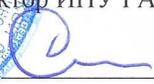




Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМЕНИ В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПУ РАН)



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
**2.3.3. «Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами»**
по 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 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» 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, проф. Бахтадзе Н.Н.,
д-р техн. наук, проф. Краснова С.А.,
д-р физ.-мат. наук, проф. Лазарев А.А.,
д-р техн. наук, проф. Хоботов Е.Н.,
д-р техн. наук, проф. Юркевич Е.В.

Руководитель
рабочей группы
д-р техн. наук,
доцент

А.И. Глущенко

Согласовано
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.....	8
ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ.....	10
1. Математические основы.....	10
2. Основы теории автоматического управления.....	15
3. Основы автоматизации технологических процессов и производств	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	24

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;
- 09.00.00 Информатика и вычислительная техника;
- 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика;
- 15.00.00 Машиностроение;
- 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 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». 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 направлениям¹.

1. Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки.

2. Автоматизация контроля и испытаний.

3. Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.

4. Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами.

¹ Заимствовано из паспорта научной специальности 2.3.3.

5. Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами.

6. Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами.

7. Теоретические основы и методы моделирования и управления организационно-технологическими системами и киберфизическими производственными комплексами.

8. Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления и их цифровых двойников.

9. Методы совместного проектирования организационно-технологических централизованных и распределенных комплексов и систем управления ими.

10. Формализованные методы анализа, синтеза, исследования и оптимизация модульных структур систем сбора, хранения, обработки и передачи данных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

11. Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы данных и методы их оптимизации, промышленный интернет вещей, облачные сервисы, удаленную диагностику и мониторинг технологического оборудования, информационное сопровождение жизненного цикла изделия.

12. Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени.

13. Методы планирования, оптимизации, отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом.

14. Теоретические основы и прикладные методы резервирования контуров управления, повышения эффективности,

надежности и живучести АСУ на этапах их разработки, внедрения и эксплуатации.

15. Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСПП и др.

16. Средства и методы проектирования и разработки технического, математического, лингвистического и других видов обеспечения АСУ.

17. Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции АСУ, АСУТП, АСУП, АСПП и других систем и средств управления.

18. Разработка автоматизированных систем научных исследований.

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;
- основы математического моделирования,
- теория автоматического управления;
- оптимальное управление;
- адаптивное управление;
- интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования;
- информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем;
- корпоративные информационные системы;
- надежность и диагностика технических систем.

В основу вступительного испытания положены отдельные темы указанных дисциплин, составляющие базу для дальнейше-

го обучения и выполнения исследований. Темы сгруппированы в 3 раздела:

- 1) математические основы (23 контрольных вопроса);
- 2) основы теории автоматического управления (17 контрольных вопросов);
- 3) основы автоматизации технологических процессов и производств (22 контрольных вопроса).

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 [3, 6], математического анализа [9, 17, 18], теории вероятностей и математической статистики [10, 19].

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Разделы	Темы	Литература
1. Математические основы	Тема 1.1. Линейные пространства и отображения	[3, 6]
	Тема 1.2. Дифференциальные уравнения. Функциональные ряды	[8, 9, 16, 18]
	Тема 1.3. Методы оптимизации и математическое программирование	[1, 6, 17, 21]
	Тема 1.4. Элементы теории вероятностей и случайных процессов	[10, 19]
	Тема 1.5. Базовые понятия модели и моделирования	[11, 22, 23]
2. Основы теории автоматического управления	Тема 2.1. Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем	[4, 20, 24, 25]
	Тема 2.2. Оптимальное управление	[1, 4, 20, 25]
	Тема 2.3. Адаптивное управление	[4, 7]
	Тема 2.4. Идентификация систем управления	[4, 23]
3. Основы автоматизации технологических процессов и производств	Тема 3.1. Принципы построения и проектирования интегрированной автоматизированной системы управления	[5]
	Тема 3.2. Компоненты интегрированной автоматизированной системы управления	[5]
	Тема 3.3. Функции и состав автоматизированных	[5, 15]

	систем управления технологическими процессами	
	Тема 3.4. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (SCADA) и производственными процессами цеха (MES)	[2, 14, 15]
	Тема 3.5. Основные понятия теории надежности и резервирования технических систем	[12, 13]

1. Математические основы

ТЕМА 1.1. Линейные пространства и отображения. Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис и размерность линейного пространства. Преобразование базиса [3, с. 15–50]. 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 [3, с. 128–182]. 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 [3, с. 214–239, 4, с. 113–117]. Евклидово пространство. Скалярное произведение. Неравенство Коши – Буняковского. Ортогональные и ортонормированные базисы. Метод ортогонализации Грама – Шмита [3, с. 78–106].

Контрольные вопросы к теме 1.1

1. Дайте определение и докажите критерий линейно зависимой системы векторов. Сформулируйте понятия базиса и размерности линейного пространства.
2. Дайте определения линейного оператора; образа, ядра, ранга и дефекта линейного оператора. Раскройте понятие матрицы линейного оператора. Формализуйте связь матриц линейного оператора в различных базисах.
3. Дайте определения характеристического уравнения, собственных значений и собственных векторов линейного оператора. Сформулируйте теорему Гамильтона – Кэли.
4. Дайте определение квадратичной формы (приведите ее матричный вид) и ее ранга. Сформулируйте критерии исследования квадратичной формы на знакоопределенность.

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 [8, с. 92–122; 9, с. 349–366; 18, 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 [8, с. 172–238; 9, с. 367–377; 4, с. 16–18]. Устойчивость системы ЛДУ. Критерий Рауса – Гурвица [8, с. 305–313; 16, с. 88–97]. Численные методы решения дифференциальных уравнений: интегрирование с помощью степенных рядов; методы Эйлера, Рунге – Кутты и Адамса; метод конечных разностей [8, 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 [9, с. 457–491; 18, 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. Приведите формулу ряда Фурье для 2π -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 t уравнениями связи. Метод множителей Лагранжа [1, с. 32–61; 6, с. 267–289; 17, 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 [1, с. 140–173]. Линейное программирование: основные определения, графическая интерпретация, базис, угловые точки, вырожденность/невырожденность задачи линейного программирования. Основные принципы симплекс-метода. Теоремы о двойственности и их экономический смысл [1, с. 81–111; 6, с. 343–370]. Методы безусловной минимизации гладких функций (градиентный метод, метод Ньютона) и скорость их сходимости. Методы условной минимизации: штрафных функций,

проекция градиента, условного градиента [1, с. 186–222; 21, с. 364–380, с. 516–531].

Контрольные вопросы к теме 1.3

1. Дайте определение локального экстремума. Сформулируйте необходимые и достаточные условия локального экстремума функции двух переменных.

2. 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.

3. 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.

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

5. Сформулируйте задачу линейного программирования в общей, канонической и стандартной формах. Дайте ее геометрическую интерпретацию. Дайте определение вырожденной/невыврожденной задачи линейного программирования.

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 [10, с. 47–103; 19, 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 [10, с. 158–172; 19, с. 112–228]. Случайные процессы: классификация и основные характеристики, спектральное разложение, спектральная плотность, теорема Винера–Хинчина. Стационарный белый шум. Марковский случайный процесс, цепь Маркова [10, с. 176–207; 19, 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. Приведите формулы вероятностей и числовые характеристики следующих законов распределения: биномиального, Пуассона и геометрического. Для нормального закона распределения вероятностей приведите функцию плотности, перечислите ее свойства и дайте графическую иллюстрацию. Дайте графическую иллюстрацию «правила трех сигм».

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

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

ТЕМА 1.5. Базовые понятия модели и моделирования.

Принципы системного подхода к моделированию и построению моделей. Требования, предъявляемые к математическим моделям. Обобщенная математическая модель. Классификация математических моделей. Этапы построения математической модели. Проверка адекватности модели. Математические схемы моделирования систем. Имитационные модели. Методы имитационного моделирования [11, с. 9–29; 22, с. 20–94; 23, с. 11–31].

Контрольные вопросы к теме 1.5

1. Перечислите и поясните принципы системного подхода к построению моделей и моделированию. Перечислите и поясните основные требования, предъявляемые к математическим моделям.

2. Перечислите основные признаки классификации математических моделей. Приведите классификацию математических моделей по каждому признаку. Приведите примеры объектов и возможных их моделей из своей предметной области.

3. Перечислите и поясните основные этапы построения модели. Опишите проблему проверки адекватности модели моделируемому объекту. Приведите примеры объектов и возможных их моделей из своей предметной области.

4. Дайте краткую характеристику и укажите возможные приложения математических схем моделирования систем: D -схемы, F -схемы, P -схемы, Q -схемы, N -схемы, A -схемы. Поясните, в чем заключается принципиальное различие аналитических и имитационных моделей.

2. Основы теории автоматического управления

ТЕМА 2.1. Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем. Управляемость линейных стационарных систем: определение управляемости, критерий управляемости. Инвариантность свойств управляемости и корней характеристического уравнения к линейным преобразованиям. Подпространство управляемости, каноническая форма управляемости, критерий стабилизируемости [4, с. 11–30; 20, 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 [4, с. 30–42, с. 314–319; 20, с. 92–94].

Контрольные вопросы к теме 2.1

1. Дайте определение управляемости системы управления. Сформулируйте и докажите критерий управляемости линейных стационарных систем. Приведите и поясните каноническую форму управляемости частично управляемой линейной стационарной системы. Сформулируйте критерий стабилизируемости.

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

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

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

ТЕМА 2.2. Оптимальное управление. Общая постановка задачи оптимального управления. Классификация задач оптимального управления [1, с. 266–276; 4, с. 273–281]. Функции Лагранжа, Гамильтона и Понtryгина. Принцип максимума Понtryгина: формулировки и необходимые условия оптимальности для задачи с закрепленными концами и фиксированным временем, для задачи с подвижными концами и нефиксированным временем. Задача максимального быстродействия для линейной системы, теорема об n интервалах [1, с. 277–293; 4, с. 281–302; 20, с. 414–421]. Динамическое программирование: принцип оптимальности, функции и уравнения Беллмана для нелинейных систем с непрерывным временем [1, с. 327–334; 4, с. 303–312; с. 395–401, с. 407–414]. Разностная аппроксимация задачи оптимального управления: функция, уравнение и вычислительная схема Беллмана [1, с. 313–326; 20, с. 401–407].

Контрольные вопросы к теме 2.2

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 Понtryгина. Сформулируйте для данной задачи необходимые условия оптимальности (принцип максимума Понtryгина).

3. Сформулируйте линейную задачу максимального быстрого действия. Запишите для нее функцию Понtryгина и условия оптимального управления. Сформулируйте и поясните теорему об n интервалах.

4. Изложите принципы 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.

ТЕМА 2.3. Адаптивное управление. Назначение, структура и типы адаптивных систем управления. Общая постановка задачи и общая характеристика методов адаптивного управления. Алгоритмы адаптивного управления линейным объектом с эталонной моделью по состоянию и по выходу. Адаптивное управление по состоянию нелинейным объектом. Адаптивное управление и робастность [4, с. 392–417; 7, с. 325–456].

Контрольные вопросы к теме 2.3

1. Формализуйте общую постановку задачи адаптивного управления и целевые условия. Поясните, чем отличаются задачи адаптивного управления по состоянию и по выходу. Сформулируйте условия согласованности (условия Эрцбергера).

2. Сформулируйте общие принципы и перечислите этапы построения алгоритмов адаптивного управления. В качестве иллюстрации приведите алгоритм адаптивного управления с эталонной моделью для линейного объекта первого порядка.

3. Синтезируйте систему прямого адаптивного управления с эталонной моделью для линейного объекта второго порядка с неизвестными постоянными параметрами методом функций Ляпунова.

4. Объясните, каким образом наличие шума и внешних возмущений влияет на работоспособность законов настройки адаптивных систем с эталонной моделью. Перечислите методы борьбы с указанными проблемами и приведите их основные свойства, преимущества и недостатки.

ТЕМА 2.4. Идентификация систем управления. Эволюция методов идентификации. Классы моделей и методов идентификации. Структурная идентификация. Параметрическая идентификация. Непараметрическая идентификация. Идентифицируемость. Идентификационный синтез. Управление с прогнозирующей моделью [4, с. 440–455; 23, с. 138–172].

Контрольные вопросы к теме 2.4

1. Изложите суть процесса идентификации систем управления и его основные аспекты. Поясните, что понимается под идентификацией в узком и широком смыслах.

2. Опишите эволюцию методов идентификации. Укажите, какие методы характерны для современного периода развития теории идентификации и ее приложений.

3. Перечислите основные классы моделей и методов идентификации. Изложите основные задачи и методы структурной идентификации. Сформулируйте требования к структуре формируемой модели.

4. Изложите основные задачи и методы параметрической идентификации. Укажите, какие методы эффективны для идентификации объектов в условиях интервальной неопределенности.

5. Изложите основные задачи и методы непараметрической идентификации. Укажите основные характеристики, используемые для построения непараметрических моделей.

3. Основы автоматизации технологических процессов и производств

ТЕМА 3.1. Принципы построения и проектирования интегрированной автоматизированной системы управления. Основные понятия интегрированной системы управления. Структура уровней автоматизации предприятия. Состав, структура, функции интегрированной автоматизированной системы управления. Концепция комплексной автоматизации производства, тенденции развития. Принципы построения и стадии создания интегрированных автоматизированных систем управления, методы и принципы проектирования [5, с. 4–48].

Контрольные вопросы к теме 3.1

1. Раскройте понятия интегрированной автоматизированной системы управления, управления производством и управления технологическим процессом. Укажите критерии эффективности управления.

2. Перечислите основные функциональные подсистемы интегрированной автоматизированной системы управления. Перечислите уровни автоматизации предприятия и дайте краткую характеристику по каждому из них.

3. Приведите общую структуру интегрированной автоматизированной системы управления. Охарактеризуйте ее основные блоки и функции, которые они выполняют. Объясните сущность и преимущества концепции комплексной автоматизации производства.

4. Перечислите и поясните принципы построения интегрированных систем управления. Перечислите и охарактеризуйте основные методы проектирования интегрированных автоматизированных систем управления и типовые проектные решения.

ТЕМА 3.2. Компоненты интегрированной автоматизированной системы управления. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Автоматизированные системы управления гибкими производственными

ми системами (АСУ ГПС). Автоматизированные системы управления предприятием (АСУП). Системы автоматизированного проектирования (САПР). Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АС ТПП). Координация компонентов интегрированных систем управления [5, с. 79–163].

Контрольные вопросы к теме 3.2

1. Дайте определение гибкой производственной системы (ГПС). Перечислите виды ГПС. Приведите структуру ГПС. Перечислите и поясните этапы разработки АСУ ГПС.

2. Дайте определение автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). Перечислите и поясните: функции АСУП; типы информационных систем, входящих в АСУП; состав типовых подсистем АСУП.

3. Дайте определение и перечислите основные функции систем автоматизированного проектирования (САПР). Опишите состав и структуру САПР, приведите их классификацию. Укажите, как САПР интегрированы в общую структуру интегрированной системы управления и как организован информационный обмен с другими компонентами системы.

4. Дайте определение автоматизированной системы технологической подготовки производства (АС ТПП), перечислите ее основные функции. Дайте краткую характеристику основным организационным формам и принципам ТПП.

ТЕМА 3.3. Функции и состав автоматизированных систем управления технологическими процессами. Определение и обобщенная схема автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), ее состав и функции. Централизованные, супервизорные и распределенные АСУ ТП. Состав и требования к организационному, информационному, математическому, алгоритмическому и техническому обеспечению АСУ ТП. Надежность АСУ ТП. Диспетчирование в АСУ ТП [5, с. 49–78]. Промышленные сети. Технология обмена информацией в промышленных проводных и беспроводных сетях [15, с. 21–59].

Контрольные вопросы к теме 3.3

1. Дайте определение автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Приведите обобщенную схему АСУ ТП, опишите ее информационные, управляющие и вспомогательные функции.
2. Приведите структурные схемы централизованных, супервизорных и различных распределенных АСУ ТП. Дайте их краткую характеристику.
3. Укажите состав организационного, информационного, математического и алгоритмического обеспечения АСУ ТП.
4. Раскройте понятие надежности АСУ ТП. Перечислите и поясните факторы, которые определяют уровень эксплуатационной надежности АСУ ТП. Перечислите основные виды отказов и меры повышения надежности АСУ ТП.
5. Перечислите и поясните особенности промышленных сетей. Приведите их основные характеристики.

ТЕМА 3.4. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (SCADA) и производственными процессами цеха (MES). Автоматизированные системы управления технологическими процессами – SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition), и их характеристики. Сбор и обработка технологических данных с удаленного оборудования. [15, с. 154–165]. Технологии взаимодействия прикладных программных компонентов, используемых SCADA-системой [15, с. 165–178]. Автоматизированные системы управления производственными процессами цеха MES (manufacturing execution system): назначение, основные задачи, функции и состав компонентов. Особенности MES предприятий технологического типа [2, с. 14–96; 14, с. 316–382].

Контрольные вопросы к теме 3.4

1. Приведите типовую структуру SCADA-системы, опишите ее функции и состав. Объясните принципы взаимодействия SCADA-системы с другими составляющими интегрированной

системы управления. Поясните методы оценивания качества работы SCADA.

2. Объясните принципы работы основных технологий обмена данными SCADA-системы с компонентами интегрированной системы управления: OLE, COM/DCOM, CORBA, ActiveX, OPC, ODBC.

3. Обоснуйте необходимость построения резервируемых систем. Покажите особенности архитектуры и программного обеспечения SCADA-систем с резервированием компонент. Укажите условия, при которых отказ одного компонента влечет за собой остановку всей системы, несмотря на наличие резервирования.

4. Объясните назначение, основные задачи, функции и состав компонентов MES. Опишите принципы построения и функционирования системы контроля и учета работы производства. Перечислите варианты оценок расходов производственных потоков, их преимущества и недостатки.

ТЕМА 3.5. Основные понятия теории надежности и резервирования технических систем. Определение, виды, критерии и количественные характеристики надежности. Показатели безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости. Виды и характеристики отказов. Теоретические законы распределения отказов. Виды резервирования: структурное, функциональное, временное, информационное, нагрузочное [12, с. 11–111; 13, с. 9–27].

Контрольные вопросы к теме 3.5

1. Раскройте понятие надежности технической системы. Приведите и поясните основные показатели безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости.

2. Перечислите и поясните основные виды и характеристики отказов. Формализуйте основные критерии и количественные характеристики надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических объектов.

3. Перечислите основные достоинства и недостатки следующих методов анализа надежности: использующих теоремы

теории вероятностей и комбинаторики; логико-вероятностных и основанных на марковских процессах.

4. Приведите основные законы распределения отказов (биномиальный, Пуассона, показательный, нормальный, Вейбулла, Рэлея, гамма-распределение) и их свойства. Дайте рекомендации по применению указанных законов распределения.

5. Поясните суть различных видов резервирования: структурного, функционального, временного, информационного, нагрузочного. Перечислите и детализируйте способы структурного резервирования.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. 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.
2. Ицкович Э.Л. Методы комплексной автоматизации производств предприятий технологических отраслей. – М. КРАСАНД, 2013. – 232 с.
3. 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.
4. 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.
5. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Интегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав: Учеб. пособие. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 172 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. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими объектами. Учебное пособие – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.
8. Муратова Т.В. Дифференциальные уравнения: учебник и практикум для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 435 с.
9. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс. – 10-е изд., испр. – М.: Айрис-пресс, 2011. – 608 с.
10. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. – 4-е изд., испр. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 288 с.

11. Плотников С.А., Семенов Д.М., Фрадков А.Л., Математическое моделирование систем управления: учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 193 с.

12. Шишмарёв В.Ю. Надежность технических систем: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 289 с.

Дополнительная литература

13. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. – М.: ЛЕНГАРД, 2013 – 219 с.

14. Информационные системы управления производственной компанией: учебник и практикум для академического бакалавриата / под редакцией Н.Н. Лычкиной. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 249 с.

15. Ицкович Э.Л. Перспективная автоматизация агрегатов предприятий технологических отраслей. – М.: Горячая линия-Телеком, 2018. – 543 с.

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

17. 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.

18. 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.

19. 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.

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

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

22. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем:

учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.

23. Теория управления (дополнительные главы): Учебное пособие / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 552 с.

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

Электронные ресурсы

25. Курс видео лекций по основам теории автоматического управления

https://www.youtube.com/playlist?list=PLDGlgdNiLY8_y6DaqxocV1MBOcYMTvG00