

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

Е. Ю. Степанович
«04» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Технологии
материалов и промышленной инженерии
Е. Ю. Степанович
«04» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Теория автоматического управления

Составитель(-и)
Направление подготовки /
специальность
Направленность (профиль) ОПОП
Квалификация (степень)
Форма обучения
Год приема
Курс
Семестр

Коган В.В., к.т.н., доцент кафедры ТМиПИ
15.03.06 Мехатроника и робототехника
Промышленная робототехника
бакалавр
очная
2023
3
5

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 Б1.Б.18 и осваивается в 5 семестре.

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 следующей(их) компетенции(ий) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

а) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6.

Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-1. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	Современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации.	Решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации.	Навыками обеспечения информационной безопасности
ОПК-2. Способен 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	Методы описания динамических процессов; базовые исследования управляемых систем; Способы оценки качества процесса управления	Анализировать структуру управляемого динамического процесса; Планировать результат применения выбранного метода и корректировать методику; Систематизировать результаты и делать выводы	Методами синтеза алгоритмов управления, обеспечивающих выполнение заданной цели; Навыками работы с различными методами исследования систем управления; -Навыками количественного анализа полученных результатов
ОПК-4. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	Современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации	Решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации.	Навыками обеспечения информационной безопасности. Методами синтеза алгоритмов управления, обеспечивающих выполнение заданной цели

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-6 Способен 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	Методы описания динамических процессов; базовые исследования управляемых систем; Способы оценки качества процесса управления	Планировать результат применения выбранного метода и корректировать методику; Систематизировать результаты и делать выводы	Навыками работы с различными методами исследования систем управления; -Навыками количественного анализа полученных результатов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся: 5 з.е.(5 семестр) всего 180.ч., из них на лекции - 18 ч., лабораторные работы - 36 самостоятельная работа – 126 ч. Форма контроля в заканчивается экзаменом в 5 семестре.

Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование раздела (темы)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	5	4		8		28	РГР №1, отчеты по лабораторным работам
Тема 2. Особенности протекающих процессов в	5	6		12		42	РГР №2, отчеты по лабораторным работам

современных системах управления.							
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	5	4		8		28	РГР №3, отчеты по лабораторным работам
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	5	4		8		28	Контрольная работа №1, отчеты по лабораторным работам
Итого за 5 семестр		18		36		126	Экзамен

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					общее количество компетенций
		ОПК-1	ОПК-2	ОПК-4	ОПК-6		
Тема 1. Принцип действия современных систем управления.	40	+	+	+	+		4
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	60	+	+	+	+		4
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	40	+	+	+	+		4
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	40	+	+	+	+		4
Итого	180						

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.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1. Указания по организации и проведению лекционных, практических (семинарских) и лабораторных занятий с перечнем учебно-методического обеспечения

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 определенному 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.	28	РГР
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	42	РГР
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	28	РГР
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	28	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.

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

.2. Информационные технологии

При изучении дисциплины «Автоматизация сварочных процессов» используется использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Цифровое обучение»), созданная в Астраханском государственном университете (АГУ) с 2022 года. Она предоставляет возможность круглосуточного доступа к ресурсам (учебным материалам) курса, на которые подписан студент, его интерактивным действиям (независимо от местонахождения), а преподавателям – платформу для оперативного обнародования выставляемых оценок, важных событий и идей, для информирования студентов об изменениях в учебном процессе. По изучаемой дисциплине на выбранной платформе размещены задания для практических занятий, контрольные и тестовые задания. Платформа позволяет реализовывать как обучающий, так и контрольный режим выполнения заданий.

Также как источник информации широко используются электронные учебники и различные сайты как на договорной основе (смотри п. 6.3), так и находящиеся в свободном доступе.

Для оперативного обмена информацией, получения заданий и выставления оценок широко используется электронная почта преподавателя . .

Интернет и IT технологии широко используются при подготовке лекций, презентаций, практических занятий и пр.

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
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 10 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением

Наименование программного обеспечения	Назначение
KOMPAS-3D V21	Создание трёхмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них
Blender	Средство создания трёхмерной компьютерной графики
PyCharm EDU	Среда разработки
R	Программная среда вычислений
VirtualBox	Программный продукт виртуализации операционных систем
Autodesk 3ds Max 2021	Профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании.
Autodesk AutoCad 2021	Пакет программ для точного проектирования и цифрового черчения планов, развёрток, схем и виртуальных трёхмерных моделей.
FreeCAD	Программа параметрического трёхмерного моделирования, предназначенная прежде всего для проектирования объектов реального мира любого размера.
CorelDRAW Graphics Suite x6	Надёжное программное решение для графического дизайна, которое подойдет как начинающим, так и опытным пользователям. Пакет включает в себя среду с обширным контентом и профессиональные приложения для графического дизайна, редактирования фотографий и веб-дизайна.

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Наименование ЭБС

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ. Включает библиографические описания книг, электронных изданий, статей из журналов и газет, находящихся в фонде библиотеки. Доступ свободный. <http://library.asu.edu.ru>

Цифровой образовательный ресурс IPRsmart: - ЭОР № 1 – программа для ЭВМ «Автоматизированная система управления цифровой библиотекой IPRsmart»; - ЭОР № 2 – электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов «РУССКИЙ КАК ИНОСТРАННЫЙ» www.iprbookshop.ru
Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://book.ru
Образовательная платформа ЮРАЙТ, https://urait.ru/
Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех» https://biblio.asu.edu.ru Учётная запись образовательного портала АГУ
Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента» Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и

дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог содержит более 15 000 наименований изданий. www.studentlibrary.ru <i>Регистрация с компьютеров АГУ</i>
Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента» Для кафедры восточных языков факультета иностранных языков. Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями по направлению «Восточные языки» www.studentlibrary.ru <i>Регистрация с компьютеров АГУ</i>
<i>Наименование интернет-ресурса</i>
Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации https://minobrnauki.gov.ru
Министерство просвещения Российской Федерации https://edu.gov.ru
Федеральное агентство по делам молодёжи (Росмолодёжь) https://fadm.gov.ru
Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) http://obrnadzor.gov.ru
Информационно-аналитический портал государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» http://zhit-vmeste.ru
Российское движение школьников https://рдиш.рф

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.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6	<i>РГР №1, отчеты по лабораторным работам</i>

Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6	<i>РГР №2, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 3. Принцип действия и особенности систем в виде уравнений движения.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6	<i>РГР №3, отчеты по лабораторным работам</i>
Тема 4. Принцип действия и особенности структурных схем.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6	<i>Контрольная работа №1</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

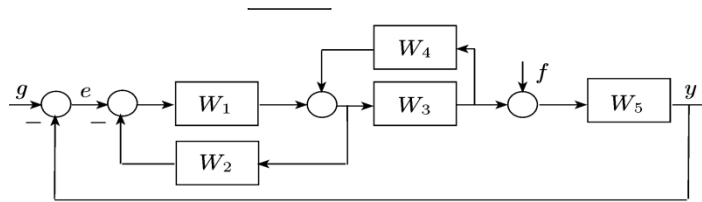
Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять 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.



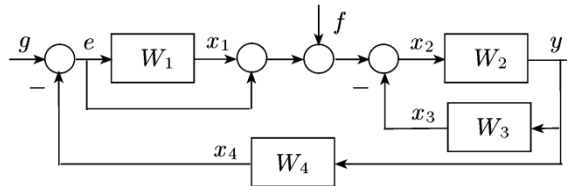
Тема 2. Особенности протекающих процессов в современных системах управления.

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-

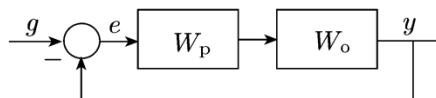


Рис. 5.4. Схема системы управления

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:

$$\dot{x} = Ax + Bu,$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$$

$$a_{11} = 1, \quad a_{12} = 2, \quad a_{13} = 3, \quad a_{21} = 0, \quad a_{22} = 3, \quad a_{23} = 4, \quad a_{31} = 0, \\ a_{32} = 2, \quad a_{33} = 5, \quad b_1 = 1, \quad b_2 = 0, \quad b_3 = 0;$$

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:

а) $\ddot{y} + 3\dot{y} + 2y + \operatorname{tg} y - y^2 = 0;$

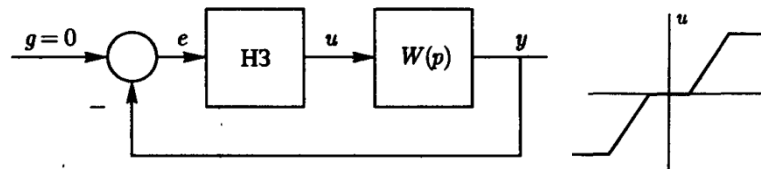
б) $\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1(2 + x_1^2) - 3x_2 \end{cases}$

2. Построить функцию Ляпунова и исследовать устойчивость нелинейной системы:

а) $\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - \sqrt[3]{x_2} - \operatorname{arctg} x_2 \end{cases}$

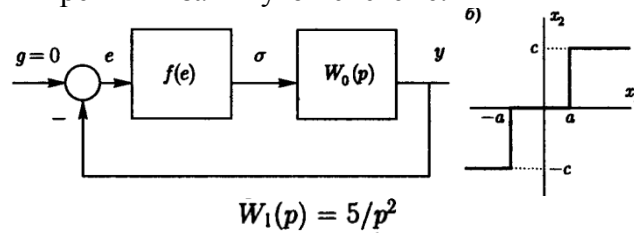
б) $\begin{cases} \dot{x}_1 = 4x_2 - 3x_1^3, \\ \dot{x}_2 = -4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_2^5 \\ \dot{x}_3 = -10x_2 - x_3^3; \end{cases}$

3. Исследовать устойчивость нелинейной системы с типовой нелинейностью:



$$W_{\lambda}(p) = k/(p^2 + ap) \quad (k > 0, a > 0)$$

4. Исследовать колебательный режим в замкнутой системе:



Тема 6. Анализ устойчивости.

РГР №5. Оптимальное управление.

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

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = u - 1, \quad x(0) = 0, \quad x_2(10) = 10, \\ J = \int_0^{10} u^2 dt \rightarrow \min;$$

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:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = x_3, \quad \dot{x}_3 = -2x_1 - 2x_2 - 2x_3 + u, \\ J = \int_0^{\infty} 4(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + u^2 + \tilde{u}^2) dt \rightarrow \min;$$

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)
ОПК-1, ОПК-2 Способен 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 типа	Свойство элемента системы передавать воздействия от входа к выходу без искажений, но с отставанием во времени, называется:	2	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		1. Самовыравнивание 2. Запаздывание 3. Аккумулирующая способность 4. Инерционность		
5.		Время от момента подачи возмущения до момента, когда управляемый параметр достигнет своего нового установившегося значения, называется: 1. Время разгона 2. Время запаздывания 3. Постоянная времени 4. Время регулирования	1	2
5.		Время, в течение которого регулируемый параметр после нанесения возмущения не изменяется, называется: 1. Чистое запаздывание (передаточное, транспортное, дистанционное) 2. Переходное (емкостное) запаздывание 3. Полное запаздывание	1	2
4.		С увеличением постоянной времени объекта длительность переходного процесса: 1. Пропорционально возрастает 2. Пропорционально уменьшается 3. Не изменяется 4. Резко уменьшается	1	3
5.		При увеличении постоянной времени T_O условия управления объектом: 1. Не зависят 2. Улучшаются 3. Ухудшаются 4. Значительно улучшаются	2	3
5.	Задание открытого типа	Управление –	это процесс целенаправленного воздействия на объект	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			управления для достижения поставленной цели, при условии наличия возмущений, препятствующих ему. Управление связано со следующими понятиями: - объект управления, - цель управления, - управляющее устройство, - управляющее воздействие.	
6.		Автоматический регулятор, предназначенный для регулирования одного параметра содержит следующие основные элементы:	а) измерительный элемент; б) задающее устройство (задатчик); в) усилительные и преобразующие элементы; г) регулирующий элемент; д) устройство обратной связи.	5-8
7.		По способности САР поддерживать	с определенной степенью точности значение регулируемой величины различаются статические и астатические системы регулирования.	5-8
8.		Это заложено	в принципе действия статических регуляторов и не является погрешностью, поэтому данное отклонение называется статической ошибкой регулятора.	5-8
9.		При составлении дифференциальных уравнений динамики	любой автоматической системы	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			последнюю разбивают на отдельные звенья и записывают уравнения каждого звена в отдельности.	
ОПК-4,ОПК-6 – Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей				
1.	Задание закрытого типа	Для преобразования определенного класса функций вещественной переменной в функции комплексной переменной служит: 1. Преобразование Лапласа 2. Метод Солодовникова 3. Метод Воронова 4. Признак Даламбера	1	2
2.		Отношение Лапласова изображения соответствующей выходной величины звена (системы) к Лапласову изображению его (ее) входной величины при нулевых начальных условиях называется: Передаточная функция Переходная характеристика Статическая характеристика Частотная характеристика	1	2
3.		Режим, при котором ошибка системы, то есть разность между требуемым и фактическим значениями управляемой величины, постоянна во времени, называется: + Установившийся Переходный Динамический Монотонный		2
4.		4При соблюдении условий: а) отклонение регулируемой величины от заданного значения равно нулю или некоторой постоянной величине; б)	1	3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		между притоком и расходом энергии или вещества в системе устанавливается равновесие; в) все элементы, меняющие приток или расход энергии или вещества в системе неподвижны имеет место процесс: 1. Установившийся 2. Переходный 3. Колебательный		
5.		Автоматическое регулирование, при котором регулируемая величина при различных постоянных внешних воздействиях на объект регулирования принимает по окончании переходного процесса различные значения, зависящие от величины внешнего воздействия (например, нагрузки), называется: 1. Статическое 2. Астатическое	1	3
6.	Задание открытого типа	Главным достоинством логарифмических амплитудных частотных характеристик является	возможность построения практически без выполнения вычислений, небольшим графиком может быть охвачен широкий диапазон частот.	5-8
7.		Частотная передаточная функция $W(j\omega)$ представляет собой	комплексное число, модуль которого равен отношению амплитуды выходной функции к амплитуде входной функции, а аргумент – сдвигу фаз выходной величины по отношению к входной:	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			$() () () \square \square \square \square j W j$ $\square W j e$, где $W(j\square)$ - модуль $W(j\square)$; $\square(\square) \square \arg[W(j\square)]$ - аргумент $W(j\square)$.	
8.		График зависимости логарифмической амплитудно- частотной функции $L(\square)$ от логарифма частоты $\lg \square \square \square$ называют	логарифмической амплитудно- частотной характеристикой.	5-8
9.		Логарифмической фазовой частотной характеристикой называют график зависимости фазовой частотной функции $\square(\square)$ от логарифма частоты $\lg \square \square \square$. Для логарифмической фазо- частотной характеристики используется выражение $\square(\square)$, полученное для обычной фазо-частотной характеристики. Некоторые особенности построения ЛАЧХ: .	1) При построении логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ) по оси абсцисс откладывается угловая частота $\square$ в логарифмическом масштабе, т.е. на отметке, соответствующей значению $\lg \square \square \square$, пишется значение $\square$, а не значение $\lg \square \square \square$. 2) Частоте $\square \square 0$ соответствует бесконечно удаленная точка, так как при $\square \square 0, \lg 0 \square \square \square$, с учетом этого, ось ординат проводится в любом месте (плавает) так, чтобы вся характеристика ЛАХ находилась правее от нее. Отрицательные частоты не рассматриваются	5-8
10.		Интервал, который соответствует изменению частоты в 10 раз, называется декадой. Длина декады также постоянна независимо от ее расположения на оси.	3) На оси ординат в равномерном масштабе откладываются значения $L(\square)$ в дБ. Ось абсцисс должна проходить через точку 0 дБ, что соответствует	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			значению модуля $A(\square)$ $\square 1$, так как $\lg 1 \square 0$.	

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)

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