

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	15.03.06 Мехатроника и робототехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Мехатроника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА
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	
4	7	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

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-1.1 — способность составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

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 и систем;
- назначение, характеристики, физику процессов, принципы действия, а также основные структуры и типовые схемы электромеханических (приборных и силовых) и электрогидравлических следящих систем;
- методы прогнозирования характеристик и параметрической настройки сложных АС;

умения:

теоретически и практически уметь:

- разрабатывать функциональные схемы и математические модели разных типов автоматических систем;
- применять методы синтеза корректирующих устройств автоматических систем;
- проводить исследования, имитационное моделирование и расчет АС с многими нелинейностями, исследовать физику процессов;

навыки:

иметь навыки и владеть практическими методами анализа и синтеза линейных и нелинейных систем с заданным качеством регулирования, иметь навыки исследования автоматических систем в пакетах и средах математического моделирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.06 Мехатроника и робототехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ И МЕХАТРОНИКИ, ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ПРИВОДЫ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-11 — Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем
- ПСК-1.5 — Способен проектировать, программировать, отлаживать и настраивать электронные блоки и микропроцессорные системы управления мехатронными и робототехническими системами

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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-1.1
4	7	Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления. 1.1 Цели и задачи проектирования систем. Системный подход к проектированию. Основные методы и средства проектирования 1.2 Стадии проектных работ СУ. 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.	12	8	6	2	4	10
4	7	Раздел 2. Раздел 2. Принципы и методы управления. Модели объектов управления. 2.1 Основные принципы управления, цели управления 2.2 Основные понятия теории математических моделей. Типовые модели. Формирование математических моделей СУ 2.3 Понятие о идентификации объекта управления. Метод наименьших квадратов 2.4 Модели объектов управления - приводов мехатронных систем.	24	12	8	4	12	10
4	7	Раздел 3. Раздел 3. Методы синтеза систем управления. 3.1 Постановка задачи синтеза. Этапы синтеза 3.2 Принцип динамической компенсации 3.3 Методы аналитического синтеза систем управления 3.3.1 Метод логарифмических частотных характеристик 3.3.2 Метод нормированных характеристических полиномов. Примеры синтеза следящих систем. Синтез системы подчиненного регулирования 3.3.3 Корневые методы синтеза.	52	16	12	4	36	50
4	7	Раздел 4. Раздел 4. Проектирование оптимальных систем управления. 4.1 Задача оптимального синтеза. Критерии оптимальности 4.2 Методы оптимального синтеза регуляторов 4.3 Аналитическое конструирование регуляторов на основе линейно-квадратичного критерия качества 4.4 Квазиоптимальный синтез в пакетах математического регулирования.	28	8	4	4	20	20
4	7	Раздел 5. Раздел 5. Учет нелинейностей при проектировании систем управления. 5.1 Нелинейности и ограничения в системах управления. Шумы датчиков информационной системы 5.2 Выбор и учет дискретности датчиков в каналах обратной связи 5.3 Применение планировщиков траектории 5.4 Цифровая фильтрация. Применение аналоговых и цифровых фильтров в каналах обратной связи 5.5 Методы коррекции интегрального насыщения ПИД регуляторов 5.6 Коррекция систем с запаздыванием.	28	7	4	3	21	10
Всего за 7 семестр			144	51	34	17	93	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	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.	Разработка имитационной модели динамики системы управления приводами робота	2
2	Раздел 2. Раздел 2. Принципы и методы управления. Модели объектов управления.	Модель системы управления двухзвенным манипуляционным роботом	2
3		Модель динамики трений ЛуГре	2
4	Раздел 3. Раздел 3. Методы синтеза систем управления.	Синтез ПИД регуляторов методом типовых нормированных характеристических уравнений в системах управления по скорости и углу	1
5		Синтез системы подчиненного регулирования	1
6		Синтез астатической системы первого порядка частотным методом	1
7		Синтез обратных связей методом типовых нормированных характеристических уравнений в системе управления по углу (ДПТ токовая и скоростная ОС)	1
8		Раздел 4. Раздел 4. Проектирование оптимальных систем управления.	Квазиоптимальный синтез ПД, ПИД-регуляторов
9		Линейно-квадратичное управление. Пример LQR-синтеза обратных связей.	2
10	Раздел 5. Раздел 5. Учет нелинейностей при проектировании систем управления.	Оценка влияния шумов датчиков информационной системы	1
11		Алгоритмы коррекции насыщения интегральной составляющей, дискретизация регуляторов	2
Всего за 7 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.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	4
2	Раздел 2. Раздел 2. Принципы и методы управления. Модели объектов управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям.	12
3	Раздел 3. Раздел 3. Методы синтеза систем управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	36
4	Раздел 4. Раздел 4. Проектирование оптимальных систем управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	20
5	Раздел 5. Раздел 5. Учет нелинейностей при проектировании систем управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям, практическим занятиям, к защите курсовой работы.	21
Всего за 7 семестр			93

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
7			ВРЗЛ		ЛЗ	ЛР			ВРЗЛ	ЛР	ЛЗ	ВРЗЛ	ЛЗ	ВРЗЛ	ЛЗ	ЛР	Вопр. Диф. Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;

- ДЗ – домашнее задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. З. Копылов. . Проектирование мехатронных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. А. М. Потапов. . Расчёт нелинейных следящих систем. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1984, 159 экз.
3. А. П. Лукинов. . Проектирование мехатронных и робототехнических устройств. СПб.: Лань, 2018, 10 экз.
4. А. П. Лукинов. . Проектирование мехатронных и робототехнических устройств. СПб.: Лань, 2022, эл. рес.
5. В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003, 169 экз.
6. В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов. . Математические основы теории автоматического управления. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , эл. рес.
7. Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
8. Е. И. Юревич. . Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 41 экз.
9. И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 106 экз.
10. Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления. М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002, 18 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. М. Потапов. . Основы расчёта и проектирования линейных следящих систем. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1980, 3 экз.
2. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Баркин. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 4 Теория оптимизации систем автоматического управления. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, 2 экз.
3. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Баркин. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 2 Синтез регуляторов и теория оптимизации систем автоматического управления. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , 2 экз.
4. 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. Автоматизация процессов управления;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы;
3. 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/> — электронная библиотека "Военмех" — 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»;
3. <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 **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.06 Мехатроника и робототехника*. 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-1.1 способность составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией, расчетом и основами проектирования разных типов автоматических систем и систем управления, входящих в состав мехатронных и робототехнических комплексов и систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 з.е., **144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (гл. 1) Е. И. Юревич. . Основы робототехники: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (гл. 4,5) А. З. Копылов. . Проектирование мехатронных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (гл. 1) А. М. Потапов. . Расчёт нелинейных следящих систем: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1984 (гл. 1) Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления: М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002 (гл. 1) А. П. Лукинов. . Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: СПб.: Лань, 2018 (гл. 1,2,3) А. М. Потапов. . Основы расчёта и проектирования линейных следящих систем: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1980 (гл. 1) В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (гл. 1,2) 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. 1)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Раздел 2. Принципы и методы управления. Модели объектов управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям.	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (гл. 3,4,5) 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. 4.1,4.2) В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов. . Математические основы теории автоматического управления: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (гл. 5)	12
Итого по разделу 2		12
Раздел 3. Раздел 3. Методы синтеза систем управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (гл. 12,13) Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления: М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002 (гл. 10,11,13) Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Москва: Юрайт, 2020 (Том 2. Гл. 8) А. П. Лукинов. . Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: СПб.: Лань, 2018 (гл. 10) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Баркин. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 4 Теория оптимизации систем автоматического управления: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (гл.1,2,3,4)	36
Итого по разделу 3		36
Раздел 4. Раздел 4. Проектирование оптимальных систем управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (гл. 24) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Баркин. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 2 Синтез регуляторов и теория оптимизации систем автоматического управления: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (Часть III Гл. 1-5) Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Москва: Юрайт, 2020 (Том 2. Гл. 9)	20
Итого по разделу 4		20
Раздел 5. Раздел 5. Учет нелинейностей при проектировании систем управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям,	Р. Дорф, Р. Бишоп. . Современные системы управления: М.: Лаб. Базовых Знаний, 2002 (гл. 13) А. П. Лукинов. . Проектирование мехатронных и робототехнических	21

практическим занятиям, к защите курсовой работы.	устройств: СПб.: Лань, 2022 (гл.10) В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (гл. 16)	
Итого по разделу 5		21

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный 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

Домашнее задание

Предлагаются домашние задание по темам:

1. Энергетический расчет трехзвенного робота
2. Расчет и выбор элементов системы приводов трехзвенного робота
3. Синтез алгоритмов управления трехзвенным роботом
4. Разработка алгоритмического и программного обеспечения системы управления приводами робота

Домашнее задание выполняется 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.

Полное безошибочное решение домашнего задания оценивается на итоговую оценку 5 ("отлично"). При несоответствии требованиям к оформлению отчета итоговая оценка снижается на 1.0 балла. При неполных или неверных ответах на вопросы итоговая оценка снижается на 1.0-2.0 балла

Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень вопросов по разделам приведён в УМК дисциплины

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет 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.

Паспорт фонда оценочных средств

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-1.1	
4	7	Раздел 1. Общие вопросы проектирования систем управления.	12	8	6	2	4	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 2. Раздел 2. Принципы и методы управления. Модели объектов управления.	24	12	8	4	12	10	Вопросы по разделу, Домашнее задание
4	7	Раздел 3. Раздел 3. Методы синтеза систем управления.	52	16	12	4	36	50	Вопросы по разделу, Домашнее задание
4	7	Раздел 4. Раздел 4. Проектирование оптимальных систем управления.	28	8	4	4	20	20	Вопросы по разделу, Домашнее задание
4	7	Раздел 5. Раздел 5. Учет нелинейностей при проектировании систем управления.	28	7	4	3	21	10	Вопросы по разделу, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			144	51	34	17	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

№ 1 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 При синтезе на основе эталонных характеристических полиномов для системы 4 порядка

$$P(s)=s^4+a1*\omega_0*s^3+a2*(\omega_0)^2*s^2+a3*(\omega_0)^3*s+(\omega_0)^4$$

кратным действительными корням соответствует нормированный полином с параметрами ...

a1=...

a2=...

a3=...

№ 2 При синтезе на основе эталонных характеристических полиномов для системы 3 порядка

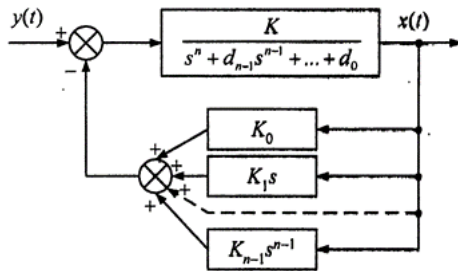
$$P(s)=s^3+a1*\omega_0*s^2+a2*(\omega_0)^2*s+(\omega_0)^3$$

кратным действительными корням соответствует нормированный полином с параметрами ...

a1=...

a2=...

№ 3 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

$$P_r(s)=s^4+40s^3+600s^2+ 4000s+ 10000 ?$$

$$K_0=...$$

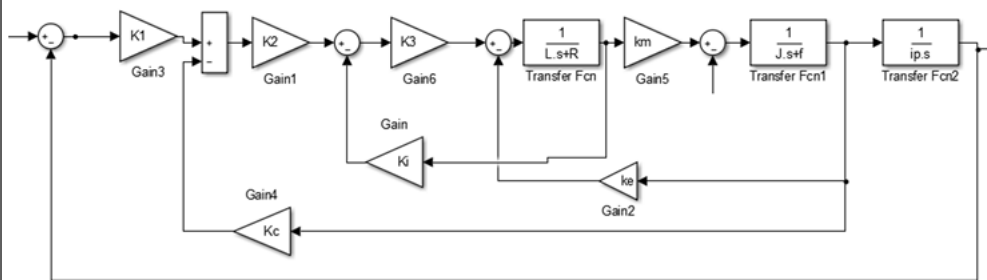
$$K_1=...$$

$$K_2=...$$

$$K_3=...$$

№ 4

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

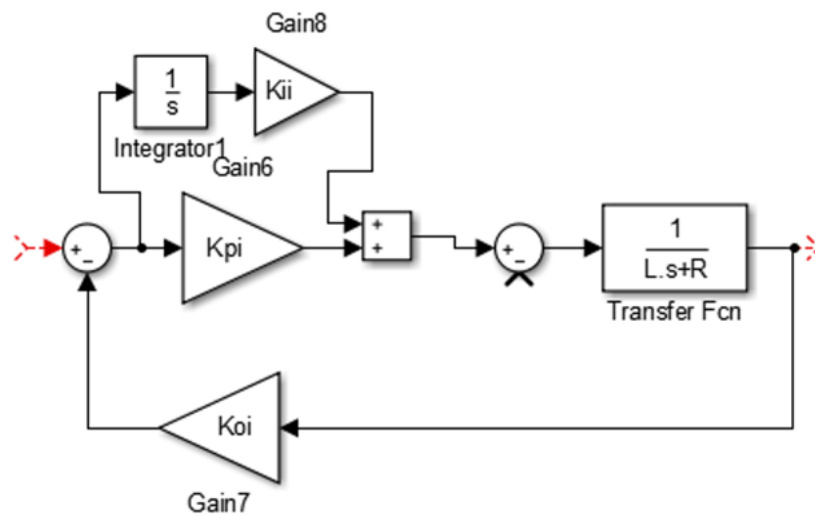
$$P_r(s)=s^3+10s^2+50s+100$$

$K_1=$

$K_i=$

$K_c=$

В представленной модели электромагнитной части привода



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

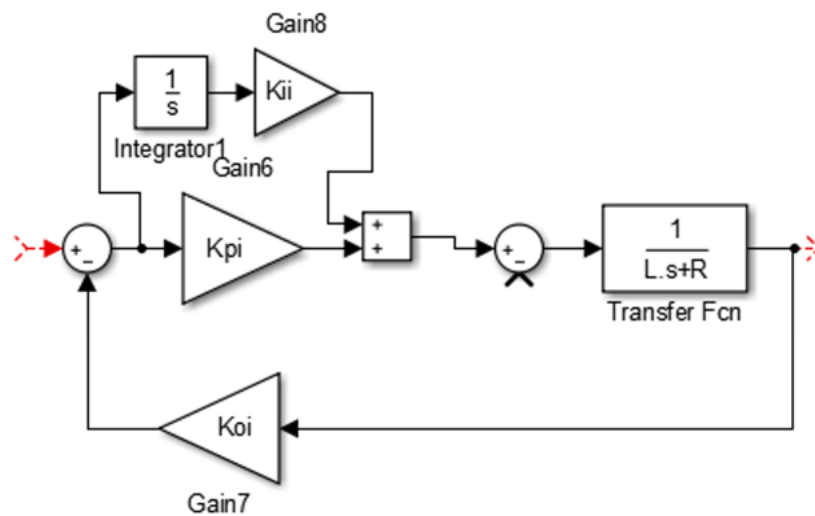
Найти параметры K_{pi} и K_{ii} , дающие нормированный характеристический полином

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

$K_{pi} = \dots$

$K_{ii} = \dots$

В представленной модели электромагнитной части привода

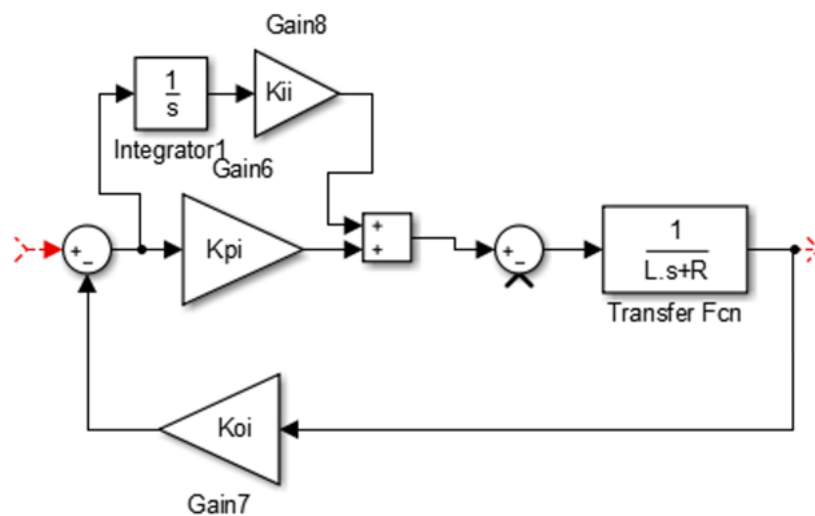


Заданы параметры $K_{oi}=1$, $L=0.1$, $R=0.1$

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

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

В представленной модели электромагнитной части привода



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

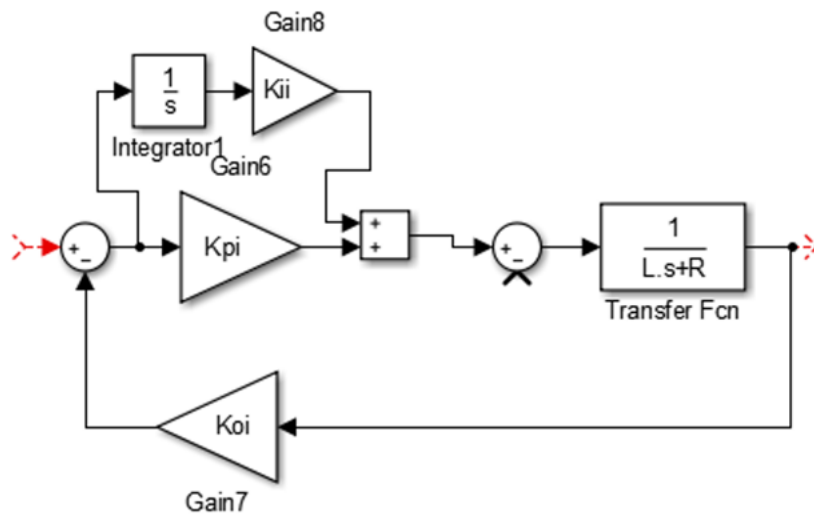
Найти параметры K_{pi} и K_{ii} , дающие нормированный характеристический полином

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

$K_{pi}=...$

$K_{ii}=...$

В представленной модели электромагнитной части привода



Заданы параметры $Ko_i=1$, $L=0.1$, $R=1$

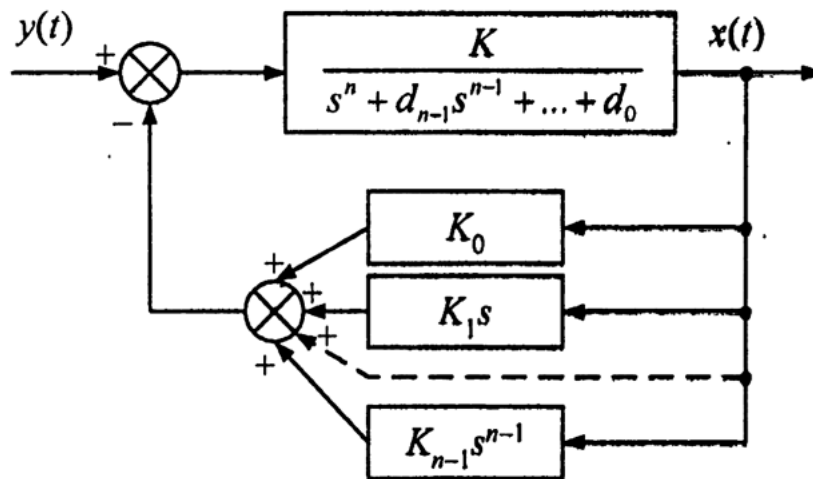
Найти параметры K_{r1} и K_{i1} , обеспечивающие разомкнутой системе

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

Kpi=...

$$K_{ii} = \dots$$

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

$$P_r(s)=s^4+20s^3+150s^2+500s+625?$$

$$K_0=...$$

$$K_1=...$$

$$K_2=...$$

$$K_3=...$$

№ 10 Привод звена робота имеет в составе редуктор с передаточным числом $i_p=100$. КПД редуктора 25%. Максимальный момент нагрузки звена M_H Н*м. Подбирается двигатель с частотой оборотов $n=6000$ об/мин.

Какая мощность двигателя должна быть выбрана (ответ округлить до целого числа)?

P>...