основные характеристики, спектральное разложение, спектральная плотность, теорема Винера–Хинчина. Стационарный белый шум. Марковский случайный процесс, цепь Маркова [9, с. 176–207; 16, с. 230–243].

### **Контрольные вопросы к теме 1.4**

1. Поясните схему независимых испытаний и приведите формулу Бернулли. Сформулируйте и поясните предельные теоремы схемы Бернулли: теорему Пуассона, локальную и интегральную теоремы Муавра – Лапласа. Приведите формулу нормированной функции Лапласа, дайте графическую иллюстрацию.

2. Дайте определения и перечислите основные свойства функции и плотности распределения, а также числовых характеристик непрерывных случайных величин.

3. Приведите формулы вероятностей и числовые характеристики следующих законов распределения: биномиального, Пуассона и геометрического. Приведите примеры случайных величин, распределенных по этим законам.

4. Для нормального закона распределения вероятностей приведите функцию плотности, перечислите ее свойства и дайте графическую иллюстрацию. Приведите функции распределения для общего и стандартного случаев. Дайте графическую иллюстрацию «правила трех сигм».

5. Сформулируйте: закон больших чисел (в форме теорем Чебышева и Бернулли); центральную предельную теорему для суммы независимых и одинаково распределенных случайных величин. Поясните их смысл.

6. Приведите классификацию случайных процессов. Дайте определения и укажите основные свойства математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции случайного процесса. Дайте определение марковского случайного процесса.

## **2. Основы теории автоматического и оптимального управления**

**ТЕМА 2.1. Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем.** Управляемость линейных стационарных систем: определение управляемости, критерий управляемо-

сти. Инвариантность свойств управляемости и корней характеристического управления к линейным преобразованиям. Подпространство управляемости, каноническая форма управляемости, критерий стабилизируемости [5, с. 11–30; 11, с. 185–203; 17, с. 83–92]. Наблюдаемость линейных стационарных систем: определение наблюдаемости, критерий наблюдаемости. Подпространство наблюдаемости, каноническая форма наблюдаемости, критерий обнаруживаемости. Принцип двойственности управляемости и наблюдаемости. Наблюдатели полного и пониженного порядков [5, с. 30–42, с. 314–319; 11, с. 204–215; 17, с. 92–94].

### **Контрольные вопросы к теме 2.1**

1. Дайте определение управляемости системы управления. Сформулируйте и докажите критерий управляемости линейных стационарных систем.

2. Докажите инвариантность свойств управляемости и корней характеристического управления к линейным невырожденным преобразованиям. Приведите и поясните каноническую форму управляемости частично управляемой линейной стационарной системы. Сформулируйте критерий стабилизируемости.

3. Дайте определение наблюдаемости системы управления. Сформулируйте и докажите критерий наблюдаемости линейных стационарных систем.

4. Приведите и поясните каноническую форму наблюдаемости частично наблюдаемой линейной стационарной системы. Сформулируйте критерий обнаруживаемости. Поясните принцип двойственности управляемости и наблюдаемости линейных стационарных систем.

5. Изложите принципы построения и функционирования наблюдателей состояния полного и пониженного порядков для линейных стационарных систем.

**ТЕМА 2.2. Метод функций Ляпунова.** Знакопостоянные и знакопеременные функции. Функции, допускающие бесконечно малый верхний предел и бесконечно большой верхний предел. Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости для неав-

тономных и автономных систем. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Уравнение Ляпунова. Критерий устойчивости Ляпунова линейной системы. Критерий устойчивости Ляпунова нелинейной системы по линейному приближению. Оценка времени регулирования устойчивой линейной системы. Методы построения функций Ляпунова [5, с. 113–145; 11, с. 113–130; 17, с. 52–59, с. 305–343].

### **Контрольные вопросы к теме 2.2**

1. Сформулируйте и докажите теорему Ляпунова об устойчивости положения равновесия неавтономной системы. Сформулируйте теоремы Ляпунова об асимптотической устойчивости и неустойчивости положения равновесия неавтономной системы.

2. Сформулируйте и поясните теоремы Ляпунова об устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости положения равновесия автономной системы.

3. Дайте определение положения равновесия неавтономной системы при постоянно действующих возмущениях. Сформулируйте и поясните теорему об устойчивости при постоянно действующих возмущениях.

4. Приведите и поясните уравнение Ляпунова и условия существования его решения. Сформулируйте критерий устойчивости Ляпунова линейной системы.

5. Сформулируйте и поясните критерий устойчивости Ляпунова нелинейной систем по линейному приближению. Приведите пример критического случая.

6. Выведите оценку времени регулирования устойчивой линейной системы на основе метода функций Ляпунова.

**ТЕМА 2.3. Оптимальное управление.** Общая постановка задачи оптимального управления. Классификация задач оптимального управления [2, с. 266–276; 5, с. 273–281]. Функции Лагранжа, Гамильтона и Понтрягина. Принцип максимума Понтрягина: формулировки и необходимые условия оптимальности для задачи с закрепленными концами и фиксированным временем, для задачи с подвижными концами и нефиксирован-

ным временем. Задача максимального быстродействия для линейной системы, теорема об  $n$  интервалах. [2, с. 277–293; 5, с. 281–302; 11, с. 411–428; 17, с. 414–421]. Динамическое программирование: принцип оптимальности, функции и уравнения Беллмана для нелинейных систем с непрерывным временем [2, с. 327–334; 5, с. 303–312; 11, с. 396–410; 17, с. 395–401, с. 407–414]. Разностная аппроксимация задачи оптимального управления: функция, уравнение и вычислительная схема Беллмана [2, с. 313–326; 17, с. 401–407].

### **Контрольные вопросы к теме 2.3**

1. Сформулируйте общую постановку задачи оптимального управления. Приведите классификацию задач оптимального управления и их преобразования.

2. Сформулируйте задачу оптимального управления с закрепленными концами и фиксированным временем. Поясните связь между функциями Лагранжа, Гамильтона и Понтрягина. Сформулируйте для данной задачи необходимые условия оптимальности (принцип максимума Понтрягина).

3. Сформулируйте линейную задачу максимального быстродействия. Запишите для нее функцию Понтрягина и условия оптимального управления. Сформулируйте и поясните теорему об  $n$  интервалах.

4. Поясните метод динамического программирования. Сформулируйте принцип оптимальности. Приведите функцию и уравнение Беллмана, а также схему нахождения оптимального управления в форме обратной связи для нелинейной системы с непрерывным временем.

5. Опишите метод динамического программирования в задаче оптимального управления с дискретным временем. Сформулируйте принцип оптимальности. Приведите функцию, уравнение и вычислительную схему Беллмана.

### **3. Основы системного анализа и теории принятия решений**

**ТЕМА 3.1. Системы и закономерности их функционирования и развития.** Понятие системы. Система и среда. Понятия, характеризующие строение, функционирование и развитие системы. Виды и формы представления структур: сетевая, иерархическая, матричная, с произвольными связями. Классификация и закономерности систем. Закономерности целеобразования [3, с. 27–104; 18, с. 7–31].

#### **Контрольные вопросы к теме 3.1**

1. Перечислите и раскройте основные понятия, характеризующие строение, функционирование и развитие системы.
2. Опишите сетевую, иерархическую и матричную формы представления структуры системы и дайте рекомендации по их применению. Перечислите разновидности иерархических структур и их особенности.
3. Перечислите и поясните основания классификации систем. Приведите примеры.
4. Приведите 4 группы закономерностей функционирования и развития систем. Охарактеризуйте детально закономерности взаимодействия части и целого.
5. Приведите 4 группы закономерностей функционирования и развития систем. Охарактеризуйте детально закономерности иерархической упорядоченности системы.

**ТЕМА 3.2. Методы и модели теории систем и системного анализа.** Классификация методов моделирования систем. Классификация моделей систем. Методы формализованного представления систем: аналитические и статистические методы; методы дискретной математики и математической логики; теоретико-множественные представления; лингвистические и семиотические представления, графические методы. Методы выработки коллективных решений. Методы структуризации.

Методы экспертных оценок. Принципы управления теории автоматического регулирования [3, с. 113–212; 18, с. 42–102].

### **Контрольные вопросы к теме 3.2**

1. Перечислите и охарактеризуйте основные методы моделирования систем. Приведите и прокомментируйте классификацию моделей систем. Поясните понятие имитационной модели.

2. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные методы формализованного представления систем.

3. Перечислите и поясните основные методы выработки коллективных решений. Приведите основные методы групповых дискуссий и дайте их краткую характеристику.

4. Приведите алгоритм организации экспертных опросов и обработки оценок. Перечислите основные методы экспертных оценок, укажите их особенности и недостатки.

5. Перечислите основные принципы управления теории автоматического регулирования и приведите соответствующие блок-схемы.

**ТЕМА 3.3. Основы теории принятия решений.** Математическая модель ситуации принятия решения. Виды оценок и шкал. Классификация задач принятия решений [10, с. 17–36]. Математическое описание предпочтений: функции ценности (полезности), отношения предпочтения и безразличия. Отношение Парето. Многокритериальные модели предпочтений, отношения предпочтений и функции ценности [10, с. 42–69]. Оптимальность по Парето: оптимальные варианты и условия оптимальности. Множество Эджворта – Парето [10, с. 123–135; 18, с. 136–170].

### **Контрольные вопросы к теме 3.3**

1. Дайте определения следующих понятий: принятие решений; лицо, принимающее решение; альтернативы; критерии. Приведите математическую модель ситуации принятия решения (проблемной ситуации) в виде кортежа и охарактеризуйте его элементы.

2. Перечислите и охарактеризуйте основные типы шкал. Укажите, какие из них используются для «измерения» предпочтений при принятии решений. Приведите примеры признаков, измеряемых в шкалах разных типов.

3. Дайте классификацию задач принятия решений и приведите примеры соответствующих практических задач.

4. Формализуйте и поясните функции ценности (полезности), отношения предпочтения и безразличия. Укажите их основные типы и свойства. Формализуйте и поясните отношение Парето.

5. Дайте определение множества Эджворта – Парето и перечислите его основные свойства. Сформулируйте принцип оптимальности Парето.

6. Сформулируйте условия Парето-оптимальности. Дайте графические иллюстрации.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: Учебник. – 13-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 448 с.
2. Васильев Ф.П., Потапов М.М., Будаков Б.А., Артемьева Л.А. Методы оптимизации: учебник и практикум для вузов / Под редакцией Ф.П. Васильева. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 375 с.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для вузов. – 3-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 562 с.
4. Канатников А.Н., Крищенко А.П. Линейная алгебра: учеб. для вузов. 3-е изд., стер. / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 440 с.
6. Малугин В.А., Рощина Я.А. Линейная алгебра для экономистов. Учебник, практикум и сборник задач: для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 478 с.
7. Муратова Т.В. Дифференциальные уравнения: учебник и практикум для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 435 с.
8. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. – 10-е изд., испр. – М.: Айрис-пресс, 2011. – 608 с.
9. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. – 4-е изд., испр. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 288 с.
10. Подиновский В.В. Многокритериальные задачи принятия решений: теории и методы анализа. Учебник для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 486 с.

### **Дополнительная литература**

11. Егоров А.И. Основы теории управления. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 504 с.

12. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра: Учебник для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 280 с.

13. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 312 с.

14. Краснова С.А., Уткин В.А. Математический анализ для экономистов в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 298 с.

15. Краснова С.А., Уткин В.А. Математический анализ для экономистов в 2 ч. Часть 2: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 315 с.

16. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник и практикум для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 538 с.

17. Поляк Б.Т., Хлебников М.В., Рапопорт Л.Б. Математическая теория автоматического управления. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 504 с.

18. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.

19. Татарников О.В., Чуйко А.С., Шершнева В.Г. Линейная алгебра: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 334 с.

20. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с.

### **Электронные ресурсы**

21. Курс видео лекций по основам теории автоматического управления

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLDGldNiLY8\\_y6DaqxocV1MBOcYMTvG00](https://www.youtube.com/playlist?list=PLDGldNiLY8_y6DaqxocV1MBOcYMTvG00)