



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)

Учебно-научный технологический институт

*(наименование факультета/института)*

**Автоматизированные технологические системы**

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

по учебной работе и цифровизации

\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин

«25» апреля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

учебной дисциплины

**Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами**

*(наименование дисциплины)*

**2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами**

*(код и наименование научной специальности)*

**Технические науки**

*(наименование отрасли науки)*

**высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации**

*(уровень образования)*

**Очная**

*(форма обучения)*

**2023**

*(год набора)*

Брянск 2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
учебной дисциплины

**Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами**

*(наименование дисциплины)*

**2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами**

*(код и наименование научной специальности)*

Разработал:

Директор УНТИ, д.т.н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

Д.И. Петрешин

*(И.О. Фамилия)*

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

**Автоматизированные технологические системы**

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

«01» марта 2023 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

*(ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

В.А. Хандожко

*(И.О. Фамилия)*

© Петрешин Д.И., 2023

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2023

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Задачи:

- углубление и расширение теоретических знаний в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами;
- овладение методами и средствами научного исследования в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами;
- систематизация знаний, изучение современных, инновационных методов и подходов к проектированию автоматических и автоматизированных производственных процессов.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и реализуется на 3 курсе в 1 семестре.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По окончании освоения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

**знать:**

- методы стимуляции процесса мышления, методы принятия решений, методы оптимизации;
- методы системного подхода при анализе автоматизированных систем;
- методы разработки математических моделей технологических процессов и производственных объектов;
- принципы функционирования технических средств автоматизации;
- принципы построения систем автоматизации технологического процесса и производств, функциональное назначение их элементов;

**уметь:**

- распознавать возможности улучшения параметров качества объекта исследования и прогнозировать результат этих улучшений;

- применять системный подход при формализации прикладных задач связанных с автоматизацией технологического процесса;
- анализировать математические модели технологических процессов и производственных объектов;
- разрабатывать техническое, алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированных систем;
- анализировать техническую информацию о системах автоматизации технологического процесса и производств;

**владеть:**

- методами оценки новых технических решений на основе многокритериального подхода;
- методами системного подхода для анализа производственных систем при автоматизации;
- навыками систематизации и анализа полученной информации;
- навыками разработки технического обеспечения автоматизированных систем;
- навыками: расчета некоторых элементов систем автоматизации; обобщения, анализа и систематизации полученной информации.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часа). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом программы аспирантуры	Трудоемкость, час.	
	Всего	Семестр
		7
<b>1. Контактная работа, в том числе:</b>	36	36
1.1. Лекции	18	18
1.2. Практические занятия,	18	18
<b>2. Самостоятельная работа</b>	72	72
<b>Общая трудоемкость (з.е. 108)</b>	108	108

#### 5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 2.

Таблица 2 – Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1.	Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования	Принципы построения и проектирования интегрированной автоматизированной системы управления. Компоненты интегрированной автоматизированной системы управления. Функции и состав автоматизированных систем управления технологическими процессами. Автоматизация измерений, контроля и испытаний
2.	Информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем	Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем. Промышленные сети. Программируемые контроллеры. Распределенные базы данных. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (SCADA) и производственными процессами цеха (MES)
3.	Надежность и диагностика технических систем	Основные понятия теории надежности и резервирования технических систем. Расчет надежности технических систем. Методы исследования надежности технических систем. Методы и средства обеспечения надежности технических систем
4.	Теория автоматического управления	Виды управления. Показатели качества. Методы анализа, синтеза и оценивания линейных систем при воздействии внешних возмущений. Робастная устойчивость, стабилизация и управление в линейных системах. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем. Управление нелинейными системами. Оптимальное управление. Адаптивное управление
5.	Интеллектуальное управление	Нечеткие системы управления. Управление с итеративным обучением. Искусственные нейронные сети
6.	Моделирование и идентификация систем управления	Базовые понятия модели и моделирования. Идентификация систем управления Методы параметрической идентификации
7.	Управление организационно-технологическими и производственными системами	Методы управления предприятием. Уровни производственного управления. Методы теории расписаний

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий представлена в таблице 3.

Таблица 3 -Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, час.			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования	14	2	2	10
2.	Информационное и программ-	16	3	2	11

	ное обеспечение интегрированных автоматизированных систем				
3.	Надежность и диагностика технических систем	16	3	3	10
4.	Теория автоматического управления	16	3	3	10
5.	Интеллектуальное управление	15	2	3	10
6.	Моделирование и идентификация систем управления	16	2	3	11
7.	Управление организационно-технологическими и производственными системами	15	3	2	10
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>

### 5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и содержание лекций

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	1	Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования	2
2	2	Информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем	3
3	3	Надежность и диагностика технических систем	3
4	4	Теория автоматического управления	3
5	5	Интеллектуальное управление	2
6	6	Моделирование и идентификация систем управления	2
7	7	Управление организационно-технологическими и производственными системами	3
Итого			18

### 5.4. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	1	Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования	2
2	2	Информационное и программное обеспечение интегрированных автоматизированных систем	2
3	3	Надежность и диагностика технических систем	3

4	4	Теория автоматического управления	3
5	5	Интеллектуальное управление	3
6	6	Моделирование и идентификация систем управления	3
7	7	Управление организационно-технологическими и производственными системами	2
Итого			18

### 5.5. Самостоятельная работа аспиранта

Виды самостоятельной работы аспиранта представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Виды самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1.	1-7	Работа с основной, дополнительной и справочной литературой
2.	1-7	Подготовка к практическим занятиям. Работа с основной, дополнительной и справочной литературой. Повторение лекций.
3.	1-7	Самостоятельное изучение теоретического материала. Работа с основной, дополнительной и справочной литературой. Работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
4.	1-7	Подготовка к кандидатскому экзамену

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Виды образовательных технологий
Лекции	Мультимедиа-лекция Проблемная лекция Лекция с разбором конкретных ситуаций Лекция-обсуждение
Практические занятия	Групповые дискуссии. Решение практических задач.
Самостоятельная работа	Индивидуальные исследования Технология индивидуализации обучения
Текущий контроль	Технология оценивания качества знаний на основе балльной оценки. Опрос по тематическим блокам дисциплины.

## 7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;

- рабочую программу дисциплины;
- полный перечень тем дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- лекции/краткий конспект лекций по каждой теме;
- материалы для текущего контроля успеваемости аспирантов.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы:**

#### *а) основная литература:*

1. Автоматизация и управление в технологических комплексах [Электронный ресурс] / А.М. Русецкий [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2014. — 376 с. — 978-985-08-1774-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29574.html>

2. Волчкевич, Л.И. Автоматизация производственных процессов: Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2007. — 380 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/726>

3. Пьявченко, Т.А. Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы TRACE MODE [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67468>.

4. . Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» по техническим наукам / Н.Н. Бахтадзе, С.А. Краснова, А.А. Лазарев, Е.Н. Хоботов, Е.В. Юркевич, А.И. Глущенко. – ФГБУН ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2023. – 46 с.

5. Смирнов, Ю.А. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 456 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91063>.

6. Портал ежемесячного научно-технического журнала «Автоматизация в промышленности», ООО Издательский дом «ИнфоАвтоматизация» - <http://avtprom.ru>

7. Портал ежемесячного научно-технического и производственного журнала «Мехатроника, автоматизация, управление» - <http://novtex.ru/mech/index1.htm>

8. Портал журнала «Современные технологии автоматизации», издательства «СТА-ПРЕСС» - <https://www.cta.ru>

9. Гуськов, А. В. Надежность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 424 с. — ISBN 978-5-7782-3011-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91726.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

10. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 271 с. — ISBN 5-89838-126-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/7003.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

11. Ицкович, Э. Л. Методы рациональной автоматизации производства : учебное пособие / Э. Л. Ицкович. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2009. — 256 с. — ISBN 5-9729-0020-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/5061.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

12. Самойлова, Е. М. Методы и алгоритмы интеллектуализации мониторинга технологических систем на основе автоматизированных станочных модулей интегрированного производства. В 3 частях. Ч.3. Гибридная интеллектуальная система. Информационная интеграция на уровне АСУТП : монография / Е. М. Самойлова, А. А. Игнатъев. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2019. — 84 с. — ISBN 978-5-7433-3338-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117209.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/117209>

13. Трофимов, В. Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами: учебное пособие / В. Б. Трофимов, С. М. Кулаков. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 256 с. — ISBN 978-5-9729-0488-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98392.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

14. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления : современные разделы теории управления. Учебное пособие / Б. А. Федосенков. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2014. — 153 с. — ISBN 978-5-89289-863-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61292.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

15. Братченко, Н. Ю. Распределенные базы данных : учебное пособие / Н. Ю. Братченко. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 130 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/63130.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

16. Игнатъев, А. А. Прикладной системный анализ объектов машиностроения: монография / А. А. Игнатъев, В. А. Добряков, С. А. Игнатъев. — Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-7433-3454-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122636.html> —

Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI:  
<https://doi.org/10.23682/122636>

*б) дополнительная литература:*

1. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.П. Латышенко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 307 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20390.html>

2. Сырецкий Г.А. Проектирование автоматизированных систем. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Сырецкий. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 156 с. — 978-5-7782-2455-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47714.html>

3. Шидловский С.В. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Шидловский. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2005. — 100 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13918.html>

4. Панкратов В.В. Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Панкратов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 200 с. — 978-5-7782-2223-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45357.html>

5. Герасимов А.В. SCADA система Trace Mode 6 [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Герасимов, А.С. Титовцев. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 128 с. — 978-5-7882-1103-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62148.html>

6. Сторожев В.В. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования [Электронный ресурс]: монография / В.В. Сторожев, Н.А. Феоктистов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Дашков и К, 2016. — 412 с. — 978-5-394-02468-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60620.html>

**8.2. Перечень ресурсов сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины:**

1. Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).
2. Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).
4. Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).
5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).
6. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).
7. Сайт ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности

<http://www1.fips.ru>.

8. Справочный портал по нормативной документации GostExpert.ru - <http://gostexpert.ru/>.

9. Портал компании ООО «Адастра Рисерч Груп» - <http://www.adastra.ru>.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения обучения имеется следующая материально-техническая база:

- аудитория для проведения лекционных занятий и организации защиты рефератов, оборудованная персональными компьютерами, мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном, наличием доступа в информационно-коммуникационную сеть Интернет;

- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций, зачета и кандидатского экзамена;

компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы аспирантов.

## **10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;

- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);

- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;

- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел

и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;
  - размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
  - обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
  - обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;
- 2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
  - дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);
  - обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- 3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **11.1. Методические рекомендации для преподавателей**

При чтении лекций должна решаться задача доступного изложения всех материалов по данной дисциплине согласно рабочей программе.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания обучающихся структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать название каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу. При чтении лекций целесообразно использовать опорные конспекты (систему слайдов с наглядными изображениями и тезисами

лекций). Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой. Желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему и представляла собой логически законченное изложение. Лучше сократить тему и не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта. В случае, если материал невозможно изложить в рамках одной лекции, то на следующей лекции в начале следует сделать краткий обзор материала предыдущей лекции с целью установления логической связи между лекциями.

## **11.2. Методические рекомендации для обучающихся.**

Приступая к изучению новой дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с рабочей программой дисциплины, учебной и методической литературой, материально-технической базой кафедры «Автоматизированные технологические системы», встретиться с преподавателем, ведущим дисциплину «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Подготовку обучающихся по дисциплине «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» можно разбить на несколько этапов:

- работа с конспектом лекций;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к кандидатскому экзамену.

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие обучающегося путем планомерной, повседневной работы. Для этого обучающийся просматривает конспект лекции, отмечает материал, который вызывает затруднения для понимания. После чего пытается найти ответы в рекомендуемой литературе. В случае непонимания материала следует сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания. В этом случае рекомендуется просматривать несколько учебников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал и проверять свои знания, отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях. Изучение вопросов, предложенных для самостоятельной проработки, следует начинать сразу после окончания рассмотрения на лекциях раздела, к которому они относятся. Обучение ведется с использованием рекомендованной преподавателем литературы. В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками (в том числе в сети Интернет).

В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу и ознакомиться с дополнительной. При этом учесть рекомендации препода-

вателя и требования учебной программы. В ходе практического занятия внимательно слушать преподавателя и в установленные временные сроки выполнять задания практического занятия. После подведения итогов занятия, устранить недостатки, исправить ошибки и при необходимости самостоятельно закончить работы, отмеченные преподавателем.

При подготовке к кандидатскому экзамену повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой. Использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратить особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных обучающимся по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

## **12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **12.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

Текущий контроль проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы аспирантов.

К оценочным средствам текущего контроля относятся отчеты по практическим занятиям, дополнительные вопросы по практическим занятиям, возникающие при контактном общении аспиранта и преподавателя, и вопросы письменного опроса.

#### **Шкала оценивания**

Уровень освоения аспирантами учебного материала определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### **Показатели и критерии оценивания текущих результатов освоения дисциплины**

Оценку «отлично» заслуживает аспирант, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, изучивший основную и знакомый с дополнительной литературой.

Оценку «хорошо» заслуживает аспирант, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные учебной программой задания, изучивший основную литературу.

Оценку «удовлетворительно» заслуживает аспирант, обнаруживший знание основного учебного материала в полном объеме, необходимом для подготовки к сдаче кандидатского экзамена, выполнивший предусмотренные учебной программой задания, знакомый с основной литературой.

Оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся аспирант, обнаруживший пробелы в знаниях основного учебного материала, допустивший принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой заданий.

## **12.2. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости**

### **12.2.1. Вопросы для текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Интегрированные автоматизированные системы управления и проектирования**

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.

#### **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.

### **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. 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.

#### **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. Автономные сенсоры беспроводной сенсорной сети (WSN wireless sensor network). Сенсорные сети «умная пыль» (smart dust). Интеллектуальная сенсорная сеть. Программируемые логические контроллеры. Принципы и средства технологического программирования контроллеров.

#### **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. Разработка программного обеспечения систем автоматизации на основе объектно-ориентированного подхода.

#### **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. Технологии взаимодействия прикладных программных компонентов, используемых SCADA-системой. Основные показатели надежности SCADA-системы. Автоматизированные системы управления производственными процессами цеха MES (manufacturing execution system): назначение, основные задачи, функции и состав компонентов. Особенности MES предприятий технологического типа.

##### **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. Управления снабжением. Управление сбытом. Управление производством. Планирование. Управление сервисным обслуживанием. Управление цепочками поставок. Облачные ERP-системы. Концепция и системы управления непрерывным жизненным циклом изделия.

### **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 CRP-системе.
8. Поясните причины появления и основное назначение стандарта ERP II, укажите различия между ERP и ERP II.

## **3. Надежность и диагностика технических систем**

**Тема 3.1. 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.

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

1. Дайте определения и поясните понятия исправности, работоспособности, предельного состояния и живучести технических систем. Перечислите раз-

личные 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 3.2. 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, троированная, мажоритарная, мостиковая. Схемы раздельного и по каналного нагруженного резервирования.

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

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 сравнительный анализ основных схем нагруженного резервирования: дублированной, троированной, мажоритарной и мостиковой.

10. Проведите сравнительный анализ схем отдельного и по каналного нагруженного резервирования.

**Тема 3.3. 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 вопросы к теме 3.3**

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.

**Тема 3.4. 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 диагностирования. Алгоритм обеспечения эксплуатационной надежности технических систем. Анализ видов, последствий и критичности отказов.

#### **Контрольные вопросы к теме 3.4**

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.

### **4. Теория автоматического управления**

**Тема 4.1. Виды управления. Показатели качества.** Программное управление. Управляемость. Управление по обратной связи. Наблюдаемость. Частотные методы. Стабилизация с помощью регуляторов низкого порядка. Обратная связь по состоянию. Обратная связь по выходу. Квадратичная стабилизация. Прямые и косвенные показатели качества непрерывных систем в переходном режиме. Показатели качества непрерывных систем в установившемся режиме. Оценка качества дискретных систем управления.

#### **Контрольные вопросы к теме 4.1**

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 D-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 Люенбергера. 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 4.2. Методы анализа, синтеза и оценивания линейных систем при воздействии внешних возмущений.** Реакция на типовые возмущения. Устойчивость при наличии внешних возмущений. Множества достижимости для устойчивых систем, переходные процессы. Ограниченные внешние возмущения, гармонические и  $L_2$ -ограниченные возмущения. Подавление ограниченных внешних возмущений,  $H_\infty$ -оптимизация. Подавление случайных воз-

мущений. Оценка качества при случайных воздействиях. Эллипсоидальное оценивание. Фильтры Калмана–Бьюси.

### **Контрольные вопросы к теме 4.2**

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  $L_\infty$ -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  $H_\infty$ -оптимизации. Приведите алгоритм решения задачи  $H_\infty$ -оптимизации в частотной области для системы, заданной в передаточных функциях.

6. Сформулируйте постановку задачи  $H_\infty$ -оптимизации. Приведите алгоритм решения задачи  $H_\infty$ -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 4.3. Робастная устойчивость, стабилизация и управление в линейных системах.** Виды неопределенностей: параметрическая неопределенность, частотная неопределенность,  $(M, \Delta)$ -конфигурация, нестационарные и нелинейные возмущения. Робастная устойчивость полиномов и матриц. Робастная устойчивость при неопределенных передаточных функциях. Робастная квадратичная стабилизация. Робастный линейно-квадратичный регулятор.  $H_\infty$ -оптимизация в робастной постановке.

### **Контрольные вопросы к теме 4.3**

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

2. Сформулируйте и докажите теорему Харитонова о робастной устойчивости интервального полинома. Сформулируйте теорему Харитонова о робаст-

ной 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  $H_\infty$ -оптимизации в робастном варианте.

**Тема 4.4. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем.** Линейные нестационарные системы: устойчивость, параметрический резонанс. Нелинейные системы: определение устойчивости, теоремы об устойчивости. Исследование устойчивости нестационарных нелинейных систем по линейному приближению. Нелинейная обратная связь. Абсолютная устойчивость.

#### **Контрольные вопросы к теме 4.4**

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 4.5. Управление нелинейными системами.** Метод линеаризации обратной связью. Метод скользящих режимов. Метод декомпозиции для стабилизации механических систем. Каскадные системы. Синтез управления методом бэкстеппинга.

#### **Контрольные вопросы к теме 4.5**

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. Формализуйте общую схему стабилизации каскадных систем с одним входом и одним выходом методом бэкстеппинга.
6. Приведите решение задачи стабилизации верхнего положения маятника методом бэкстеппинга.

**Тема 4.6. Оптимальное управление.** Задачи оптимизации управления на конечном интервале, линейно-квадратичный регулятор. 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.

#### **Контрольные вопросы к теме 4.6**

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 4.7. 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.

#### **Контрольные вопросы к теме 4.7**

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.

## 5. Интеллектуальное управление

**Тема 5.1. Нечеткие системы управления.** Основные понятия и определения нечетких множеств. Логико-лингвистические регуляторы. Аналитические нечеткие регуляторы. Нечеткие ПИ и ПИД-регуляторы. Обучаемые нейро-нечеткие регуляторы. Распознавание изображений на основе комплексного применения преобразований Уолша и аппарата нечеткой логики. Интеллектуальный человеко-машинный интерфейс.

### Контрольные вопросы к теме 5.1

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 5.2. 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.

### Контрольные вопросы к теме 5.2

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 5.3. Искусственные нейронные сети.** Постановка задачи машинного обучения. Эволюция полно связанных нейронных сетей прямого распространения. Глубокие сверточные и рекуррентные нейронные сети.

### **Контрольные вопросы к теме 5.3**

1. Приведите постановку задачи машинного обучения. Охарактеризуйте основные режимы и методы обучения.
2. Перечислите и поясните основные этапы эволюции полно связанных 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.

## **6. Моделирование и идентификация систем управления**

**Тема 6.1. 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. Классификация систем управления.

### **Контрольные вопросы к теме 6.1**

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 используются имитационные модели. Назовите и поясните основные методы имитационного моделирования.

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

**Тема 6.2. 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.

### **Контрольные вопросы к теме 6.2**

1. Изложите суть процесса идентификации систем управления и его основные аспекты. Поясните, что понимается под идентификацией в узком и широком смыслах. 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 идентификации систем 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 6.3. 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.

### **Контрольные вопросы к теме 6.3**

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.

## **7. Управление организационно-технологическими и производственными системами**

**Тема 7.1. 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.

### **Контрольные вопросы к теме 7.1**

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 7.2. 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.

#### **Контрольные вопросы к теме 7.2**

1. Приведите типовую логическую схему проектирования. Перечислите структурные подсистемы системы автоматизированного 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 7.3. Методы теории расписаний.** Классификация задач теории расписаний. Методы решения задач комбинаторной оптимизации. Статические и динамические задачи теории расписаний. Одно приборные 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 7.3**

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.