

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

Н. А. Выборнов

«04» июля 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой электротехники,
электроники и автоматики
Д. И. Меркулов

«07» июля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Теория автоматического управления

Составитель(-и)

**Меркулов Д. И., доцент, к.ф.-м.н., доцент кафедры
материаловедения и технологии сварки;**

Направление подготовки /
специальность

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) ОПОП

**Инжиниринг налоговых и цифровых сложно
функциональных систем**

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

заочная

Год приема

2020

Курс

3

Семестр

5, 6

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) «Теория автоматического управления» являются изучение прикладного аппарата анализа моделей управляемых систем, методов синтеза алгоритмов управления, формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данному направлению подготовки.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) «Теория автоматического управления»:

- освоение методов структурного анализа модели системы управления;
- освоение методов анализа статических, динамических и частотных свойств объекта управления;
- освоение методов построения алгоритмов управления, обеспечивающих заданные показатели качества процесса управления;
- формирование навыков решения прикладных задач управления электронными системами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Теория автоматического управления» относится к обязательной части и осваивается в 5, 6 семестрах.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):

- Высшая математика:

Знания: линейной алгебры, математического анализа, дифференциальных уравнений, теории функций комплексной переменной;

Умения: выполнять матричные вычисления, решать дифференциальные уравнения, выполнять преобразования выражений с комплексными числами;

Навыки: применения аппарата математического анализа для решения задач оптимизации, построения систем дифференциальных уравнений для описания динамических процессов в технических системах.

- Теоретические основы электротехники:

Знания: основных принципов описания и расчета цепей;

Умения: владеть аппаратом структурного анализа линейных электрических цепей;

Навыки: применения математических методов решения инженерных задач.

- Физика:

Знания: представление о физико-технических эффектах, причине и следствии;

Умения: обоснованного суждения на базе общих физических принципов;

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

- Программное обеспечение управления контроллерами;
- Междисциплинарный комплексный проект;
- Подготовка выпускной квалификационной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОСЗ++ ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

- а) профессиональных (ПК): способностью строить простейшие физические и

математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1).

Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-1 – способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ИПК-1.1.1 Методы описания динамических процессов; ИПК-1.1.2 Знает базовые исследования управляемых систем; ИПК-1.1.3 Способы оценки качества процесса управления	ИПК-1.2.1 Анализировать структуру управляемого динамического процесса; ИПК-1.2.1 Планировать результат применения выбранного метода и корректировать методику; ИПК-1.2.3 Систематизировать результаты и делать выводы	ИПК-1.3.1 Методами синтеза алгоритмов управления, обеспечивающих выполнение заданной цели; ИПК-1.3.2 Навыками работы с различными методами исследования систем управления; ИПК-1.1.3 Навыками количественного анализа полученных результатов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объем дисциплины (модуля) составляет 9 зачетных единиц, в том числе 36 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 14 часов – лекции, 22 часов – лабораторные работы), и 288 часов – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование радела (темы)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	П З	ЛР	К Р	СР	
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	5	2		2		31	РГР №1, отчеты по лабораторным работам
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	5	2		2		31	РГР №2, отчеты по лабораторным работам
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	5	2		2		32	РГР №3, отчеты по лабораторным работам
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	5	1		3		32	Контрольная работа №1, отчеты по лабораторным работам

Итого за 6 семестр		7		11		126	Экзамен
Тема 5. Принцип действия и особенности моделирования.	6	2		2		40	РГР №4, отчеты по лабораторным работам
Тема 6. Анализ устойчивости.	6	2		2		40	РГР №5, отчеты по лабораторным работам
Тема 7. Анализ качества управления.	6	2		2		41	РГР №6, отчеты по лабораторным работам
Тема 8. Анализ проектирование систем управления.	6	1		3		41	Контрольная работа №2, отчеты по лабораторным работам
Итого за 6 семестр		7		11		162	Экзамен
ИТОГО		14		22		288	

Условные обозначения:

Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа по отдельным темам

Таблица 3

Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых в них компетенций

Темы, разделы дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Компетенции	
		ПК-1	общее количество компетенций
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	35	+	1
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	35	+	1
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	36	+	1
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	36	+	1
Тема 5. Принцип действия и особенности моделирования.	44	+	1
Тема 6. Анализ устойчивости.	44	+	1
Тема 7. Анализ качества управления.	45	+	1
Тема 8. Анализ проектирование систем управления.	45	+	1
Итого	324		

Содержание дисциплины:

Раздел 1.

Тема 1. Принцип действия современных систем управления.

Вводятся аксиоматические понятия теории управления. Определяется класс линейных систем и рассматривается их описание с помощью операторного метода. Вводятся понятия передаточной функции и структурной схемы. Определяются правила преобразования структурных схем. Рассматриваются понятия временных и частотных характеристик линейной системы. Изучаются методы их вычисления. Вводится понятие типового линейного блока, рассматриваются характеристики блоков первого и второго порядка.

Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.

Вводится понятие устойчивости линейной системы управления. Устанавливается необходимое и достаточное условие устойчивости. Рассматриваются критерии Гурвица,

частотные критерии Михайлова и Найквиста их обобщения для исследования робастной устойчивости. Изучается понятие качества системы управления в статическом и динамическом режимах, рассматриваются прямые (перерегулирование, время регулирования) и косвенные показатели (корневые и частотные) качества, исследуется их взаимосвязь. Рассматриваются интегральные показатели и методы их вычисления.

Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.

Рассматривается связь интегрального показателя с параметрами системы. Решается простейшая задача минимизации интегрального показателя в пространстве параметров системы управления. Изучается метод системы стандартных регуляторов оптимальных по степени устойчивости.

Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.

Рассматривается метод расчета настроек в частотной области, обеспечивающих заданный запас устойчивости. Рассматривается метод полиномиальных уравнений для синтеза регуляторов, обеспечивающих заданные динамические свойства замкнутой системы. Вводится понятие передаточной функции с заданным распределением корней.

Раздел 2.

Тема 5. Принцип действия и особенности моделирования.

Рассматривается понятие фазового пространства динамической системы и понятие реализации модели в пространстве состояний, множество реализаций. Канонические формы и преобразование к ним. Изучаются свойства управляемой и наблюдаемой системы. Вводится понятие наблюдателя. Изучается теорема разделения и метод синтеза системы управления в пространстве состояний по измерениям входа и выхода объекта управления.

Тема 6. Анализ устойчивости.

Вводится понятие устойчивости движения динамической системы по Ляпунову. Вводится понятие функции Ляпунова и формулируются теоремы прямого метода Ляпунова и их обобщения. Рассматриваются понятие устойчивости по первому приближению и квадратичные функции Ляпунова. Вводится понятие абсолютной устойчивости системы «линейный блок охваченный нелинейной обратной связью». Изучается методика применения критерия Попова для исследования устойчивости.

Тема 7. Анализ качества управления.

Рассматривается гипотеза фильтра и решение задачи определения параметров автоколебаний методом гармонического баланса. Вводится понятия функционала качества, экстремали, рассматривается уравнение Эйлера и метод множителей Лагранжа. Рассматриваются решения простейших задач построения оптимального закона управления. Рассматривается принцип максимума. Рассматривается принцип оптимальности Беллмана. Вводятся понятия функции и уравнения Беллмана. Рассматривается задача построения оптимальной обратной связи с помощью решения уравнения Риккати.

Тема 8. Анализ проектирование систем управления.

Рассматривается понятие линейной системы в дискретном времени. Изучается структура дискретной системы управления. Вводится понятие квантования по времени. Рассматривается описание дискретных систем с помощью Z-преобразования. Рассматривается решение задачи построения регулятора методом полиномиальных характеристик, обеспечивающего заданные свойства замкнутой системы.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Лекционное занятие включает в себя последовательное изложение теоретических результатов с их доказательством, иллюстрацией примерами и замечаниями о связи с прикладными аспектами инженерно технической практики. Каждая лекция имеет однозначно заданные цели и задачи состоит из введения в излагаемый материал, собственно изложение материала, примеров решения задач и обсуждения полученных результатов и формулировки выводов.

Практическое занятие предназначено для отработки навыков применения методов решения типовых задач в соответствии с темой, обозначенной в тематическом плане. На занятии студентам предлагается к решению набор задач, и разъясняются направления их решения. На практическом занятии необходимо установить тесную взаимосвязь с обучающимися, создавать ситуации проясняющие особенности теории и ее приложений.

Лабораторные занятия проводятся с использованием вычислительной техники по заранее определенным плану и методике. Отчет включает в себя протокол лабораторного исследования и формулировку выводов.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Самостоятельная работа ориентирует студента на детальное изучение теоретического материала и отработку навыков решения сложных прикладных задач. При самостоятельном изучении необходимо следовать основной линии лекционного курса, дополняя ее опущенными доказательствами и продвинутыми примерами из рекомендуемых источников.

Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся

Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	31	РГР
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	31	РГР
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	32	РГР
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	32	СР
Тема 5. Принцип действия и особенности моделирования.	40	РГР
Тема 6. Анализ устойчивости.	40	РГР
Тема 7. Анализ качества управления.	41	РГР
Тема 8. Анализ проектирование систем управления.	41	СР

Примечание: РГР – расчетно-графическая работа, СР – самостоятельная работа, подготовка к контрольной работе.

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно

РГР №1 – Преобразования структурных схем.

РГР №2 – Устойчивость систем и качество управления.

РГР №3 – Синтез регуляторов.

РГР №4 – Анализ нелинейных систем

РГР №5 – Оптимальное управление

РГР №6 – Дискретные системы управления.

Расчетно-графическая работа выполняется в печатном или рукописном виде на листах формата А4 в режиме двусторонней печати буклет. Зеркальные поля 10 мм, отступы сверху и снизу 15 мм. Шрифт 10, формулы в режиме по умолчанию MS Equation. Графики и структурные схемы выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ.

Работа должна содержать титульный лист, условие задачи, решение и ответ. Решение сопровождается минимальными комментариями, необходимыми выводами и расчетами. При выполнении расчетов допускается использование вычислительных сред, при этом приводятся соответствующие сценарии и скриншоты результатов.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Образовательные технологии

Традиционная технология, включающая в себя:

- информационную лекцию: последовательное изложение фундаментальных положений курса в дисциплинарной логике;
- практическое занятие и лабораторная работа: освоение конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Интерактивная технология, предполагающая активное и нелинейное взаимодействие участников образовательного процесса, нацеленное на достижение значимого результата. Интерактивность подразумевает субъект-субъектное взаимодействие, формирующее саморазвивающуюся информационно-ресурсную среду. Данная технология реализуется в виде:

- лекция «обратной связи»: изложение материала с заранее запланированными вопросами к аудитории и ошибками, реакция на которые определяет дальнейшее изложение материала;
- семинар-дискуссия: коллективное обсуждение изучаемой проблемы, выявление значимых предложений и их анализ.

Информационно-коммуникационная технология, основанная на применении программных сред и технических средств работы и информации:

- лекция-визуализация: изложение материала сопровождается презентацией;
- практическое занятие в форме презентации: представление материала на примере работы в вычислительной или моделирующей средах.

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы, Отчет
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы, Отчет
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы, Отчет
Тема 5. Принцип действия и	Обзорная	Не	Выполнение

особенности моделирования.	лекция	предусмотрено	лаб. работы
Тема 6. Анализ устойчивости.	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы, Отчет
Тема 7. Анализ качества управления.	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы, Отчет
Тема 8. Анализ проектирование систем управления.	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лаб. работы, Отчет

6.2. Информационные технологии

- облачные информационные ресурсы преподавателя;
- открытые электронные библиотеки;
- электронная почта преподавателя;
- взаимодействие участников учебного процесса с помощью социальных сетей;
- открытые электронные источники видео-, аудиоинформации;

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением
Moodle	Образовательный портал ФГБОУ ВО «АГУ»
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Google Chrome	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ

WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
Maple 18	Система компьютерной алгебры
MATLAB R2014a	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем». https://library.asu.edu.ru
2	Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: http://journal.asu.edu.ru/
3	Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО "ИБИС". http://dlib.eastview.com Имя пользователя: AstrGU Пароль: AstrGU
4	Электронно-библиотечная система elibrary. http://elibrary.ru
5	Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) - сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. http://mars.arbicon.ru

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Теория автоматического управления» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	ПК-1	<i>РГР №1, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	ПК-1	<i>РГР №2, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	ПК-1	<i>РГР №3, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	ПК-1	<i>Контрольная работа №1</i>
Тема 5. Принцип действия и особенности моделирования.	ПК-1	<i>РГР №4, отчеты по лабораторным работам</i>

Тема 6. Анализ устойчивости.	ПК-1	<i>РГР №5, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 7. Анализ качества управления.	ПК-1	<i>РГР №6, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 8. Анализ проектирование систем управления.	ПК-1	<i>Контрольная работа №2</i>

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

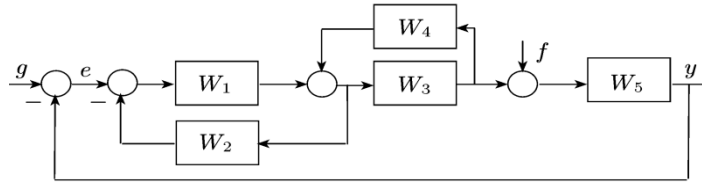
Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Тема 1. Принцип действия современных систем управления.

РГР №1. Преобразования структурных схем.

По заданной структурной схеме выполнить развязку и вычислить передаточные функции по каналам управления, возмущения к выходу и к ошибке управления.



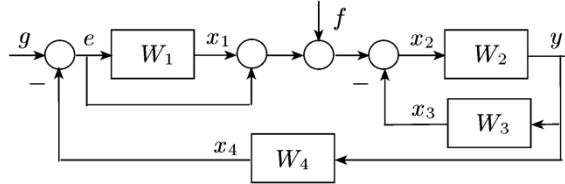
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.

РГР №2. Устойчивость систем и качество управления.

1. Исследовать устойчивость полинома:

$$\lambda^4 + 4\lambda^3 + 2\lambda^2 + \lambda + 1 = 0$$

2. Исследовать устойчивость замкнутой системы:



$$W_1 = 0,1p + 0,2 \frac{1}{p}, \quad W_2 = \frac{5}{p(0,5p + 1)}, \quad W_3 = 0,4, \quad W_4 = 0,5;$$

3. Исследовать устойчивость интервального полинома:

$$\lambda^4 + a_1 \lambda^3 + 2\lambda^2 + a_3 \lambda + 1 = 0, \quad 1 \leq a_1 \leq 2, \quad 0,2 \leq a_3 \leq 0,5.$$

4. Рассчитать временные и частотные характеристики системы:

$$W(s) = \frac{5(s+1)}{(s+2)(s+3)^2}.$$

5. Рассчитать интегральные характеристики процесса управления в замкнутой системе по заданной передаточной функции разомкнутой системы:

$$W(s) = \frac{0,2(s+1)}{s(s^3 + 3s + 1)}$$

6. Определить косвенные показатели качества замкнутой системы с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{10(s+1)}{s^3 + s^2 + 2s + 1}$$

Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.

РГР №3. Синтез регуляторов.

1. Заданы передаточные функции регулятора $W_p(s) = k_p$ и объекта $W_o(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ системы управления (рис. 5.4). Определить пара-

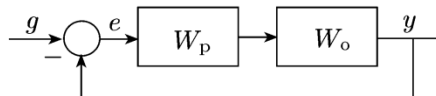


Рис. 5.4. Схема системы управления

метр регулятора k_p по минимуму интегральной квадратической ошибки J_{20} при условии $k_p \leq 50$.

2. Рассчитать настройки П-, ПИ-, ПИД- регулятора оптимального по степени устойчивости, если задана передаточная функция объекта управления:

$$W_o(s) = \frac{2}{s(0,5s^2 + 4s + 1)}.$$

3. Найти регулятор, обеспечивающий заданное распределение полюсов в систему управления объектом:

$$W_o(s) = \frac{2(s-2)}{(s+1)(0,5s+1)}.$$

Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.

Контрольная работа №1.

1. Вычислить передаточную функцию по данной реализации в пространстве состояний:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -2x_1 + \alpha \cdot x_3, \\ \dot{x}_3 &= -x_2 - x_3 + u, \\ y &= x_1;\end{aligned}$$

исследовать влияние параметра на свойства системы.

2. Проверка управляемости и наблюдаемости:

исследовать управляемость системы:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}, \\ \mathbf{A} &= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \\ a_{11} &= 1, \quad a_{12} = 2, \quad a_{13} = 3, \quad a_{21} = 0, \quad a_{22} = 3, \quad a_{23} = 4, \quad a_{31} = 0, \\ a_{32} &= 2, \quad a_{33} = 5, \quad b_1 = 1, \quad b_2 = 0, \quad b_3 = 0;\end{aligned}$$

исследовать наблюдаемость системы:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= x_1 + 2x_2, \\ \dot{x}_3 &= x_1 + 2x_2 + u, \\ y &= x_1.\end{aligned}$$

3. Приведение привести систему к канонической управляемой и наблюдаемой формам:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 + x_3, \\ \dot{x}_2 &= x_1 + 2x_2, \\ \dot{x}_3 &= -x_1 - 2x_2 - x_3 + u, \\ y &= x_1;\end{aligned}$$

Тема 5. Принцип действия и особенности моделирования.

РГР №4. Анализ нелинейных систем.

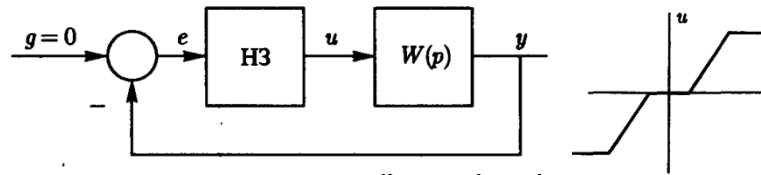
1. Исследовать устойчивость линеаризованной системы:

$$\begin{aligned}\text{а) } \ddot{y} + 3\dot{y} + 2y + \operatorname{tg} y - y^2 &= 0; \\ \text{б) } \begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1(2 + x_1^2) - 3x_2 \end{cases}\end{aligned}$$

2. Построить функцию Ляпунова и исследовать устойчивость нелинейной системы:

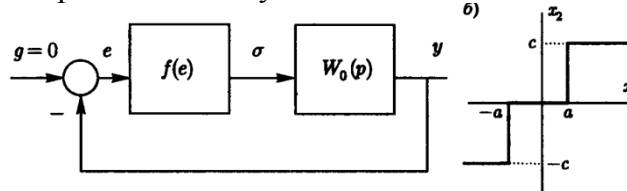
$$\begin{aligned}\text{а) } \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - \sqrt[3]{x_2} - \operatorname{arctg} x_2 \end{cases} \\ \text{б) } \begin{cases} \dot{x}_1 = 4x_2 - 3x_1^3, \\ \dot{x}_2 = -4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_2^5 \\ \dot{x}_3 = -10x_2 - x_3^3; \end{cases}\end{aligned}$$

3. Исследовать устойчивость нелинейной системы с типовой нелинейностью:



$$W_n(p) = k/(p^2 + ap) \quad (k > 0, a > 0)$$

4. Исследовать колебательный режим в замкнутой системе:



$$W_1(p) = 5/p^2$$

Тема 6. Анализ устойчивости.

РГР №5. Оптимальное управление.

1. Определить программное управление и оптимальную траекторию методом вариационного исчисления:

$$\dot{x}_1 = \tilde{x}_2, \quad \dot{x}_2 = u - 1, \quad x(0) = 0, \quad x_2(10) = 10,$$

$$J = \int_0^{10} u^2 dt \rightarrow \min;$$

2. Определить программное управление в задаче максимального быстродействия:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = u - 1, \quad |u| \leq 2, \quad x(0) = 0, \quad x_1(t_f) = 10, \quad x_2(t_f) = 0,$$

$$J = t_f \rightarrow \min.$$

3. Определить оптимальный закон управления методом динамического управления:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = x_3, \quad \dot{x}_3 = -2x_1 - 2x_2 - 2x_3 + u,$$

$$J = \int_0^\infty 4(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + u^2 + \tilde{u}^2) dt \rightarrow \min_u;$$

Тема 7. Анализ качества управления.

РГР №6. Дискретные системы управления.

1. По заданной модели непрерывной системы построить дискретную модель:

$$X(s) = \frac{2}{(s+1)(s^2+s+1)}$$

2. Исследовать устойчивость замкнутой системы с передаточной функцией разомкнутой части:

$$W^*(z) = \frac{0,14z - 0,1}{z^3 - 1,5z^2 + 0,6z - 0,02};$$

3. Синтезировать дискретный регулятор, обеспечивающий заданное распределение полюсов замкнутой системы управления объектом с передаточной функцией:

$$W_{\Pi}^*(z) = \frac{5(z+0,5)}{z^2 - 1,5z + 0,5}$$

Тема 8. Анализ проектирование систем управления.

Контрольная работа №2.

1. Построить наблюдатель состояния объекта:

$$\dot{x}_1 = 2x_1 + x_2,$$

$$\dot{x}_2 = x_2 + x_3,$$

$$\dot{x}_3 = -x_1 - 2x_3 + u,$$

$$y = x_1;$$

2. Рассчитать параметры системы управления объектом (задание 1), обеспечивающей заданное распределение полюсов замкнутой системы.

Вопросы для подготовки к зачету и экзамену

1. Модель линейной системы управления. Дифференциальное уравнение и передаточная функция.
2. Структура системы управления. Регулятор, обратная связь. Управление по отклонению.
3. Структурная схема. Основные виды соединения блоков. Преобразование структурных схем.
4. Правила преобразования структурных схем. Перенос узла через блок, перенос сумматора через блок. Перекрестная связь и ее развязка.
5. Структурная схема системы управления. Основные сигналы и связь между ними.
6. Устойчивость и преобразование Лапласа. Устойчивость и передаточная функция.
7. Устойчивость многочлена. Критерий Гурвица.
8. Устойчивость многочлена. Критерий Михайлова.
9. Устойчивость замкнутой системы управления. Критерий Найквиста.
10. Устойчивость интервального полинома. Критерий Харитонова.
11. Типовой переходной процесс. Показатели качества регулирования.
12. Качество регулирования. Статические и астатические системы управления.
13. Частотные характеристики линейного блока.
14. Диаграмма Боде. Логарифмические характеристики. Правила построения.
15. Типовые сигналы. Типовые линейные блоки и их реакция на ступенчатое воздействие.
16. Логарифмические характеристики типовых линейных блоков.
17. Интегральные показатели качества и синтез регуляторов.
18. П, ПИ, ПИД- регуляторы. Синтез регулятора с заданной степенью устойчивости.
19. Модель объекта управления в пространстве состояний. Канонические формы.
20. Управляемость и управляемая каноническая форма. Свойство управляемой системы.
21. Наблюдаемость, наблюдаемая каноническая форма. Связь свойств наблюдаемости и управляемости.
22. Устойчивость по Ляпунову. Теорема Ляпунова.
23. Синтез системы управления с наблюдателем. Теорема разделения.
24. Наблюдатели состояния. Теорема разделения.
25. Устойчивость замкнутой системы управления. Логарифмический критерий устойчивости, связь с критерием Гурвица.
26. Прямой метод Ляпунова.
27. Устойчивость линеаризованных систем.
28. Абсолютная устойчивость системы управления.
29. Критерий Попова.
30. Гармоническая линеаризация. Метод гармонического баланса.
31. Метод вариационного исчисления в теории управления. Уравнение Эйлера.
32. Задачи Больца и Майера.
33. Принцип максимума.
34. Динамическое программирование.
35. Структура дискретной системы управления. Дискретизация непрерывных объектов.
36. Характеристики дискретных систем.
37. Синтез дискретной системы с заданными динамическими свойствами.

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-1 – Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования				
1.	Задание закрытого	1. По виду управляющего сигнала, вырабатываемого	2	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
	типа	автоматическим регулятором АСР бывают 1) релейные 2) непрерывные 3) дискретные		
2.		2. Частотные характеристики можно получить из 1) функции Хевисайда 2) дельта-функции 3) передаточной функции	3	2
3.		3. Замкнутая АСР с обратной связью реализует принцип регулирования: 1) по возмущению 2) по отклонению 3) по заданию	2	2
4.		4. Целью регулирования является 1) поддержание регулируемого параметра на заданном значении 2) определение ошибки регулирования 3) выработка управляющих воздействий	1	3
5.		5. $W(i\omega)$ обозначают: 1) передаточную функцию 2) переходную функцию 3) Амплитудно-фазовую характеристику	3	3
6.	Задание открытого типа	1. Импульсная характеристика – это?	Зависимость выходного параметра объекта от времени при подаче на вход дельта-функции	5-8
7.		2. Статическая характеристика – это?	Зависимость выходного параметра объекта от входного	5-8
8.		3. Целью функционирования следящей АСР является	поддержание регулируемого параметра на заданном постоянном значении с помощью управляющих воздействий на объект	5-8
9.		4. Передаточная функция – это?	Отношение преобразованного по Лапласу выходного сигнала к	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			преобразованному по Лапласу входному сигналу	
10.		5. Линейный объект – это?	Объект, который подчиняется суперпозиции	5-8

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	<i>Ответ на занятии</i>	10/4* /1**	40* / 10**	
2.	<i>Выполнение лабораторных работ</i>	10/5* /3**	50* / 30**	
Всего			90* / 40**	-
Блок бонусов				
3.	<i>Посещение занятий</i>	10/0,5	5	
4.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>	10/0,5	5	
Всего			10	-
Дополнительный блок**				
5.	<i>Экзамен</i>	1/50	50	
Всего			50	-
ИТОГО			100	-

[Примечание: * – для дисциплины (модуля) с итоговой формой контроля «Зачёт» / «Дифференцированный зачёт», ** – для дисциплины (модуля) с итоговой формой контроля «Экзамен»]

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-5
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-5
<i>Неготовность к занятию</i>	-10
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-10

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Оценки (баллы)		
Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

[Примечание: если в семестре итоговой формой контроля по дисциплине (модулю) является экзамен, графа со словами «Зачтено», «Не зачтено» не приводится]

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература

1. Ким Д.П., Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы [Электронный ресурс] / К и м Д. П. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-0857-7 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108577.html> (ЭБС «Консультант студента»)

2. Ким Д.П., Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы [Электронный ресурс] / К и м Д. П. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 440 с. - ISBN 978-5-9221-0858-4 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108584.html> (ЭБС «Консультант студента»)

3. Кулаков Г.Т., Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков, А.Т. Кулаков, В.В. Кравченко, А.Н. Кухоренко, К.И. Артёменко, Ю.М. Ковриго, И.М. Голинко, Т.Г. Баган, А.С. Бунке - Минск: Выш. шк., 2017. - 238 с. - ISBN 978-985-06-2800-8 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850628008.html> (ЭБС «Консультант студента»)

4. Подчукаев В.А., Теория автоматического управления (аналитические методы) [Электронный ресурс]: Учеб. для вузов / Подчукаев В.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 392 с. - ISBN 5-9221-0445-4 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922104454.html> (ЭБС «Консультант студента»)

8.2. Дополнительная литература 1. Аносов В.Н., Теория автоматического управления [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / Аносов В.Н. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. - 68 с. - ISBN 978-5-7782-3036-1 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778230361.html> (ЭБС «Консультант студента»)

2. Гаврилов А.Н., Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы) [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Н. Гаврилов, Ю.П. Барметов, А.А. Хвостов - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 243 с. - ISBN 978-5-00032-176-8 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000321768.html> (ЭБС «Консультант студента»)

3. Петраков Ю.В., Теория автоматического управления технологическими системами [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов / Петраков Ю.В., Драчев О.И. - М.: Машиностроение, 2008. - 336 с. - ISBN 978-5-217-03391-1 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785217033911.html> (ЭБС «Консультант студента»)

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является

электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований www.studentlibrary.ru.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для проведения занятий по дисциплине имеются лекционные аудитории, оборудованные мультимедийной техникой с возможностью презентации обучающих материалов; аудитории для проведения семинарских и практических занятий, оборудованные учебной мебелью; библиотека с местами, оборудованными компьютерами, имеющими доступ к сети Интернет.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).