




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» апреля 2023 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
**2.3.3 «Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами»**
по техническим наукам

Москва 2023

Программа-минимум кандидатского экзамена по научной специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» составлена на основании Паспорта 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-минимум кандидатского экзамена 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



(подпись)

А.И. Глущенко

Согласовано
Заведующий
отделом
докторантуры и
аспирантуры
д-р техн. наук



(подпись)

Л.Ю. Филимонюк

Программа-минимум кандидатского экзамена обсуждена и утверждена на заседании Ученого совета ИПУ РАН протокол № 5 от 27 апреля 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ.....	7
ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ.....	10
1. Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования.....	10
2. Информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем.....	14
3. Модели и технологии цифрового предприятия.....	19
4. Надежность и диагностика автоматизированных си- стем управления.....	21
5. Теория автоматического управления.....	25
6. Интеллектуальное управление.....	33
7. Моделирование и идентификация систем управления	35
8. Управление организационно-технологическими и производственными системами.....	38
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	41

ВВЕДЕНИЕ

Программа-минимум кандидатского экзамена разработана в соответствии с Паспортом 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.

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.

¹ Заимствовано из паспорта научной специальности 2.3.3.

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, АСТПП 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, АСТПП и других систем и средств управления.

18. Разработка автоматизированных систем научных исследований.

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины:

- автоматизация измерений, контроля и испытаний,
- автоматизация технологических процессов и производств,
- адаптивное и интеллектуальное управление,
- диагностика и надежность технических систем,
- интегрированные системы управления технологическими процессами и производствами;
- информационное и программное обеспечение АСУ ТП,
- киберфизические системы и цифровые двойники,
- корпоративные информационные системы,
- оптимальное и робастное управление,
- организация производства и управление предприятием,
- основы математического моделирования,
- прикладной системный анализ,
- распределенные базы данных,
- теория автоматического управления,
- теория идентификации систем управления,
- теория расписаний,
- теория управления организационными системами.

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Разделы	Темы	Литература
1. Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования	Тема 1.1. Принципы построения и проектирования интегрированной автоматизированной системы управления	[11, 26, 29]
	Тема 1.2. Компоненты интегрированной автоматизированной системы управления	[11, 33]
	Тема 1.3. Функции и состав автоматизированных систем управления технологическими процессами	[11, 28, 29, 34]
	Тема 1.4. Автоматизация измерений, контроля и испытаний	[12, 33]
2. Информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем	Тема 2.1. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем	[9]
	Тема 2.2. Промышленные сети. Программируемые контроллеры	[6, 22]
	Тема 2.3. Распределенные базы данных	[16, 23, 28]
	Тема 2.4. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (SCADA) и производственными процессами цеха (MES)	[5, 6, 18]
	Тема 2.5. Корпоративные информационные системы	[4, 17, 18]
3. Модели и технологии цифрового предприятия	Тема 3.1. Киберфизические системы и цифровые двойники	[21, 22]
	Тема 3.2. Модели цифрового предприятия.	[22]
	Тема 3.3. Облачные технологии	[15, 22]

Разделы	Темы	Литература
4. Надежность и диагностика технических систем	Тема 4.1. Основные понятия теории надежности и резервирования технических систем	[1, 2]
	Тема 4.2. Расчет надежности технических систем	[1, 2]
	Тема 4.3. Методы исследования надежности технических систем	[1, 2]
	Тема 4.4. Методы и средства обеспечения надежности технических систем	[1, 2]
5. Теория автоматического управления	Тема 5.1. Виды управления. Показатели качества	[7, 20, 27, 32]
	Тема 5.2. Методы анализа, синтеза и оценивания линейных систем при воздействии внешних возмущений	[7, 8, 20, 32]
	Тема 5.3. Робастная устойчивость, стабилизация и управление в линейных системах	[20, 32]
	Тема 5.4. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем	[20, 32]
	Тема 5.5. Управление нелинейными системами	[8, 20, 32]
	Тема 5.6. Оптимальное управление	[20, 32]
	Тема 5.7. Адаптивное управление	[8, 14, 32]
6. Интеллектуальное управление	Тема 6.1. Нечеткие системы управления	[13, 25]
	Тема 6.2. Управление с итеративным обучением	[25]
	Тема 6.3. Искусственные нейронные сети	[25]

Разделы	Темы	Литература
7. Моделирование и идентификация систем управления	Тема 7.1. Базовые понятия модели и моделирования	[3, 24, 25]
	Тема 7.2. Идентификация систем управления	[25, 30]
	Тема 7.3. Методы параметрической идентификации	[8, 30]
8. Управление организационно-технологическими и производственными системами	Тема 8.1. Методы управления предприятием	[5, 19, 31]
	Тема 8.2. Уровни производственного управления	[6, 26]
	Тема 8.3. Методы теории расписаний	[10]

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

1. Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования

ТЕМА 1.1. 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 [11, с. 4–48].

Контрольные вопросы к теме 1.1

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.
3. Перечислите уровни автоматизации предприятия и дайте краткую характеристику по каждому из них.
4. Приведите общую структуру интегрированной автоматизированной системы управления. Охарактеризуйте ее основные блоки и функции, которые они выполняют.
5. Объясните сущность и преимущества концепции комплексной автоматизации производства.
6. Приведите и поясните основные тенденции развития интегрированных автоматизированных систем управления.
7. Перечислите и поясните принципы построения интегрированных систем управления.
8. Перечислите и поясните стадии создания интегрированных автоматизированных систем управления.

9. Перечислите и охарактеризуйте основные методы проектирования интегрированных автоматизированных систем управления и типовые проектные решения.

ТЕМА 1.2. Компоненты интегрированной автоматизированной системы управления. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Автоматизированные системы управления гибкими производственными системами (АСУ ГПС). Автоматизированные системы управления предприятием (АСУП). Системы автоматизированного проектирования (САПР). Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АС ТПП). Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ). Координация компонентов интегрированных систем управления [11, с. 79–163].

Контрольные вопросы к теме 1.2

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.

5. Перечислите и поясните этапы конструкторской подготовки производства.

6. Перечислите и охарактеризуйте этапы технологической подготовки производства.

7. Объясните сущность методов сетевого планирования и управления.

8. Объясните общие принципы планирования технического обслуживания и ремонта.

9. Раскройте особенности научных исследований как объекта автоматизации. Перечислите составные части и принципы построения автоматизированной системы научных исследований (АСНИ). Приведите типовую структуру и конфигурацию АСНИ.

ТЕМА 1.3. 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 [11, с. 49–78].

Контрольные вопросы к теме 1.3

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 и информационного обеспечения АСУ ТП.

4. Укажите состав математического и алгоритмического обеспечения АСУ ТП.

5. Укажите состав и основные требования к техническому обеспечению АСУ ТП.

6. Перечислите виды технических средств, используемых в АСУ ТП. Укажите основные требования к их выбору.

7. 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.

8. Перечислите пункты оперативного управления в АСУ ТП и их основные функции.

ТЕМА 1.4. Автоматизация измерений, контроля и испытаний. Контроль качества продукции. Технические средства измерений и контроля. Методы проведения измерений и контроля. Алгоритмическое и программное обеспечение автоматических систем измерений, испытаний и контроля. Математические модели объекта испытаний. Планирование эксперимента. Обработка данных испытаний, метрологическое обеспечение измерений и испытаний. Метрологические характеристики средств измерений. Автоматические системы измерений, испытаний и контроля, этапы их проектирования и внедрения [12, с. 15–297].

Контрольные вопросы к теме 1.4

1. Перечислите основные методы измерений. Укажите их преимущества и недостатки.

2. Приведите классификацию средств измерения, погрешностей измерений. Перечислите основные метрологические характеристики средств измерений.

3. Сформулируйте задачи автоматизации измерений и приведите основные методы их решения.

4. Приведите структурные схемы процессов измерения и контроля. Опишите их основные компоненты.

5. Перечислите основные принципы построения автоматизированных средств измерений и контроля.

6. Перечислите показатели качества функционирования автоматизированных средств измерения и контроля.

2. Информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем

ТЕМА 2.1. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем. Методы анализа информационных потоков в системах обработки данных АСУ. Синтез оптимальных систем обработки данных на этапе технического проектирования АСУ. Синтез оптимальных модульных систем обработки данных реального времени в АСУ. Модели и методы синтеза оптимальных логических и физических структур локальных, сетевых и распределенных баз данных. Синтез типовых модульных систем обработки данных. Методы и алгоритмы решения задач синтеза оптимальных структур типовых модульных систем обработки данных в АСУ. Методология планирования и отладки комплексов программ АСУ. Автоматизация проектирования АСУ [9, с. 15–764].

Контрольные вопросы к теме 2.1

1. Сформулируйте принципы модульности и типизации при проектировании систем обработки данных (СОД). Перечислите этапы разработки модульных СОД, а также накладываемые на данные процесс критерии и ограничения.
2. Перечислите и опишите кратко методы анализа информационных потоков в системах обработки данных.
3. Приведите постановку задачи синтеза оптимальных модульных систем обработки данных с использованием технологических критериев. Опишите методы и алгоритмы ее решения.
4. Приведите постановку задачи синтеза оптимальных модульных систем обработки данных реального времени с использованием технологических критериев. Кратко опишите методы и алгоритмы ее решения.

5. Приведите формализованное описание исходных данных и принципы расчета основных характеристик канонической структуры распределенных баз данных, запросов пользователей и транзакций.

6. Приведите постановку задачи синтеза типовых модульных систем обработки данных. Кратко опишите принципы ее решения. Перечислите преимущества и недостатки эвристических методов и алгоритмов решения задачи синтеза оптимальных структур типовых модульных систем обработки данных.

7. Перечислите и охарактеризуйте методы планирования и организации отладки комплексов программ модульных систем обработки данных.

ТЕМА 2.2. Промышленные сети. Программируемые контроллеры. Промышленные сети. Технология обмена информацией в промышленных проводных и беспроводных сетях. [6, с. 21–59]. Автономные сенсоры беспроводной сенсорной сети (WSN wireless sensor network). Сенсорные сети «умная пыль» (smart dust). Интеллектуальная сенсорная сеть [22, с. 136–160]. Программируемые логические контроллеры. Принципы и средства технологического программирования контроллеров [6, с. 120–152].

Контрольные вопросы к теме 2.2

1. Перечислите и поясните особенности промышленных сетей. Приведите их основные характеристики.

2. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные протоколы проводных и беспроводных промышленных сетей.

3. Перечислите и поясните принцип работы, основные особенности и основные компоненты автономного сенсора беспроводной сенсорной сети (WSN wireless sensor network).

4. Поясните концепцию сенсорной сети «умная пыль» (smart dust). Перечислите основные преимущества ее использования в промышленности.

5. Расскажите об особенностях и перспективах использования интеллектуальных сенсорных сетей на производственных предприятиях.

6. Приведите краткую классификацию и характеристики промышленных контроллеров. Перечислите основные модули, входящие в состав типовых контроллеров.

7. Перечислите основные языки программирования промышленных контроллеров, кратко опишите их преимущества и недостатки.

ТЕМА 2.3. Распределенные базы данных. Системы управления распределенными базами данных. Общие понятия. Проектирование распределенных и параллельных баз данных. Контроль распределенных данных. Распределенная обработка запросов, транзакций. Репликация. Интеграция баз данных. ER-моделирование. [23, с. 22–365]. Разработка программного обеспечения систем автоматизации на основе объектно-ориентированного подхода [16, с. 6–96].

Контрольные вопросы к теме 2.3

1. Дайте определение распределенных баз данных, укажите их достоинства и недостатки, критерии распределенности (по Дейту). Перечислите и поясните функции систем управления распределенными базами данных.

2. Кратко охарактеризуйте методы поддержки распределенных баз данных: фрагментация, репликация, распределенные транзакции и запросы, ограничения целостности.

3. Дайте определение распределенных баз данных. Сформулируйте проблему оптимизации распределенных запросов.

4. Объясните суть ER-моделирования. Укажите принципы и особенности его применения, а также основные проблемы ER-моделирования.

5. Поясните назначение и перечислите принципы организации хранилища данных.

6. Приведите и поясните основные требования к качеству программного обеспечения систем автоматизации.

7. Приведите и поясните особенности применения объектно-ориентированного подхода при разработке программного обеспечения систем автоматизации.

ТЕМА 2.4. 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. [6, с. 154–165]. Технологии взаимодействия прикладных программных компонентов, используемых SCADA-системой [6, с. 165–178]. Основные показатели надежности SCADA-системы [2, с. 98–140]. Автоматизированные системы управления производственными процессами цеха MES (manufacturing execution system): назначение, основные задачи, функции и состав компонентов. Особенности MES предприятий технологического типа [5, с. 14–96; 18, с. 316–382].

Контрольные вопросы к теме 2.4

1. Приведите типовую структуру SCADA-системы, опишите ее функции и состав.

2. Объясните принципы взаимодействия SCADA-системы с другими составляющими интегрированной системы управления. Поясните методы оценивания качества работы SCADA.

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

4. 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.

5. Объясните назначение, основные задачи, функции и состав компонентов MES.

6. Опишите принципы построения и функционирования системы контроля и учета работы производства. Перечислите варианты оценок расходов производственных потоков, их преимущества и недостатки.

ТЕМА 2.5. Корпоративные информационные системы.

Основные понятия корпоративных информационных систем. Стандарты MPS, MRP, MRP II, ERP, CSRP, ERP II. Методы и методика внедрения корпоративных информационных систем. Функциональные и технологические возможности информационных систем класса ERP. Управление запасами. Управление снабжением. Управление сбытом. Управление производством. Планирование. Управление сервисным обслуживанием. Управление цепочками поставок. Облачные ERP-системы. Концепция и системы управления непрерывным жизненным циклом изделия [17, с. 7–165; 4, с. 69–151; 18, с. 316–382].

Контрольные вопросы к теме 2.5

1. Дайте определение корпоративной информационной системы. Перечислите основные требования, предъявляемые корпоративным системам.

2. Приведите основы стандарта MRP. Опишите входные параметры, алгоритм и результаты работы MRP-системы. Укажите основные преимущества и недостатки MRP-систем.

3. Поясните необходимость введения стандарта MRP II. Раскройте назначение модулей планирования бизнеса, продаж, потребности в сырье и материалах, производства, производственных мощностей и модуля обратной связи.

4. Опишите алгоритм работы и принципы организации планов в MRP II системе, укажите ее основные достоинства.

5. Поясните общее назначение стандарта ERP, а также необходимость перехода от MRP II к ERP.

6. Опишите основные функциональные модули ERP-системы, а также преимущества и недостатки ERP-систем.

7. Объясните концепцию CRM-стратегии. Приведите классификацию CRM-систем. Объясните назначение стандарта CSRP, основные принципы обработки заказов в CSRP-системе.

8. Поясните причины появления и основное назначение стандарта ERP II, укажите различия между ERP и ERP II.

3. Модели и технологии цифрового предприятия

ТЕМА 3.1. Киберфизические системы и цифровые двойники. Основные понятия, концепция и архитектура киберфизических систем (КФС). Принципы работы КФС на производственном предприятии. Схемы взаимодействия и облачная платформа информационного взаимодействия КФС на предприятии, комплекс цифровых двойников. Понятие и концепция цифровых двойников, эволюции сопутствующих технологий и инжиниринговых инструментов. Классификации цифровых двойников [21, с. 14–150; 22, с. 79–92].

Контрольные вопросы к теме 3.1

1. Изложите концепцию и поясните сущность киберфизических систем, укажите технические предпосылки их возникновения.
2. Перечислите и поясните отличительные особенности киберфизической системы.
3. Приведите архитектуру киберфизической системы. Поясните функционал ее слоев и уровней.
4. Поясните суть технологий межмашинного взаимодействия M2M (Machine-to-Machine) и S2S (Systems-to-Systems).
5. Опишите принцип работы киберфизической системы на производственном предприятии. Приведите и поясните схему взаимодействия киберфизической системы и персонала.
6. Перечислите и поясните уровни облачной платформы информационного взаимодействия киберфизических объектов на производственном предприятии.
7. Раскройте понятие цифрового двойника. Опишите типовые задачи, решаемые с помощью цифровых двойников, на производственном предприятии.
8. Перечислите и поясните состав комплекса цифровых двойников (моделей), необходимых для выполнения киберфизической системой производственных задач.
9. Приведите классификацию цифровых двойников по уровню сложности.

ТЕМА 3.2. Модели цифрового предприятия. Стандарты цифрового предприятия. Базовые представления модели предприятия. Модели процессов предприятия. Концепция цифрового производства. «Умная» фабрика. Промышленные революции. Особенности и тенденции в автоматизации производства четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0». Процессно-ориентированная и ориентированная на технологическую производственную единицу модели управления предприятием. Киберфизическая схема каскадного управления [22, с. 7–26; с. 117–135].

Контрольные вопросы к теме 3.2

1. Перечислите и поясните базовые представления модели предприятия.
2. Перечислите и поясните модели процессного управления предприятием, которые определяются ГОСТами РФ.
3. Изложите концепцию цифрового производства. Проведите сравнительный анализ традиционной схемы производства нового изделия с концепцией цифрового производства.
4. Укажите цель и ожидаемые эффекты от внедрения цифровых, «умных» и виртуальных фабрик. Приведите и поясните общую структурную схему «Умной фабрики».
5. Изложите генезис и основные инновации промышленных революций.
6. Укажите тенденции в автоматизации производства четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0». Укажите особенности автоматизации производства индивидуального спроса.
7. Раскройте сущность следующих моделей управления предприятием: процессно-ориентированной и ориентированной на технологическую производственную единицу. Укажите их достоинства и недостатки.

ТЕМА 3.3. Технологии цифрового предприятия. Методы интеграции текущих и исторических данных функционирования предприятия. Методы обработки и хранения больших данных. Облачные технологии: история возникновения, сущность и тен-

денции развития. Облачные сервисы. Преимущества и недостатки облачных вычислений [15, с. 8–48]. Многоуровневая архитектура облачного управления производством. Промышленный Интернет вещей [22, с. 105–135].

Контрольные вопросы к теме 3.3

1. Перечислите предпосылки развития облачных технологий.
2. Поясните сущность облачных технологий. Дайте определение и поясните концепцию облачных вычислений.
3. Перечислите и поясните основные принципы построения облачной технологии.
4. Перечислите основные модели обслуживания при применении облачных технологий, укажите их особенности.
5. Перечислите основные проблемы традиционной ИТ-среды и предлагаемые варианты их облачных решений. Укажите основные преимущества и недостатки облачных технологий.
6. Перечислите основные популярные облачные сервисы. Укажите их достоинства и недостатки.
7. Приведите и поясните многоуровневую архитектуру облачного управления производством.
8. Поясните концепцию Интернета вещей. Приведите структурную схему и основные уровни промышленного Интернета вещей.

4. Надежность и диагностика технических систем

ТЕМА 4.1. 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 [1, с. 115–154; 2, с. 9–27].

Контрольные вопросы к теме 4.1

1. Дайте определения и поясните понятия исправности, работоспособности, предельного состояния и живучести технических систем. Перечислите различные состояния и временные характеристики технических систем в разрезе теории надежности.

2. Дайте определение понятию надежности технической системы. Приведите и поясните основные показатели безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости.

3. Перечислите и поясните основные виды и характеристики отказов.

4. Формализуйте основные критерии и количественные характеристики надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических объектов.

5. Перечислите основные достоинства и недостатки следующих методов анализа надежности: использующих теоремы теории вероятностей и комбинаторики; логико-вероятностных и основанных на марковских процессах.

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

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

ТЕМА 4.2. Расчет надежности технических систем.

Классификация расчетов надежности. Алгоритм расчета надежности. Структурные схемы надежности. Расчет надежности на основе параллельно-последовательных структур. Способы преобразования сложных структур. Надежность резервированной системы. Анализ надежности систем при множественных отказах. Схемы нагруженного резервирования: дублированная, трипированная, мажоритарная, мостиковая. Схемы отдельного и

поканального нагруженного резервирования [1, с. 155–180; 2, с. 28–51].

Контрольные вопросы к теме 4.2

1. Приведите и поясните классификацию расчетов надежности технических систем.

2. Приведите и поясните алгоритм расчета надежности технических систем. Поясните, что понимается под структурной схемой надежности.

3. Формализуйте расчет надежности системы с последовательным соединением элементов.

4. Формализуйте расчет надежности системы с параллельным соединением элементов.

5. Укажите основные способы преобразований сложных структур для расчета надежности. Приведите примеры.

6. Приведите методы расчета надежности при параллельном соединении резервного оборудования системы. Приведите блок-схему включения резервного оборудования системы замещения.

7. Приведите формулы и зависимости для вероятности безотказной работы, интенсивности отказов и средней наработки на отказ для системы с параллельным и последовательным соединением элементов.

8. Формализуйте модель надежности системы с множественными отказами.

9. Проведите сравнительные анализ основных схем нагруженного резервирования: дублированной, троированной, мажоритарной и мостиковой.

10. Проведите сравнительные анализ схем отдельного и поканального нагруженного резервирования.

ТЕМА 4.3. Методы исследования надежности технических систем. Системный подход к анализу отказов. Порядок определения причин отказов и нахождения аварийного события. Инженерные методы: анализ опасности и функционирования системы; методы проверочного листа; анализ последствий и критичности отказа. Логико-вероятностные методы анализа

функциональной надежности; дерево отказов, событий, решений. Логический анализ. Контрольные карты процессов. Кластерный анализ. Таблицы состояний и аварийных сочетаний. Динамические модели надежности, марковские процессы [1, с. 181–252; 2, с. 52–187].

Контрольные вопросы к теме 4.3

1. Перечислите и поясните этапы анализа возможных отказов. Конкретизируйте анализ процесса эксплуатации технической системы.

2. Приведите и поясните структуру качественного исследования надежности системы при предварительном анализе опасностей.

3. Изложите основные инженерные методы анализа надежности. Укажите их достоинства и недостатки.

4. Изложите основные логико-вероятностные методы анализа функциональной надежности. Укажите их преимущества и недостатки.

5. Приведите и поясните граф дерева отказов. Перечислите логические символы и эвристические правила для построения дерева отказов.

6. Укажите, какие факторы позволяют учитывать динамические модели надежности. Приведите и поясните марковскую модель надежности восстанавливаемого элемента.

7. Формализуйте методы расчета основных показателей безотказности восстанавливаемых систем на марковских моделях надежности.

8. Приведите общую марковскую модель резервированных схем. Приведите основные показатели надежности для дублированных схем с нагруженным и ненагруженным резервом.

ТЕМА 4.4. Методы и средства обеспечения надежности технических систем. Мероприятия, методы и средства обеспечения надежности на стадиях проектирования, изготовления, эксплуатации. Технические средства обеспечения надежности. Организационно-управленческие мероприятия. Диагностика нарушений. Методы и структурные схемы технического диа-

гностирования. Алгоритм обеспечения эксплуатационной надежности технических систем. Анализ видов, последствий и критичности отказов [1, с. 292–309; 2, с. 188–200].

Контрольные вопросы к теме 4.4

1. Перечислите и поясните предупредительные, контрольные и защитные мероприятия на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации технических систем.

2. Приведите и охарактеризуйте технические средства: предупреждающие отказы в производстве и эксплуатации; контроля; защиты.

3. Перечислите основные задачи и методы технического диагностирования при проектировании, изготовлении и эксплуатации системы.

4. Приведите и поясните алгоритм обеспечения эксплуатационной надежности технических систем.

5. Перечислите и поясните этапы качественного и упрощенного количественного анализа видов, последствий и критичности отказов.

5. Теория автоматического управления

ТЕМА 5.1. Виды управления. Показатели качества.

Программное управление. Управляемость. Управление по обратной связи. Наблюдаемость. Частотные методы [20, с. 83–100]. Стабилизация с помощью регуляторов низкого порядка. Обратная связь по состоянию. Обратная связь по выходу. Квадратичная стабилизация [20, с. 101–127]. Прямые и косвенные показатели качества непрерывных систем в переходном режиме. Показатели качества непрерывных систем в установившемся режиме [7, с. 123–143]. Оценка качества дискретных систем управления [7, с. 275–289].

Контрольные вопросы к теме 5.1

1. Дайте определение управляемости на физическом уровне. Сформулируйте и докажите ранговый критерий управляемости.

2. Дайте определение наблюдаемости на физическом уровне. Сформулируйте и докажите ранговый критерий наблюдаемости.

3. Сформулируйте постановку задачи выбора управления в форме обратной связи в терминах передаточных функций. Укажите связь критериев управляемости и наблюдаемости с понятием минимальной реализации передаточных функций.

4. Приведите вид характеристического полинома замкнутой системы с П-регулятором. Сформулируйте критерий устойчивости системы с устойчивой передаточной функцией, замкнутой П-регулятором, дайте графическую иллюстрацию.

5. Дайте определение минимально-фазового объекта. Сформулируйте условия устойчивости/неустойчивости соответствующей замкнутой системы с П-регулятором.

6. Приведите вид характеристического полинома замкнутой системы с ПИ-регулятором. Объясните суть метода Д-разбиения плоскости параметров для настройки коэффициентов ПИ-регулятора.

7. Сформулируйте и докажите теорему о назначении спектра в линейной стационарной системе с одним входом с помощью линейной статической обратной связи. Сформулируйте критерий стабилизируемости линейной стационарной системы.

8. Объясните принцип построения стабилизирующей обратной связи по выходу при помощи наблюдателя Люенберге-ра. Приведите уравнения замкнутой расширенной системы.

9. Приведите процедуру построения квадратично стабилизирующего регулятора при наличии ограничения на управление.

10. Перечислите прямые и косвенные показатели качества линейных систем. Формализуйте и поясните корневые, интегральные и частотные показатели качества линейных систем.

ТЕМА 5.2. Методы анализа, синтеза и оценивания линейных систем при воздействии внешних возмущений. Ре-

акция на типовые возмущения. Устойчивость при наличии внешних возмущений. Множества достижимости для устойчивых систем, переходные процессы. Ограниченные внешние возмущения, гармонические и L_2 -ограниченные возмущения [20, с. 140–184]. Подавление ограниченных внешних возмущений, H_∞ -оптимизация. Подавление случайных возмущений [20, с. 184–213]. Оценка качества при случайных воздействиях [7, с. 144–159]. Эллипсоидальное оценивание. Фильтры Калмана–Бьюси [20, с. 213–222; 8, с. 359–377].

Контрольные вопросы к теме 5.2

1. Опишите реакции линейной устойчивой системы с одним выходом и одним входом на единичный скачок и гармонический сигнал. Сформулируйте критерий ограниченности решений линейной системы при ограниченных внешних возмущениях в непрерывном и дискретном случаях.

2. Объясните смысл множества достижимости линейной системы и перечислите его основные свойства. Формализуйте множества достижимости при наличии внешних возмущений, ограниченных в L_2 - и L_∞ -нормах.

3. Сформулируйте и докажите критерий инвариантности эллипсоида для линейных систем с внешними возмущениями. Укажите способы оценки влияния гармонических и L_2 -ограниченных внешних возмущений на выход линейной системы.

4. Сформулируйте задачу и соответствующую теорему о подавлении ограниченных внешних возмущений. Раскройте связи между выполнением линейного матричного неравенства и выполнением ограничений на величину управления в линейных системах.

5. Сформулируйте постановку задачи H_∞ -оптимизации. Приведите алгоритм решения задачи H_∞ -оптимизации в частотной области для системы, заданной в передаточных функциях.

6. Сформулируйте постановку задачи H_∞ -оптимизации. Приведите алгоритм решения задачи H_∞ -оптимизации в пространстве состояний.

7. Изложите принципы эллипсоидального оценивания переменных состояния по имеющимся измерениям при случайных возмущениях.

8. Сформулируйте постановку и приведите решение задачи фильтрации при неслучайных ограниченных возмущениях.

9. Сформулируйте постановку задачи фильтрации при стохастических возмущениях. Опишите формализм фильтра Калмана для дискретных линейных систем.

ТЕМА 5.3. Робастная устойчивость, стабилизация и управление в линейных системах. Виды неопределенностей: параметрическая неопределенность, частотная неопределенность, (M, Δ) -конфигурация, нестационарные и нелинейные возмущения [20, с. 222–233]. Робастная устойчивость полиномов и матриц. Робастная устойчивость при неопределенных передаточных функциях. Робастная квадратичная стабилизация. Робастный линейно-квадратичный регулятор. H_∞ -оптимизация в робастной постановке [20, с. 233–266].

Контрольные вопросы к теме 5.3

1. Приведите способы описания параметрической неопределенности (интервальной, аффинной, частотной, (M, Δ) -конфигурации) и укажите их специфику. Сформулируйте принцип проверки робастной устойчивости полиномов (принцип включения нуля).

2. Сформулируйте и докажите теорему Харитонова о робастной устойчивости интервального полинома. Сформулируйте теорему Харитонова о робастной устойчивости интервального полинома. Дайте ее графическую интерпретацию с помощью годографа Цыпкина–Поляка.

3. Изложите методику проверки робастной устойчивости неопределенной системы, заданной в передаточных функциях, с помощью робастной модификации годографа Найквиста. Сформулируйте теорему о малом коэффициенте усиления.

4. Сформулируйте постановку задачи и соответствующие теоремы о робастной квадратичной стабилизации.

5. Сформулируйте постановку задачи о робастном линейно-квадратичном регуляторе и приведите алгоритм ее решения.

6. Укажите особенности постановки и решения задачи H_∞ -оптимизации в робастном варианте.

ТЕМА 5.4. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем. Линейные нестационарные системы: устойчивость, параметрический резонанс. Нелинейные системы: определение устойчивости, теоремы об устойчивости [20, с. 304–335]. Исследование устойчивости нестационарных нелинейных систем по линейному приближению. Нелинейная обратная связь. Абсолютная устойчивость [20, с. 335–356].

Контрольные вопросы к теме 5.4

1. Дайте определения устойчивости по Ляпунову и асимптотической устойчивости нулевого состояния равновесия нелинейной системы. Дайте определения устойчивого и асимптотически устойчивого решения нелинейной системы.

2. Сформулируйте и докажите теоремы об устойчивости по Ляпунову и асимптотической устойчивости по Ляпунову нулевого решения линейной нестационарной системы.

3. Дайте определение положительно (отрицательно) определенной функции. Сформулируйте теоремы об устойчивости по Ляпунову нулевого решения нелинейной системы с использованием положительно определенной функции Ляпунова.

4. Дайте определение инвариантного множества динамической системы, приведите пример. Сформулируйте теорему Барбашина–Красовского–Ла Салля (принцип инвариантности Ла Салля)

5. Сформулируйте теорему Барбашина–Красовского об устойчивости в целом. Приведите пример.

6. Дайте определение устойчивой по входу нелинейной системы. Сформулируйте и докажите теорему об ограниченности ее решения. Сформулируйте и докажите теорему о достаточных условиях неустойчивости нелинейной системы.

7. Сформулируйте и докажите теорему об асимптотической устойчивости нелинейной системы по линейному приближению.

8. Дайте определение абсолютной устойчивости нулевого состояния равновесия системы, состоящей из линейной части и

нелинейной обратной связи, подчиненной секторному ограничению.

9. Для системы с одним нелинейным элементом в обратной связи приведите формулировки частотного критерия В.М. Попова и кругового критерия абсолютной устойчивости. Выполните их сравнительный анализ.

ТЕМА 5.5. Управление нелинейными системами. Метод линеаризации обратной связью [8, с. 172–198; 20, с. 357–370]. Метод скользящих режимов. Метод декомпозиции для стабилизации механических систем. Каскадные системы. Синтез управления методом бэкстеппинга [20, с. 370–394].

Контрольные вопросы к теме 5.5

1. Для нелинейных систем с одним входом и одним выходом формализуйте метод линеаризации обратной связью по выходу.

2. Для нелинейных систем с одним входом и одним выходом дайте определения относительного порядка, внешней и внутренней динамики, нулевой динамики, минимально-фазовой системы. Поясните эти понятия на примере системы стабилизации верхнего положения перевернутого маятника на тележке.

3. Приведите решение задачи стабилизации верхнего положения маятника методом скользящих режимов. Приведите оценку производной функции Ляпунова и фазовый портрет этой системы с разрывным управлением.

4. Формализуйте основные положения метода скользящих режимов. В качестве примера используйте аффинную систему с векторным управлением, представленную в регулярной форме, и рассмотрите задачу стабилизации ее движения на целевом многообразии.

5. С помощью уравнений Лагранжа второго рода формализуйте математическую модель механической системы и укажите ее особенности. На примере этой системы поясните реализацию принципа декомпозиции с помощью разрывных управлений.

6. Формализуйте общую схему стабилизации каскадных систем с одним входом и одним выходом методом бэкстеппинга.

Приведите решение задачи стабилизации верхнего положения маятника методом бэкстеппинга.

ТЕМА 5.6. Оптимальное управление. Задачи оптимизации управления на конечном интервале, линейно-квадратичный регулятор [20, с. 128–139]. Динамическое программирование. Линейно-квадратичная задача оптимального управления в дискретном времени. Уравнения в частных производных Гамильтона–Якоби–Беллмана. Линейно-квадратичная задача оптимального управления в непрерывном времени. Принцип максимума Понтрягина [20, с. 394–421].

Контрольные вопросы к теме 5.6

1. Сформулируйте постановку задачи о линейно-квадратичном регуляторе и приведите алгоритм ее решения.
2. Приведите процедуру получения дифференциального матричного уравнения Риккати и соответствующий аналитический вид оптимального управления. Перечислите основные свойства решения уравнения Риккати.
3. Приведите процедуру нахождения функции Ляпунова с помощью линейного матричного неравенства.
4. Получите оценку функционала и аналитический вид управления при решении задачи о линейно-квадратичном регуляторе с помощью линейного матричного неравенства.
5. Опишите метод динамического программирования в задаче оптимального управления с дискретным временем. Приведите и поясните функции Беллмана, рекуррентные соотношения Беллмана (принцип оптимальности).
6. Приведите уравнение в частных производных Гамильтона–Якоби–Беллмана. Раскройте его связь с рекуррентными соотношениями Беллмана.
7. Приведите формулировку принципа максимума Понтрягина для задачи оптимального управления с фиксированной конечной точкой и нефиксированным временем.
8. Приведите формулировку принципа максимума Понтрягина для задачи оптимального управления при отсутствии условий на конечную точку и фиксированным временем.

ТЕМА 5.7. 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 [8, с. 392–417; 14, с. 325–456].

Контрольные вопросы к теме 5.7

1. Перечислите типы адаптивных систем управления. Приведите и поясните блок-схемы самонастраивающихся систем адаптивного управления: общую, с эталонной моделью, с идентификатором.

2. Формализуйте общую постановку задачи адаптивного управления и целевые условия. Поясните, чем отличаются задачи адаптивного управления по состоянию и по выходу.

3. 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.

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

5. Приведите алгоритм адаптивного управления по выходу для линейного объекта с единичным относительным порядком.

6. Сформулируйте условие строгой положительной вещественности передаточной функции. Объясните роль и значение этого условия в задачах адаптивного управления с эталонной моделью по выходу.

7. Объясните принципы синтеза базовых адаптивных систем управления с эталонной моделью по выходу на основе применения дифференциального фильтра.

8. 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.

9. Сформулируйте условия согласованности (условия Эрцбергера). Синтезируйте методом функций Ляпунова систему непрямого адаптивного управления с эталонной моделью для линейного объекта второго порядка с неизвестными постоянными параметрами.

6. Интеллектуальное управление

ТЕМА 6.1. Нечеткие системы управления. Основные понятия и определения нечетких множеств. Логико-лингвистические регуляторы. Аналитические нечеткие регуляторы. Нечеткие ПИ и ПИД-регуляторы. Обучаемые нейро-нечеткие регуляторы [25, с. 400–422; 13, с. 86–162]. Распознавание изображений на основе комплексного применения преобразований Уолша и аппарата нечеткой логики. Интеллектуальный человеко-машинный интерфейс [13, с. 285–328].

Контрольные вопросы к теме 6.1

1. Дайте определения нечеткого множества, функции принадлежности, лингвистической переменной, нечеткого отношения. Приведите основные операции на нечетких множествах и их свойства.

2. Опишите принцип построения логико-лингвистического регулятора с одним входом и одним выходом. Сформулируйте задачу синтеза оптимального нечеткого регулятора.

3. Опишите нечеткую модель Сугено. Формализуйте простейший аналитический нечеткий регулятор. Опишите метод нечеткого управления Такаги-Сугено.

4. Опишите обобщенный нечеткий ПИД-регулятор. Формализуйте нечеткие управляющие правила.

5. Опишите структуру нечеткого ПИ-регулятора. Укажите способы оптимизации его параметров.

6. Приведите и поясните нейро-нечеткую структуру модели Сугено. Сформулируйте постановку задачи обучения нейро-нечеткого регулятора.

ТЕМА 6.2. Управление с итеративным обучением. Концепции управления с итеративным обучением. Классические алгоритмы управления с итеративным обучением. Построение алгоритма управления с итеративным обучением на основе расширенных моделей. Построение алгоритма управления с итеративным обучением на основе 2D-моделей [25, с. 178–198].

Контрольные вопросы к теме 6.2

1. Изложите основные концепции управления с итеративным обучением. Приведите структурную схему, демонстрирующую основную идею управления с итеративным обучением. Укажите особенности причинных и не причинных алгоритмов управления с итеративным обучением.

2. Изложите основную идею классического алгоритма управления с итеративным обучением и перечислите его априорные допущения. Формализуйте условия, гарантирующие сходимость алгоритма Аримото.

3. Для дискретной модели с одним входом и одним выходом запишите закон управления с итеративным обучением и функцию обучения. Сформулируйте критерий асимптотической устойчивости замкнутой системы в терминах матриц расширенной системы.

4. Формализуйте 2D-модель системы управления с итеративным обучением в форме повторяющегося процесса. Дайте определение экспоненциально устойчивого повторяющегося процесса.

5. Сформулируйте и поясните достаточные условия экспоненциальной устойчивости повторяющегося процесса управления с итеративным обучением с применением дивергентного метода векторных функций Ляпунова.

ТЕМА 6.3. Искусственные нейронные сети. Постановка задачи машинного обучения. Эволюция полносвязных нейронных сетей прямого распространения. Глубокие сверточные и рекуррентные нейронные сети [25, с. 426–451].

Контрольные вопросы к теме 6.3

1. Приведите постановку задачи машинного обучения. Охарактеризуйте основные режимы и методы обучения.

2. Перечислите и поясните основные этапы эволюции полносвязных нейронных сетей прямого распространения.

3. Приведите и поясните структурные схемы базовых слоев сверточной нейронной сети и типовых сверточных модулей.

4. Приведите и поясните структурную схему элементарной ячейки долгой краткосрочной памяти (LSTM).

5. Объясните суть процесса обработки информации посредством искусственной нейронной сети. Опишите метод обратного распространения ошибки при обучении искусственной нейронной сети.

7. Моделирование и идентификация систем управления

ТЕМА 7.1. Базовые понятия модели и моделирования.

Принципы системного подхода к построению моделей и моделированию. Требования, предъявляемые к математическим моделям. Обобщенная математическая модель. Классификация математических моделей. Этапы построения математической модели. Подходы к построению математических моделей. Имитационная модель. Методы имитационного моделирования [24, с. 56–76; 25, с. 11–31; 3, с. 7–63]. Классификация систем управления [25, с. 11–31].

Контрольные вопросы к теме 7.1

1. Перечислите и поясните принципы системного подхода к построению моделей и моделированию.

2. Перечислите и поясните основные требования, предъявляемые к математическим моделям.

3. Назовите и конкретизируйте элементы обобщенной математической модели.

4. Перечислите основные виды классификаций математических моделей. Приведите классификацию математических моделей в зависимости от оператора модели.

5. Приведите классификацию математических моделей в зависимости от типа входных и выходных данных.

6. Перечислите и поясните основания классификации систем управления. Приведите примеры.

7. Перечислите и поясните основные этапы построения модели. Объясните, каким образом оценивается адекватность модели.

8. Перечислите и поясните основные подходы к построению модели. Приведите схему технологического цикла вычислительного эксперимента.

9. Объясните, в каких случаях использую имитационные модели. Назовите и поясните основные методы имитационного моделирования.

10. Объясните сущность метода Монте–Карло, перечислите его основные достоинства и недостатки.

ТЕМА 7.2. Идентификация систем управления. Эволюция методов идентификации. Классы моделей и методов идентификации. Структурная идентификация. Параметрическая идентификация. Непараметрическая идентификация. Идентификация систем с распределенными параметрами. Идентифицируемость. Идентификационный синтез. Управление с прогнозирующей моделью [25, с. 138–172].

Контрольные вопросы к теме 7.2

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

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.

4. Изложите основные задачи и методы структурной идентификации. Сформулируйте требования к структуре формируемой модели.

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

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

7. Перечислите типовые формы моделей систем с распределенными параметрами. Укажите две основные группы методов идентификация систем с распределенными параметрами. Поясните, в чем состоит модификация классических методов оптимизации и фильтрации при их применении к системам с распределенными параметрами.

8. Поясните суть проблемы идентифицируемости систем. Дайте определение структурной идентифицируемости. Формализуйте понятия структурно локально и глобально идентифицируемого параметра.

9. Изложите цели и задачи идентификационного синтеза. Прокомментируйте основные проблемы, возникающие при применении идентификационного синтеза, и пути их решения.

ТЕМА 7.3. Методы параметрической идентификации.

Идентификация параметров модели объекта управления. Градиентный идентификатор. Идентификатор на основе метода наименьших квадратов (МНК). МНК-идентификатор с экспоненциальной потерей памяти. Выбор коэффициента потери памяти. Условие параметрической идентифицируемости (постоянное возбуждение регрессора). Сравнительная характеристика различных методов получения оценок параметров [8, с. 417–432].

Контрольные вопросы к теме 7.3

1. Приведите и поясните общую идентификационную модель для получения оценок неизвестных параметров объекта управления. Постройте идентификационную модель для линейного объекта управления первого порядка.

2. Приведите и поясните общую идентификационную модель для получения оценок неизвестных параметров объекта управления. Опишите алгоритм построения идентификационной модели для линейного объекта управления с одним входом и одним выходом.

3. Формализуйте принципы построения и анализа идентификатора параметров объекта управления на основе градиентного метода. Укажите факторы, влияющие на качество оценивания.

4. Постройте градиентный идентификатор для линейного объекта управления первого порядка. Поясните, как влияет коэффициент усиления на характер сходимости алгоритма идентификации.

5. Формализуйте принципы работы идентификатора параметров объекта управления на основе метода наименьших квадратов. Перечислите преимущества и недостатки данного метода.

6. Формализуйте принципы работы идентификатора параметров системы на основе метода наименьших квадратов с экспоненциальной потерей памяти. Перечислите преимущества и недостатки данного метода. Объясните принципы выбора коэффициента потери памяти.

7. Сформулируйте условие идентифицируемости параметров линейного регрессионного уравнения с помощью градиентного закона идентификации.

8. Перечислите основные методы параметрической идентификации и дайте их сравнительную характеристику.

8. Управление организационно-технологическими и производственными системами

ТЕМА 8.1. Методы управления предприятием. Основные задачи и общая структура управления на современных предприятиях. Ситуационный анализ: цели, процедура проведения и получаемые результаты. Стратегическое и тактическое планирование, стратегии развития предприятия. Объемное, календарное и оперативное планирование работы предприятий. Задачи диспетчеризации [19, с. 311–316, с. 327–415; 5, с. 184–190].

Контрольные вопросы к теме 8.1

1. Опишите общую структуру управления на современных предприятиях.
2. Раскройте понятие ситуационного анализа, его цели и назначение. Приведите и поясните процедуру ситуационного анализа.
3. Сформулируйте основное назначение стратегического планирования на предприятии, приведите и поясните схему его проведения.
4. Перечислите и охарактеризуйте методы анализа и выбора стратегий развития предприятия.
5. Раскройте понятие тактического планирования работы предприятия, его цели и назначение.
6. Объясните принципы и задачи объемного планирования работы предприятия.
7. Раскройте назначение и основные задачи системы календарного планирования и оперативного управления работой производства. Укажите способы реализации этой системы.
8. Перечислите и охарактеризуйте задачи диспетчеризации.

ТЕМА 8.2. Уровни производственного управления. Системы автоматизированного проектирования (САПР). Изготовление прототипа. Автоматизированное производство изделий с помощью автоматизированных систем на базе программируемых логических контроллеров. Сервис-ориентированное проектирование, производство и эксплуатация продукции. Распределенные системы управления технологическими процессами. Системы управления ресурсами производства. Расчет затрат и учет объема продукции, хранения и распределения. Управление производственными запасами, поставками сырья и комплектующих. Системы управления цепочками поставок. Контроль качества на разных этапах производственного управления [26, с. 461–553; 6, с. 182–191, с. 387–405].

Контрольные вопросы к теме 8.2

1. Приведите типовую логическую схему проектирования. Перечислите структурные подсистемы системы автоматизиро-

ванного проектирования и их свойства. Объясните роль математического моделирования в проектировании.

2. Приведите основные типы распределенных систем управления технологическими процессами. Поясните, с какой целью разрабатываются такие системы, какие они имеют отличительные особенности.

3. Осуществите постановку задачи управления запасами. Охарактеризуйте обобщенную модель управления запасами.

4. Выделите типы моделей управления запасами с учетом характера спроса. Раскройте сущность каждой из моделей управления запасами.

5. Перечислите факторы, влияющие на выбор варианта модели управления запасами. Перечислите принципы оптимального управления производственными запасами.

ТЕМА 8.3. Методы теории расписаний. Классификация задач теории расписаний. Методы решения задач комбинаторной оптимизации. Статические и динамические задачи теории расписаний. Одноприборные задачи теории расписаний. Задачи цеха. Представление расписаний работ с помощью диаграмм Ганта. Критерии оптимальности расписаний. Конвейерные задачи теории расписаний. Задача Джонсона. Условия оптимальности Джонсона. Методы построения расписаний с использованием решающих правил. Простые и комбинированные решающие правила. Методы решения задач дискретной оптимизации [10, с. 37–316].

Контрольные вопросы к теме 8.3

1. Приведите и поясните классификацию задач теории расписаний. Перечислите дополнительные условия, штрафные функции и критерии оптимальности.

2. Приведите и поясните постановку статических и динамических задач теории расписаний.

3. Формализуйте и поясните задачи теории расписаний для одного прибора, для параллельных приборов, а также общую и частные задачи цеха.

4. Приведите принципы составления расписаний с помощью диаграмм Ганта. Укажите преимущества и недостатки этого метода.

5. Сформулируйте задачу Джонсона. Приведите условия оптимальности Джонсона.

6. Изложите суть методов построения расписаний с использованием решающих правил. Перечислите принципы применения простых и комбинированных решающих правил.

7. Перечислите и охарактеризуйте основные методы решения задач дискретной оптимизации. Приведите алгоритм вероятностного поиска решения и эвристический алгоритм для задачи о ранце.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М., Пучков В.А., Томаков В.И., Фалеев М.И. Надежность технических систем и техногенный риск. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.
2. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. – М.: ЛЕНГАРД, 2013 – 219 с.
3. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с.
4. Информационные системы управления производственной компанией: учебник и практикум для академического бакалавриата / под редакцией Н.Н. Лычкиной. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 249 с.
5. Ицкович Э.Л. Методы комплексной автоматизации производств предприятий технологических отраслей. – М. КРАСАНД, 2013. – 232 с.
6. Ицкович Э.Л. Перспективная автоматизация агрегатов предприятий технологических отраслей. – М.: Горячая линия-Телеком, 2018. – 543 с.
7. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 312 с.
8. 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.
9. Кузнецов Н.А. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем / Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 800 с.
10. Лазарев А.А. Теория расписаний. Методы и алгоритмы. – М.: ИПУ РАН, 2019. – 408 с.
11. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Ин-

тегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав: Учеб. пособие. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 172 с.

12. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с.

13. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления. – М.: Наука, 2006. – 333.

14. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими объектами. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.

15. Монахов Д.Н., Монахов Н.В., Прончев Г.Б., Кузьменков Д.А. Облачные технологии. Теория и практика. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 128 с.

16. Мякишев Д.В. Разработка программного обеспечения АСУ ТП на основе объектно-ориентированного подхода. – М.: ИНФРА-инженерия, 2019. – 128 с.

17. Олейник П.П. Корпоративные информационные системы. Учебник для вузов. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2011. – 175 с.

18. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учебное пособие в 2 т. / под ред. Г.Б. Евгенева. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. Т.1: Информационные модели. – 2015. – 444 с.

19. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учебное пособие в 2 т. / под ред. Г.Б. Евгенева. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. Т.2: Методы проектирования и управления. – 2015. – 479 с.

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

21. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с.

22. Современные технологии. Киберфизические системы: учебное пособие / Авт.-сост. Е.И. Громаков, А.А. Сидорова;

Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 166 с.

23. Тамер Ёсу М., Вальдуриес П. Принципы организации распределенных баз данных. – М.: ДМК-Пресс, 2020. – 678 с.

24. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2010. – 224 с.

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

26. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2013. – 655 с.

Дополнительная литература

27. Александров А.Г. Методы построения систем автоматического управления. – М.: Физматлит, 2008. – 232 с.

28. Анашкин А.С., Кадыров А.Д., Харазов В.Г. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления. – СПб.: П – 2, 2004. – 367 с.

29. Ицкович Э.Л. Особенности современных АСУ ТП. – М.: ИПУ РАН, 2017. – 523 с.

30. Карабутов Н.Н. Адаптивная идентификация систем. Информационный синтез. – М.: URSS, 2016. – 384 с.

31. Туровец О.Г. Организация производства и управление предприятием: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 528 с.

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

33. Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Изд-во «Новое знание», 2022. – 377 с.

34. Щагин А.В., Демкин В.И., Кононов В.Ю., Кабанова А.Б. Основы автоматизации технологических процессов. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 163 с.