

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Страхов С. Ю.
ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Автоматизированные системы управления боевыми авиационными комплексами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	ЭКЗ.
5	10	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.
ВСЕГО		7	252	85	51	0	34	167	0	0	167	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА _____
Жуков Юрий Александрович, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-5/23 — способность определять состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения
ОПК-7 — способен на основе анализа современного состояния и тенденций развития военной теории и практики организовывать разработку и разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов и их элементов, требования к условиям и тактике их боевого применения
ОПК-8 — способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-5/23

знания:

на уровне воспроизведения и понимания знать базовую структуру подсистем интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;;

умения:

теоретически и практически уметь формировать функциональной схему, состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения;

навыки:

иметь навыки и владеть практическими методами расчета и выбора элементов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения.

ОПК-7

знания:

на уровне воспроизведения и понимания знать:

- цели и задачи проектирования, требования к условиям и тактике боевого применения интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

- основные методы и средства проектирования робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

- стадии проектных работ робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

умения:

теоретически и практически уметь:

- выполнять анализ ТЗ,

- обосновывать эскизные, технические и рабочие проекты интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

- формировать и структурировать критерии качества условий функционирования и тактики боевого применения интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

навыки:

иметь навыки и владеть:

- основами разработки технического задания и критериев качества условий функционирования и тактики боевого применения интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

- методами организации и разработки эскизных, технических и рабочих проектов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.

ОПК-8

знания:

на уровне воспроизведения и понимания знать:

- общие и специальные вопросы теории, расчета и основ проектирования разных типов автоматических систем (АС) и систем управления, входящих в состав мехатронных и робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов;

- назначение, характеристики, физику процессов, принципы действия, а также основные структуры и типовые схемы электромеханических (приборных и силовых) и электрогидравлических следящих систем в составе интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

- методы прогнозирования характеристик и параметрической настройки интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

умения:

теоретически и практически уметь:

- разрабатывать функциональные схемы и математические модели разных типов автоматических систем в составе интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов;

- проводить исследования, имитационное моделирование и расчет интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов с многими нелинейностями, исследовать физику процессов;

навыки:

иметь навыки и владеть практическими методами анализа и синтеза линейных и нелинейных систем с заданным качеством регулирования, а также по критериям боевой и технико-экономической эффективности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-8 — способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности
- ПСК-4/23 — Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию для бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-5/23	ОПК-7	ОПК-8
5	9	Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов. 1.1 Цели и задачи проектирования систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов. Системный подход к проектированию. Основные методы и средства проектирования. 1.2 Стадии проектных работ. Стадия технического задания проектирования изделия. Эскизное проектирование. 1.3 Разработка концепции изделия. Анализ ТЗ, обоснование способов управления, формирование функциональной схемы. 1.4 Формирование критериев качества. Их структуризация. 1.5 Задачи интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 1.6 Структура интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 1.7 Состав и компоненты интегрированных робототехнических систем 1.8 Уровни автономности интегрированных робототехнических систем. Задачи управления.	22	10	8	2	12	10	30	10
5	9	Раздел 2. Модели интегрированных робототехнических систем. 2.1 Основные понятия теории математических моделей. Типовые модели Формирование математических моделей систем управления 2.2 Модели аэродинамики интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 2.3 Модели динамики интегрированных робототехнических летательных аппаратов 2.4 Модели динамики винтокрылых машин 2.5 Модели динамики машущего полета 2.6 Модели объектов систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	35	18	10	8	17	10	20	10
5	9	Раздел 3. Подсистемы управления объектами интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов. 3.1 Основные принципы управления, цели управления 3.2 Обзор методов управления интегрированными робототехническими системами 3.3 Особенности применения ПИД управления. Дискретизация регуляторов. Коррекция насыщения интегральной составляющей 3.4 Каскадное стабилизирующее управление 3.5 Управление на основе модели динамики 3.6 Синтез и реализация алгоритмов управления интегрированными робототехническими системами.	54	14	10	4	40	20	10	20
5	9	Раздел 4. Задачи и подсистемы очувствления и оценки состояния объектов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов. 4.1 Состав подсистемы очувствления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 4.2 Методы очувствления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 4.3 Методы оценки состояния интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	33	9	6	3	24	20	10	20
Всего за 9 семестр			144	51	34	17	93	60	70	60
5	10	Раздел 5. Расчет и выбор элементов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов. 1.1 Разработка функциональной схемы интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов 1.2 Расчет и выбор актуаторов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 1.3 Выбор элементов подсистемы очувствления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов 1.4 Выбор элементов системы управления полетом интегрированной робототехнической системы и комплексов вооружения летательных аппаратов 1.5 Выбор элементов телекоммуникационной подсистемы интегрированной робототехнической системы и комплексов вооружения летательных аппаратов.	64	20	10	10	44	20	20	20
5	10	Раздел 6. Разработка компьютерных моделей и задачи сквозного проектирования интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов. 1.1 Компьютерные модели, натурное и полунатурное моделирование интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов 1.2 Сквозное проектирование алгоритмического и программного обеспечения интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов.	44	14	7	7	30	20	10	20
Всего за 10 семестр			108	34	17	17	74	40	30	40
Всего по дисциплине			252	85	51	34	167	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Оценка элементов технического задания на проектирование интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов	2
2	Раздел 2. Модели интегрированных робототехнических систем.	Разработка модели динамики актуаторов беспилотного летательного аппарата	4
3		Разработка модели динамики квадрокоптера	4
4	Раздел 3. Подсистемы управления объектами интегрированных робототехнических систем и	Синтез методов управления в модели квадрокоптера	4

	комплексов вооружения летательных аппаратов.		
5	Раздел 4. Задачи и подсистемы очувствления и оценки состояния объектов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Синтез наблюдателя состояния	3
Всего за 9 семестр			17
6	Раздел 5. Расчет и выбор элементов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Расчет и выбор элементов интегрированной робототехнической системы	4
7		Разработка алгоритмов оценки положения и фильтрации данных	2
8		Разработка алгоритмов планирования траектории и наведения	4
9	Раздел 6. Разработка компьютерных моделей и задачи сквозного проектирования интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов.	Разработка модели системы управления беспилотным летательным аппаратом	4
10		Разработка алгоритмов и программного обеспечения системы управления управления беспилотным летательным аппаратом	3
Всего за 10 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	12
2	Раздел 2. Модели интегрированных робототехнических систем.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	17
3	Раздел 3. Подсистемы управления объектами интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	40
4	Раздел 4. Задачи и подсистемы очувствления и оценки состояния объектов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	24
Всего за 9 семестр			93
5	Раздел 5. Расчет и выбор элементов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	44
6	Раздел 6. Разработка компьютерных моделей и задачи сквозного проектирования интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	30
Всего за 10 семестр			74

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9		ВРЗД		ВРЗД	ИПЗ	ДР			ВРЗД	ДР	ИПЗ			ВРЗД	ИПЗ	ДР	Вопр. Экз
10				ВРЗД	ИПЗ	ДР			ВРЗД	ДР	ИПЗ			ВРЗД	ИПЗ	ДР	Вопр. Зач, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен;
- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
2. Е. И. Юревич. . Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 41 экз.
3. Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления. М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002, 18 экз.
4. Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2015, эл. рес.
5. С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, Е. М. Воронов. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 2 Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Авиакосмическое приборостроение;
2. Вестник воздушно-космической обороны;
3. Вопросы оборонной техники. Серия 16;
4. Датчики и системы;
5. Информационно-измерительные и управляющие системы;
6. Проблемы машиностроения и автоматизации.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению **24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов**. Дисциплина реализуется на факультете **И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ"** им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5/23 способность определять состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения;

ОПК-7 способен на основе анализа современного состояния и тенденций развития военной теории и практики организовывать разработку и разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов и их элементов, требования к условиям и тактике их боевого применения;

ОПК-8 способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с описанием проблем и принципов управления робототехническими системами (РТС); математическим описанием робота, как многосвязной РТС; созданием имитационных моделей РТС; описанием методов управления РТС основанных на классической и современной теории управления; с общими и специальными вопросами теории, расчета и основ проектирования разных типов автоматических систем (АС) и систем управления, входящих в состав мехатронных и робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен;
- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **7 з.е., 252 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**167 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 252 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 167 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления: М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002 (гл.1) Е. И. Юревич. . Основы робототехники: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (гл.1) А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (гл. 1) Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (гл.1, гл. 6)	12
Итого по разделу 1		12
Раздел 2. Модели интегрированных робототехнических систем.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (гл.2, гл.3) С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (гл.2, гл.3, гл.6) Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (гл.3, гл.4, гл.5)	17
Итого по разделу 2		17
Раздел 3. Подсистемы управления объектами интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (гл.6) Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления: М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002 (гл.3, гл.4) С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (гл.7) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, Е. М. Воронов. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 2 Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (гл. 3)	40
Итого по разделу 3		40
Раздел 4. Задачи и подсистемы очувствления и оценки состояния объектов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (гл.7, гл.8) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, Е. М. Воронов. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 2 Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (гл. 4)	24
Итого по разделу 4		24
Раздел 5. Расчет и выбор элементов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.		

Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (гл.7)	44
Итого по разделу 5		44
Раздел 6. Разработка компьютерных моделей и задачи сквозного проектирования интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (гл.10, гл.11, гл.13) Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления: М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002 (гл. 13) А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (гл.4)	30
Итого по разделу 6		30

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к экзамену;
- вопросы к зачету;
- экзамен;
- зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы по разделу

Перечень вопросов по разделам приведён в УМК дисциплины

Индивидуальное практическое задание

Предлагаются 2 индивидуальных домашних задания по тематикам, определенным в УМК дисциплины.

Домашнее задание выполняются по индивидуальным вариантам, представляются ответы в форме отчетов о ходе решения задач. Отчеты должны содержать титульный лист, содержание, ход работы, заключение. Оформление таблиц, иллюстраций, формул должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017.

Индивидуальные задания по вариантам и примеры отчетов приведены в УМК дисциплины.

Процедура приема домашних заданий включает проверку разработанных программ (моделей) в среде математического моделирования, демонстрацию функционирования программных модулей. Устных ответов на вопросы преподавателя.

Представленный по требованиям отчет, полное решение домашнего задания, ответы на не менее 60% вопросов преподавателя оценивается на итоговую оценку "зачтено". При несоответствии требованиям к оформлению отчета, при грубых ошибках в решении, при неверных ответах на вопросы итоговая оценка не выставляется, задание считается невыполненным.

Вопросы к экзамену

Перечень вопросов к экзамену приведён в УМК дисциплины

Вопросы к зачету

Перечень вопросов к зачету приведён в УМК дисциплины

Экзамен

Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, содержащим 2 вопроса, время на подготовку ответов - 20 минут. При правильных и полных ответах оценка отлично. Если ответ неполный, преподаватель задаёт дополнительные вопросы. При правильных ответах на все вопросы - оценка отлично, в противном случае если правильных ответов более 80% - оценка хорошо. Для получения удовлетворительной оценки нужно правильно ответить не менее, чем на 60% вопросов.

Зачет

Студент получает зачет по результатам представленных и успешно защищенных отчетов по всем индивидуальным заданиям

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-5/23	ОПК-7	ОПК-8	
5	9	Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	22	10	8	2	12	10	30	10	Вопросы по разделу
5	9	Раздел 2. Модели интегрированных робототехнических систем.	35	18	10	8	17	10	20	10	Вопросы по разделу, Индивидуальное практическое задание
5	9	Раздел 3. Подсистемы управления объектами интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	54	14	10	4	40	20	10	20	Вопросы по разделу, Индивидуальное практическое задание
5	9	Раздел 4. Задачи и подсистемы очувствления и оценки состояния объектов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	33	9	6	3	24	20	10	20	Вопросы по разделу, Вопросы к экзамену
Всего за 9 семестр			144	51	34	17	93	60	70	60	
5	10	Раздел 5. Расчет и выбор элементов интегрированных робототехнических систем и комплексов вооружения летательных аппаратов.	64	20	10	10	44	20	20	20	Вопросы по разделу, Индивидуальное практическое задание
5	10	Раздел 6. Разработка компьютерных моделей и задачи сквозного проектирования интегрированной робототехнической системы и комплекса вооружения летательных аппаратов.	44	14	7	7	30	20	10	20	Вопросы к зачету, Индивидуальное практическое задание
Всего за 10 семестр			108	34	17	17	74	40	30	40	
Всего по дисциплине			252	85	51	34	167	100	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-5/23

Вопросы открытого типа:

№ 1 Определите подсистемам РТК

(из списка: человеко-машинный интерфейс, система управления приводами, приводы степенями подвижности)
соответствующие уровни.

Нижний уровень —

Средний уровень —

Верхний уровень —

№ 2 В большинстве РТК к какому классу принадлежат кинематические пары, образуемые звеньями манипуляторов?

Выберите один ответ:

- 3 классу
- 6 классу
- 5 классу
- 4 классу

№ 3 Какой порядок имеет линейное уравнение состояния $\dot{x} = A \cdot x + B \cdot u$ для описания привода постоянного тока с независимым возбуждением при учете электромагнитных процессов в обмотках, жесткости редуктора и управлении по углу?

- 2 порядок
- 3 порядок
- 4 порядок
- 5 порядок

№ 4 При раздельном управлении приводами робота не учитывается:

Выберите один или несколько ответов:

- влияние внешних сил на привод звена
- изменение моментов инерции объекта управления привода
- взаимовлияние гравитационных сил звеньев
- взаимовлияние центробежных и кориолисовых сил звеньев

№ 5 При реализации подчиненного регулирования приводом звена робота, как правило, количество датчиков относительно применения последовательной коррекции ...

Выберите один ответ:

- не изменяется
- увеличивается
- уменьшается

№ 6 При управлении приводами робота на основе модели механики требуется ...

Выберите один ответ:

- решение обратной задачи динамики

- обратная связь по ускорениям звеньев робота
- решение прямой задачи динамики
- решение задачи динамики привода

№ 7 При синтезе последовательной коррекции привода звена робота, как правило:

Выберите один или несколько ответов:

- применяется интегральные звенья
- используются местные обратные связи
- применяется дифференциальные звенья
- не учитывают внешние возмущения

№ 8 Как реализуется метод подчиненного регулирования в электромеханическом приводе?

Выберите один или несколько ответов:

- синтезом регуляторов контуров тока, скорости и положения
- на основе синтеза наблюдателей состояния
- введением коррекций по возмущающим силам
- введением корректирующих обратных связей по току, по скорости и положению привода

№ 9 Какой тип привода преимущественно использовать при реализации управления приводами робота на основе закона $\tau = M \cdot (\ddot{d} + K_p \cdot e + K_d \cdot \dot{e}) + N$

Выберите один ответ:

- привод постоянного тока
- привод переменного тока
- моментный привод
- шаговый привод

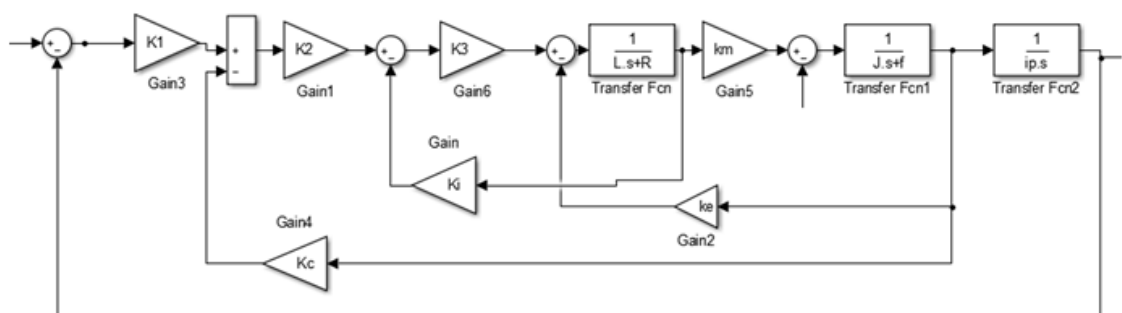
№ 10 Какой класс неопределенности наиболее сложен при решении задачи адаптивного управления?

Выберите один ответ:

- Функциональная неопределенность
- Структурная неопределенность
- Параметрическая неопределенность

Вопросы закрытого типа:

№ 1 В представленной модели привода



Заданы параметры

$K_2=10$, $K_3=10$, $k_m=0.05$, $k_e=0.05$, $L=0.1$, $R=0.1$, $J=0.001$, $f=0.001$, $i_p=100$

Найти параметры K_1 , K_i , K_c , дающей нормированный характеристический полином замкнутой системы

$Pr(s)=s^3+10s^2+50s+100$

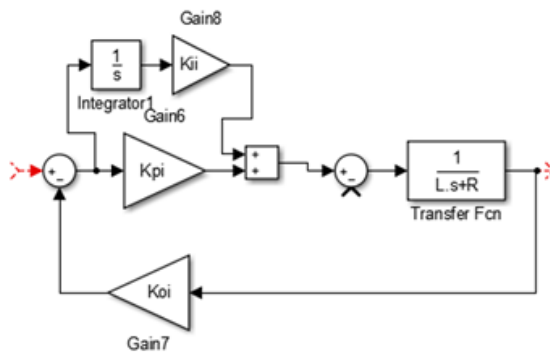
(значение привести в экспоненциальной форме с округлением до десятой)

$K_1=$

$K_i=$

$K_c=$

№ 2 В представленной модели электромагнитной части привода



Заданы параметры $K_{oi}=1$, $L=0.1$, $R=0.1$

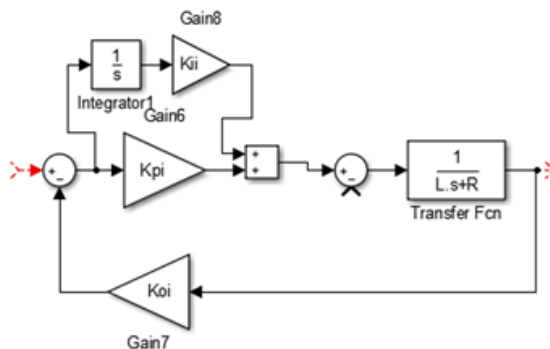
Найти параметры K_{pi} и K_{ii} , дающие нормированный характеристический полином

$Pr(s)=s^2+200s+10000$

$K_{pi}=...$

$K_{ii}=...$

№ 3 В представленной модели электромагнитной части привода



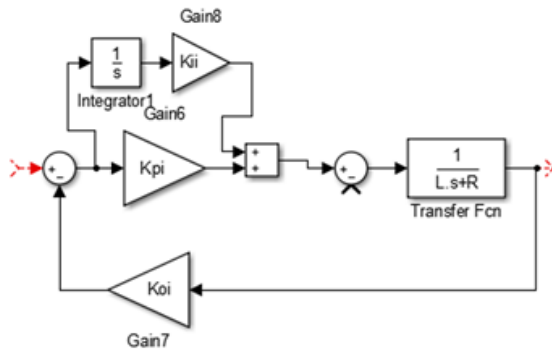
Найти параметры K_{pi} и K_{ii} , обеспечивающие разомкнутой системе

$$W(s) = \frac{\omega_0}{s}, \quad \omega_0 = 100$$

$K_{pi}=...$

$K_{ii}=...$

№ 4 В представленной модели электромагнитной части привода



Заданы параметры $K_{oi}=1$, $L=0.1$, $R=1$

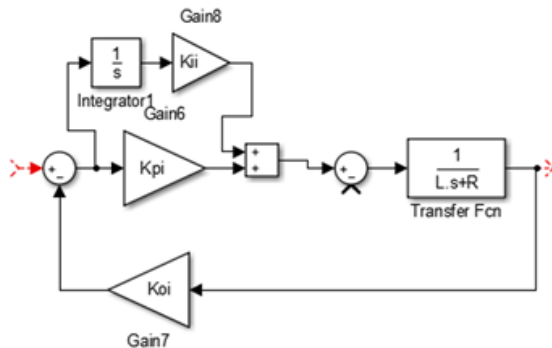
Найти параметры K_{pi} и K_{ii} , дающие нормированный характеристический полином

$$Pr(s)=s^2+100s+1000$$

$K_{pi}=\dots$

$K_{ii}=\dots$

№ 5 В представленной модели электромагнитной части привода



Заданы параметры $K_{oi}=1$, $L=0.1$, $R=1$

Найти параметры K_{pi} и K_{ii} , обеспечивающие разомкнутой системе

$$W(s) = \frac{\omega_0}{s}, \quad \omega_0 = 1000$$

$K_{pi}=\dots$

$K_{ii}=\dots$

№ 6 При синтезе по эталонному полиному ПИД-регулятора для объекта с передаточной функцией третьего порядка вида

$W(s)=K/B(s)$, где $B(s)$ - полином 3 степени.

Какие коэффициенты a_1 и a_2 нормированного полинома

$$P=s^3+a_1*\omega_0*s^2+a_2*\omega_0^2*s+\omega_0^3$$

предпочтительно выбрать?

$a_1=\dots$

$a_2=\dots$

№ 7 В большинстве РТС к какому классу принадлежат кинематические пары, образуемые звеньями манипуляторов?

Класс=...

№ 8 Сколько параметров Денавита-Хартенберга описывают кинематику звена робота

$N=\dots$

№ 9 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ($\tau=M\cdot(\ddot{q}_d+K_p\cdot e+K_d\cdot\dot{e})+N$, где \ddot{q}_d — заданное

ускорение, M — матрица инерции, K_d и K_p — стабилизирующий закон регулирования, N — вектор кориолисовых, центробежных и гравитационных сил) и нулевых силах возмущения $td=0$ (M и N точно определяют динамику робота).

Чему равна ошибка e в установившемся позиционном регулировании.

$e=...$

№ 10 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ($\tau=M\cdot(\ddot{q}_d+K_p\cdot e+K_d\cdot\dot{e})+N$) определите коэффициенты ПД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой $\omega=20$

$K_p=...$

$K_d=...$

ОПК-7

Вопросы открытого типа:

№ 1 Какую задачу решает метод максимума Понтрягина?

Выберите один ответ:

- Задачу синтеза адаптивной системы
- Задачу синтеза робастной системы
- Задачу синтеза оптимального регулятора
- Задачу интеллектуального управления

№ 2 Применяя принцип максимума Понтрягина для системы управления находят:

Выберите один или несколько ответов:

- Максимум интегрального критерия качества
- Оптимальное управление системой
- Максимум степени устойчивости системы
- Минимум интегрального критерия качества

№ 3 При синтезе LQG – регулятора находят:

Выберите один или несколько ответов:

- Коэффициенты усиления в каналах обратной связи системы
- Коэффициенты обратной связи по оценке вектора состояния системы
- Параметры наблюдателя состояния
- Коэффициенты обратной связи по вектору состояний системы

№ 4 Какие задачи решает наблюдатель состояния?

Выберите один ответ:

- Оценку вектора состояния
- Фильтрацию вектора состояния
- Предсказание состояния системы
- Фильтрацию возмущений

№ 5 Какую систему называют полностью управляемой?

Выберите один ответ:

- У которой ранг матрицы наблюдаемости больше порядка системы

- В которой можно создать любое управление
 - У которой ранг матрицы наблюдаемости равен порядку системы
 - У которой ранг матрицы управляемости равен порядку системы
- № 6 Какую систему называют полностью наблюдаемой?
- Выберите один ответ:
- У которой ранг матрицы наблюдаемости равен порядку системы
 - У которой ранг матрицы управляемости больше порядка системы
 - В которой можно обеспечить любое качество переходных процессов
 - У которой ранг матрицы управляемости равен порядку системы
- № 7 В чем проявляются достоинства наблюдателя?
- Выберите один или несколько ответов:
- Возможность стабилизации по вектору состояния без измерения полного вектора состояния
 - Возможность стабилизации с заданным качеством регулирования
 - Зависимость оценки стабилизации от нестационарных шумов
 - Зависимость оценки состояния от структурной, функциональной и параметрической неопределенности
- № 8 Какие параметры задают при синтезе LQG регулятора?
- Выберите один или несколько ответов:
- Параметры модели пространства состояния системы
 - Амплитуду входного сигнала
 - Желаемую степень устойчивости системы
 - Желаемое время переходного процесса
 - Ковариационную матрицу шумов возмущений и наблюдений
- № 9 Какие преимущества дает метод управления роботом на основе расчетного момента?
- Выберите один или несколько ответов:
- Линейное уравнение по ошибкам
 - Компенсацию нелинейных внутренних связей
 - Увеличение быстродействия
 - Снижение энергозатрат при управлении
- № 10 При робастном управлении мехатронными системами основной задачей является:
- Выберите один или несколько ответов:
- Обеспечение максимального быстродействия системы управления
 - Достижение минимальной чувствительности системы к шумам и вариациям параметров в контуре управления
 - Обеспечение в системе максимальной степени устойчивости при наличии неопределенности

- Достижение максимальной чувствительности системы управления по управляющим сигналам

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Система $\dot{x}=Ax+Bu$, $y=Cx+Du$ имеет порядок $n=7$. Ранг матрицы наблюдаемости $\text{rank}\{K_o\}=5$. Сколько ненаблюдаемых переменных состояния N_u содержит система?
- $N_u=$
- № 2 Система $\dot{x}=Ax+Bu$, $y=Cx+Du$ имеет порядок $n=7$. Количество ненаблюдаемых переменных состояния $N_u=3$.
- Какое значение имеет ранг матрицы наблюдаемости $\text{rank}\{K_o\}$?
- $\text{rank}\{K_o\}= \dots$
- № 3 Система $\dot{x}=Ax+Bu$, $y=Cx+Du$ имеет порядок $n=6$. Ранг матрицы управляемости $\text{rank}\{K_u\}=5$. Сколько неуправляемых переменных состояния N_u содержит система?
- $N_u=$
- № 4 Система $\dot{x}=Ax+Bu$, $y=Cx+Du$ имеет порядок $n=6$. Количество неуправляемых переменных состояния $N_u=2$.
- Какое значение имеет ранг матрицы управляемости $\text{rank}\{K_u\}$?
- $\text{rank}\{K_u\}= \dots$
- № 5 Приводы робота управляются на основе расчетного момента
- $(\tau=M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \dot{e} + K_d \cdot \ddot{e}) + N)$, где $\dot{e}=\dot{e}$, синтез ПИД управления реализуется из выражений $\omega=\text{const}$, $K_i=\omega \cdot \omega \cdot \omega$, $K_p=3 \cdot \omega \cdot \omega$, $K_d=3 \cdot \omega$ Жесткость механической передачи $C=1000$ Нм/рад. Максимальный момент инерции нагрузки $J=1$ кг*м*м. Какое пороговое значение имеет ω_p (без учета динамики привода)?
- Рассчитайте значение:
- $\omega_p= \dots$
- № 6 При управлении приводами робота на основе расчетного момента $(\tau=M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \dot{e} + K_d \cdot \ddot{e}) + N)$, где $\dot{e}=\dot{e}$ определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой $\omega=10$
- $K_p= \dots$
- $K_i= \dots$
- $K_d= \dots$
- № 7 При управлении приводами робота на основе расчетного момента $(\tau=M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \dot{e} + K_d \cdot \ddot{e}) + N)$, где $\dot{e}=\dot{e}$ определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой $\omega=5$
- $K_p= \dots$
- $K_i= \dots$
- $K_d= \dots$
- № 8 При управлении приводами робота на основе расчетного момента $(\tau=M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_d \cdot \ddot{e}) + N)$ определите коэффициенты ПД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой $\omega=5$
- $K_p= \dots$
- $K_d= \dots$
- № 9 При управлении приводами робота на основе расчетного момента $(\tau=M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_d \cdot \ddot{e}) + N)$ определите коэффициенты ПД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой $\omega=10$
- $K_p= \dots$
- $K_d= \dots$
- № 10 Какой общий порядок S имеет уравнение механики $M(q, \xi) \cdot \ddot{q} + N(q, \dot{q}, \xi) = \tau$ для пятизвенного

ОПК-8

манипулятора, у которого все кинематические пары принадлежат 5 классу?

$S = \dots$

№ 1

Вопросы открытого типа:

Сопоставьте определения ...

аналоговая система - Ответ 1 Выберите из списка ...

нелинейная система - Ответ 2 Выберите из списка ...

цифровая система - Ответ 3 Выберите из списка ...

линейная система - Ответ 4 Выберите из списка ...

список:

- выполняется принцип суперпозиции
- не выполняется принцип суперпозиции
- описывается разностными уравнениями
- описывается дифференциальными уравнениями

№ 2

Сопоставьте определения ...

у нестационарной системы - Ответ 1 Выберите из списка ...

система с распределенными параметрами - Ответ 2 Выберите из списка ...

система с сосредоточенными параметрами - Ответ 3 Выберите из списка ...

у стационарной системы - Ответ 4 Выберите из списка ...

список:

- описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями
- описывается дифференциальными уравнениями в частных производных
- параметры постоянны во времени
- параметры изменяются в времени

№ 3

Сопоставьте этапы идентификации модели объекта

1 этап - Ответ 1 Выберите...

2 этап - Ответ 2 Выберите...

3 этап - Ответ 3 Выберите...

4 этап - Ответ 4 Выберите...

5 этап - Ответ 5 Выберите...

Список:

- проверка параметров
- планирование эксперимента
- оценка параметров
- обоснование критерия оценки качества модели
- выбор структуры модели

- № 4 Отметьте общие задачи предварительного проектирования
- Выберите один или несколько ответов:
- Анализ и синтез системы управления
 - Разработка технической документации проекта
 - Определение структуры системы управления
 - Испытания системы управления
- № 5 Отметьте общие задачи эскизного проектирования
- Выберите один или несколько ответов:
- Анализ и синтез системы управления
 - Разработка методов изготовления и технологической документации
 - Испытания системы управления
 - Разработка технической документации проекта
- № 6 Отметьте задачи проектирования системы управления роботом
- Выберите один или несколько ответов:
- Выбор датчиков
 - Синтез и реализация алгоритмов управления
 - Конструктивный расчет звеньев робота
 - Выбор исполнительных механизмов
 - Разработка кинематической схемы робота
- № 7 При синтезе систем управления применяются следующие модели:
- Выберите один или несколько ответов:
- Модели пространства состояния
 - Передаточные функции
 - Уравнения в частных производных
 - Дифференциальные уравнения
 - Модели деревьев решений
- № 8 При управлении на основе обратной модели объекта для достижения минимальной ошибки должны выполняться условия:
- Выберите один или несколько ответов:
- Управление должно быть ограниченным
 - Модель возмущения должна быть линейной
 - Модель объекта должна быть точной
 - Модель объекта должна быть линейной
 - Должна существовать и реализовываться обратная модель
 - Должна существовать оценка возмущения
- № 9 При управлении на основе обратной связи по регулируемой величине точность зависит:

Выберите один или несколько ответов:

- От точности математического описания объектов управления
- От качества синтеза регуляторов
- От точности датчиков каналов обратной связи
- От ограничений по управляющему воздействию

№ 10 К измерительной подсистеме системы управления предъявляют требования:

Выберите один или несколько ответов:

- Заданная точность
- Заданное быстродействие
- Помехоустойчивость
- Запас устойчивости
- Грузоподъемность

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Система $\dot{x} = Ax + Bu$ задана матрицами.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D = 0;$$

Найти коэффициенты обратной связи $k_1 = \dots$ и $k_2 = \dots$, такие, что у замкнутой системы $A - BK$ ($K = [k_1 \ k_2]$) будут полюса $s_1 = -1$ и $s_2 = -2$

№ 2 Система $\dot{x} = Ax + Bu$ задана матрицами.

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D = 0;$$

Найти коэффициенты обратной связи $k_1 = \dots$ и $k_2 = \dots$, такие, что у замкнутой системы $A - BK$ будут полюса $s_1 = -1$ и $s_2 = -2$

№ 3 В системе разрабатывается наблюдатель состояния

$$\begin{cases} \frac{d\hat{x}}{dt} = [A - LC - (B - LD)K]\hat{x} + Ly \\ u = -K\hat{x} \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix};$$

Найти коэффициенты обратной связи $L_1 = \dots$ и $L_2 = \dots$, такие, что у матрицы $A - LC$ будут полюса $s_1 = -1$ и $s_2 = -2$

№ 4 В системе разрабатывается наблюдатель состояния

$$\begin{cases} \frac{d\hat{x}}{dt} = [A - LC - (B - LD)K]\hat{x} + Ly \\ u = -K\hat{x} \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix};$$

Найти коэффициенты обратной связи $L_1 = \dots$ и $L_2 = \dots$, такие, что у матрицы $A - LC$ будут полюса $s_1 = -1$ и $s_2 = -2$

№ 5

При управлении приводами робота на основе расчетного момента ($\tau = M \cdot (\ddot{q}d + K_p \cdot e + K_i \cdot \epsilon + K_d \cdot \dot{e}) + N$, где $\epsilon = e$) определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего следующие действительные корни характеристическим полиномом: $p_1 = -5$, $p_2 = -3$, $p_3 = -2$

$$K_p = \dots$$

$$K_i = \dots$$

$$K_d = \dots$$

№ 6

При управлении приводами робота на основе расчетного момента ($\tau = M \cdot (\ddot{q}d + K_p \cdot e + K_i \cdot \epsilon + K_d \cdot \dot{e}) + N$, где $\epsilon = e$) определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего следующие действительные корни характеристическим полиномом: $p_1 = -5$, $p_2 = -4$, $p_3 = -6$

$$K_p = \dots$$

$$K_i = \dots$$

$$K_d = \dots$$

№ 7

При синтезе на основе эталонных характеристических полиномов для системы 4 порядка

$$P(s) = s^4 + a_1 \omega_0 s^3 + a_2 (\omega_0)^2 s^2 + a_3 (\omega_0)^2 s + (\omega_0)^4$$

(\wedge - знак возведения в степень)

кратным действительными корням соответствует нормированный полином с параметрами ...

$$a_1 = \dots$$

$$a_2 = \dots$$

$$a_3 = \dots$$

№ 8

При синтезе на основе эталонных характеристических полиномов для системы 3 порядка

$$P(s) = s^3 + a_1 \omega_0 s^2 + a_2 (\omega_0)^2 s + (\omega_0)^3$$

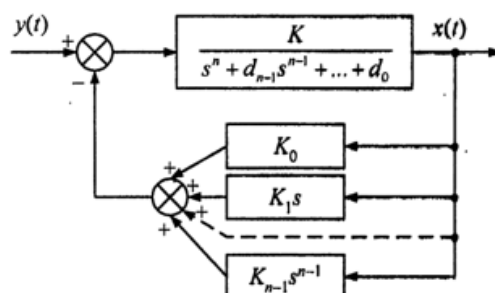
кратным действительными корням соответствует нормированный полином с параметрами ...

$$a_1 = \dots$$

$$a_2 = \dots$$

№ 9

Синтезируется система "вход-выход" на основе корневого метода.



Как показано на рисунке, заданы коэффициенты полинома разомкнутой системы d_i и коэффициент усиления K :

$$n=4$$

$$d_3=10$$

$$d_2=400$$

$$d_1=3000$$

$$d_0=9900$$

$$K=100$$

Какой выбор коэффициентов обратной связи по производным K_i обеспечит желаемый характеристический полином замкнутой системы

$$Pr(s)=s^4+40s^3+600s^2+4000s+10000 \quad (^{\wedge} - \text{знак возведения в степень})?$$

$$K_0=...$$

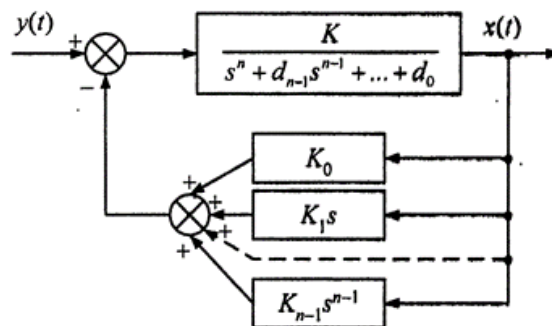
$$K_1=...$$

$$K_2=...$$

$$K_3=...$$

№ 10

Синтезируется система "вход-выход" на основе корневого метода.



Как показано на рисунке, заданы коэффициенты полинома разомкнутой системы d_i и коэффициент усиления K :

$$n=4$$

$$d_3=10$$

$$d_2=50$$

$$d_1=300$$

$$d_0=25$$

$$K=100$$

Какой выбор коэффициентов обратной связи по производным K_i обеспечит желаемый характеристический полином замкнутой системы

$$Pr(s)=s^4+20s^3+150s^2+500s+625 \quad (^{\wedge} \text{ знак возведения в степень})?$$

$$K_0=...$$

$$K_1=...$$

$$K_2=...$$

$$K_3=...$$