

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Энергетики и управления

(наименование факультета)

А.С. Гудим

(подпись, ФИО)

28 » 06 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Теория автоматического управления»**

Направление подготовки	15.03.06 "Мехатроника и робототехника"
Направленность (профиль) образовательной программы	Робототехнические комплексы и системы
Квалификация выпускника	бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	очная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2,3	4,5	9

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой, Экзамен	Кафедра «ЭПАПУ»

Комсомольск-на-Амуре 2021

Разработчик рабочей программы:

Доцент кафедры ЭПАПУ

(должность, степень, ученое звание)



(подпись)

С.И. Сухоруков

(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
ЭПАПУ

(наименование кафедры)



(подпись)

С.П. Черный

(ФИО)

## 1 Общие положения

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Теория автоматического управления» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1046 от 17.08.2020, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «*Робототехнические комплексы и системы*» по направлению подготовки 15.03.06 «*Мехатроника и робототехника*».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 40.152 «Специалист по проектированию гибких производственных систем в машиностроении»  
Обобщенная трудовая функция: А. Проведение конструкторских и расчетных работ по проектированию гибких производственных систем в машиностроении.

Задачи дисциплины	Формирование навыков расчета динамических и статических характеристик технических систем различной физической природы, решения задач анализа устойчивости и оценки качества управления такими системами.
Основные разделы / темы дисциплины	Классификация систем. Описание и анализ непрерывных линейных систем. Устойчивость непрерывных линейных систем. Качество процессов регулирования. Синтез непрерывных линейных систем с заданными показателями качества регулирования. Нелинейные системы автоматического регулирования.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Теория автоматического управления» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает теоретические основы естественнонаучных и технических дисциплин, основные законы функционирования объектов профессиональной деятельности ОПК-1.2 Умеет применять на практике математические методы для анализа и моделирования различных аспектов функционирования объектов профессиональной деятельности ОПК-1.3 Владеет навыками анализа и синтеза автоматизированных систем и их элементов с учетом их специфики	Знать теоретические основы математического описания элементов автоматизированных систем, математические методы анализа и синтеза систем управления. Уметь применять на практике математические методы анализа систем управления и их отдельных элементов. Владеть навыками анализа и синтеза автоматизированных систем и их элементов с учетом их специфики

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория автоматического управления» изучается на 2, 3 курсе(ах) в 4,5 семестре(ах).

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин Математика, Физика, Теоретические основы электротехники.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Теория автоматического управления», будут востребованы при изучении дисциплины Релейно-контакторное управление, при прохождении практик и работой над ВКР.

Дисциплина «Теория автоматического управления» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения практических занятий, выполнения лабораторных работ.

Дисциплина «Теория автоматического управления» в рамках воспитательной работы направлена на воспитание чувства ответственности, формирование умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает профессиональные умения.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 з.е., 324 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	324
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	144
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	64
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия) в том числе в форме практической подготовки:	80
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	24
Промежуточная аттестация обучающихся: 4 семестр – Зачет с оценкой; 5 семестр - Экзамен	144
	36

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Семестр 4</b>				
<b>Раздел 1. Классификация систем. Описание и анализ непрерывных линейных систем</b>				
<b>Тема 1.1</b> Фундаментальные принципы управления: разомкнутого управления, принцип компенсации (возмущения), принцип обратной связи (регулирование по отклонению), принцип комбинированного управления. Уравнения динамики и статики. Описание МРС с использованием дифференциальных и операторных уравнений. Передаточные функции	2			
Определение передаточных функций технических объектов				7
Лабораторная работа 1. Моделирование МРС			4	
Практическое задание 1. Передаточные функции элементарных звеньев		1		
<b>Тема 1.2</b> Структурные преобразования МРС. Передаточная функция, частотные и временные характеристики МРС. Критерии качества регулирования МРС	2			
Определение передаточных функций многосвязных МРС. Формуле Мезона				7
Выполнение расчетного задания КР по определению передаточной функции МРС в замкнутом и разомкнутом состоянии. Определение передаточной функции МРС по ошибке. Вычисление переходной функции нескорректированной МРС, логарифмической амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик				7
Практическое задание 2. Правила построения кусочно-асимптотических логарифмических амплитудно-		2		

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
частотных характеристик по передаточным функциям МРС				
<b>Раздел 2. Устойчивость непрерывных линейных систем</b>				
<b>Тема 2.1</b> Прямой метод оценки устойчивости непрерывной МРС	4			
Области устойчивости. D-разбиение по одному и по двум параметрам				8
Практическое задание 3. Расчет корневых оценок запасов устойчивости		2		
<b>Тема 2.2</b> Косвенный метод оценки устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости	4			
Лабораторная работа 2. Применение для оценки устойчивости критериев Михайлова и Найквиста*			6*	
Применение для оценки устойчивости критерия Гурвица. Запасы устойчивости				8
Практическое задание 4. Оценка устойчивости МРС, содержащих звенья чистого запаздывания*		2*		
Выполнение расчетного задания КР по оценке устойчивости замкнутой МРС прямым и косвенным методом				7
<b>Раздел 3. Качество процессов регулирования</b>				
<b>Тема 3.1</b> Оценка динамических свойств МРС по временным и частотным характеристикам	4			
Корневые показатели качества регулирования. Интегральные оценки качества регулирования				6
Лабораторная работа 3. Определение динамических показателей по переходной функции МРС*			4*	
Практическое задание 5. Расчет показателя качества регулирования следящих систем по частотным характеристикам		2		
Выполнение раздела задания КР по определению качества регулирования нескорректированной МРС				7
<b>Тема 3.2</b> Характеристики МРС в статике. Статические и астатические МРС	4			

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Оценка качества регулирования в установившемся режиме (коэффициенты ошибок)				8
Лабораторная работа 4. Моделирование МРС, реализующих принцип комбинированного управления			4	
Практическое задание 6. Определение порядка астатизма системы. Способы повышения точности МРС		2		
<b>Раздел 4. . Синтез непрерывных линейных систем с заданными показателями качества регулирования</b>				
<b>Тема 4.1</b> Цели и виды коррекции МРС. Частотный метод синтеза корректирующих устройств	4			
Зависимость показателей качества регулирования замкнутой МРС от вида ее частотной характеристики в разомкнутом состоянии				6
Практическое задание 7. Построение асимптотической желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики		1		
<b>Тема 4.2</b> Последовательная коррекция МРС	4			
Определение передаточной функции последовательного корректирующего звена с учетом требований к его аппаратной реализации				8
Лабораторная работа 5. Моделирование МРС с последовательными корректирующими звеньями*			6*	
Выполнение раздела КР по расчету последовательного корректирующего звена				5
Практическое задание 8. Определение передаточной функции параллельного корректирующего звена с учетом требований к его аппаратной реализации		1		
<b>Тема 4.3</b> Параллельная коррекция МРС	4			
Определение передаточной функции корректирующего звена с учетом требований к его аппаратной реализации				6
Лабораторная работа 6. Моделирование МРС с параллельными корректирующими звеньями			4	

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
щими звеньями				
Выполнение раздела КР по расчету параллельного корректирующего звена				5
Практическое задание 9. Решение задачи параллельной коррекции для систем различной структуры		2		
<b>Тема 4.4</b> Аппаратная реализация корректирующих устройств	4			
Лабораторная работа 7. Коррекция МРС звеньями на базе операционных усилителей			4	
Выполнение раздела КР- обеспечение аппаратной реализация передаточной функции корректирующего звена преобразовательными устройствами различной физической природы ( электрическими, механическими, гидравлическими, пневматическими)				5
Практическое задание 10. Расчет параметров корректирующих звеньев.		1		
<b>ИТОГО по семестру 4</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>100</b>
<b>Семестр 5</b>				
<b>Раздел 5. Анализ систем автоматического управления в пространстве состояний</b>				
<b>Тема 5.1</b> Основные положения метода переменных состояния	4			
Математические модели одномерных и многомерных объектов в пространстве состояний				5
Лабораторная работа 1. Моделирование многомерных МРС			2	
Практическое задание 1. Составление детализированной структурной схемы МРС методами прямого, непосредственного, последовательного и параллельного программирования*		2*		
Выполнение раздела РГР – составление детализированной структурной схемы МРС в соответствии с вариантом задания				1
<b>Тема 5.2</b> Способы построения схем переменных состояния. Решение уравнений состояния линейных стационарных МРС. Фундаментальная матрица	4			



Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Задачи управления и наблюдения в линейных МРС. Критерии полной управляемости и наблюдаемости				5
Лабораторная работа 2. Определение управляемости и наблюдаемости многомерных МРС			3	
Практическое задание 2. Расчет матриц коэффициентов, управления и наблюдения МРС заданной структуры. Вычислений фундаментальной матрицы		3		
Выполнение раздела РГР – расчет матриц коэффициентов, управления и наблюдения МРС заданной структуры. Вычислений фундаментальной матрицы				1
<b>Тема 5.3</b> Связь между представлением моделей МРС в пространстве состояний и представлением с помощью передаточных функций	6			
Решение матричного дифференциального уравнения, описывающего свободное движение системы, с помощью теоремы Сильвестра				6
Лабораторная работа 3. Исследование моделей многомерных МРС			2	
Практическое задание 3. Применение методов вычисления фундаментальной матрицы		3		
Выполнение раздела РГР – решение матричного дифференциального уравнения с помощью теоремы Сильвестра				1
<b>Раздел 6. Нелинейные системы автоматического регулирования</b>				
<b>Тема 6.1</b> Формы математического описания нелинейных систем	6			
Устойчивость нелинейных МРС. Исследование устойчивости по линейному приближению. Второй метод Ляпунова.				7
Лабораторная работа 4. Моделирование нелинейной МРС			2	
Практическое задание 4. Построение фазовых траекторий. Классификация особых точек. *		2*		

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Выполнение раздела расчетного задания по описанию динамики нелинейной МРС на фазовой плоскости. Определение наличия				3
<b>Тема 6.2</b> Гармоническая линеаризация нелинейных МРС	4			
Скользящие режимы в нелинейных МРС				7
Лабораторная работа 5. Определение параметров и устойчивости автоколебательных режимов в нелинейных МРС*			2*	
Практическое задание 5. Определение наличия в системе автоколебаний, вычисление их параметров (на основе метода гармонической линеаризации нелинейного элемента)		2		
Выполнение раздела расчетного задания по определению в системе автоколебаний и вычислению их параметров				1
<b>Тема 6.3</b> Анализ абсолютной устойчивости. Оценка абсолютной устойчивости с помощью критерия Попова	4			
Лабораторная работа 6. Проверка условий абсолютной устойчивости на моделях нелинейных МРС			3	
Практическое задание 6. Частотный способ анализа устойчивости. Процедура проверки абсолютной устойчивости		2		
Выполнение раздела расчетного задания по проверке абсолютной устойчивости нелинейной МРС с заданной однозначной нелинейной характеристикой нелинейного элемента				1
<b>Тема 6.4</b> Синтез нелинейных МРС. Линейная коррекция нелинейных систем. Нелинейные корректирующие устройства.	4			
Процедура синтеза нелинейных МРС методом локализации				5
Лабораторная работа 7. Исследование вопросов коррекции нелинейных МРС			2	
Практическое задание 7. Расчет регуляторов, обеспечивающих заданное качество переходных процессов в за-		2		

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
мкнутой нелинейной МРС				
Выполнение раздела расчетного задания				1
<b>ИТОГО по семестру 5</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>44</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>144</b>

\* реализуется в форме практической подготовки

## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов 4 семестр	Количество часов 5 семестр
Изучение теоретических разделов дисциплины	24	12
Подготовка к занятиям семинарского типа	28	12
Подготовка и оформление: КР (4 семестр), РГР (5 семестр)	48	20
	100	44

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1 Основная литература

1) Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Профессия, 2004. - 749с.

2) Нос, О. В. Теория автоматического управления. Теория управления линейными одноканальными непрерывными системами : учебное пособие / О. В. Нос, Л. В. Старостина. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 202 с. — ISBN 978-5-7782-3536-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91447.html> (дата обращения: ...)

ния: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3) Воронов, А.А. Основы теории автоматического управления: автоматическое регулирование непрерывных линейных систем / А. А. Воронов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1980. - 309с.

4) Федотов, А. В. Основы теории автоматического управления : учебное пособие / А. В. Федотов. — 2-е изд. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 278 с. — ISBN 978-5-4486-0570-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/83344.html> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/83344>

5) Гаврилов, А. Н. Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы) : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. П. Барметов, А. А. Хвостов ; под редакцией С. Г. Тихомиров. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016. — 244 с. — ISBN 978-5-00032-176-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/50645.html> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

6) Рыбак, Л. А. Теория автоматического управления. Часть I. Непрерывные системы : учебное пособие / Л. А. Рыбак. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 121 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/28400.html> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

7) Музылева, И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы : методические указания к практическим занятиям / И. В. Музылева, А. А. Муравьев. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 84 с. — ISBN 978-5-88247-613-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22938.html> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## 8.2 Дополнительная литература

1) Гайдук, А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: Учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. - 4-е изд., стер., 3-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2017; 2016. - 463с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

2) Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления : современные разделы теории управления. Учебное пособие / Б. А. Федосенков. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2014. — 153 с. — ISBN 978-5-89289-863-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61292.html> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3) Глазырин, Г. В. Теория автоматического регулирования : учебное пособие / Г. В. Глазырин. — 2-е изд. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 168 с. — ISBN 978-5-7782-3438-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91740.html> (дата обращения: 28.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4) Сеславин, А. И. Теория автоматического управления. Линейные, непрерывные системы : учебник / А.И. Сеславин. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 314 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1014654. - ISBN 978-5-16-015022-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1014654> (дата обращения: 28.06.2021). – Режим доступа: по подписке.

### 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Гринфельд, Г.М. Теория автоматического управления: учебное пособие// Г.М. Гринфельд. – 2-е изд., перераб и доп. - Комсомольск-на-Амуре: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т» 2007.- 122с.

### 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- 1) Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - <http://www.znanium.com>
- 2) Электронно-библиотечная система IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru>

### 8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 1) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
- 2) Информационные системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>
- 3) «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

### 8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Программа структурного моделирования (PSM) разработанная на кафедре ЭПАПУ КНАГТУ	Распоряжение о вводе в учебный процесс ПО от 23.12.2015, акт внедрения результатов научных исследований

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные

образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

#### **1. Методические указания при работе над конспектом лекции**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

#### **2. Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям**

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

#### **3. Методические указания по выполнению курсовой работы**

Теоретическая часть курсовой работы выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме курсовой работы рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопро-

сы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.

#### **4. Методические указания по выполнению РГР**

Теоретическая часть РГР выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме РГР рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.

### **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

#### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
202/3	Лаборатория ЭВМ и вычислительных промышленных сетей	Персональные ком-пьютеры

#### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

##### **Лекционные занятия.**

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

##### **Практические занятия.**

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

##### **Лабораторные занятия.**

Для лабораторных занятий используется аудитория № 202, оснащенная оборудованием, указанным в табл. 6:

##### **Самостоятельная работа.**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КНАГУ:

- читальный зал НТБ КНАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 214 корпус № 3).

### **11 Иные сведения**



## **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>1</sup>**  
**по дисциплине**

**«Теория автоматического управления»**

Направление подготовки	<i>15.03.06 "Мехатроника и робототехника"</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>Робототехнические комплексы и системы</i>
Квалификация выпускника	<i>бакалавр</i>
Год начала подготовки (по учебному плану)	<i>2020</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Технология обучения	<i>традиционная</i>

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
<i>2,3</i>	<i>4,5</i>	<i>9</i>

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
<i>Зачет с оценкой, Экзамен</i>	<i>Кафедра «ЭПАПУ»</i>

<sup>1</sup> В данном приложении представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает теоретические основы естественнонаучных и технических дисциплин, основные законы функционирования объектов профессиональной деятельности ОПК-1.2 Умеет применять на практике математические методы для анализа и моделирования различных аспектов функционирования объектов профессиональной деятельности ОПК-1.3 Владеет навыками анализа и синтеза автоматизированных систем и их элементов с учетом их специфики	Знать теоретические основы математического описания элементов автоматизированных систем, математические методы анализа и синтеза систем управления. Уметь применять на практике математические методы анализа систем управления и их отдельных элементов. Владеть навыками анализа и синтеза автоматизированных систем и их элементов с учетом их специфики

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
<b>Семестр 4</b>			
Разделы 1 – 4	ОПК-1	Тест	Правильность ответов
Разделы 1 – 4	ОПК-1	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1 – 4	ОПК-1	Практические занятия	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1 – 4	ОПК-1	Курсовая работа	Полнота и правильность выполнения задания
<b>Семестр 5</b>			
Разделы 5, 6	ОПК-1	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 5, 6	ОПК-1	Практические занятия	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5, 6	ОПК-1	РГР	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5, 6	ОПК-1	Вопросы к экзамену	Полнота и аргументированность ответов

**1 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений,

навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
4 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой</i>				
1	Тест	в течение семестра	15 баллов	15 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 13 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 10 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний; 7 баллов – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний; 0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.
2	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
3	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	
4	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
5	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
6	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	
7	Лабораторная работа 6	в течение семестра	5 баллов	
8	Лабораторная работа 7	в течение семестра	5 баллов	
9	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	
10	Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
11	Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
12	Практическое задание 4.	в течение семестра	5 баллов	
13	Практическое задание 5	в течение семестра	5 баллов	
14	Практическое задание 6.	в течение семестра	5 баллов	
15	Практическое задание 7	в течение семестра	5 баллов	
16	Практическое задание 8	в течение семестра	5 баллов	
17	Практическое задание 9	в течение семестра	5 баллов	
18	Практическое задание 10	в течение семестра	5 баллов	
ИТОГО:		-	100 баллов	

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>				
0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);				
65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);				
75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);				
85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				

4 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме КР</i>				
По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания				
- оценка <i>«отлично»</i> выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;				
- оценка <i>«хорошо»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;				
- оценка <i>«удовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;				
- оценка <i>«неудовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме Экзамен</i>				
1	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках
2	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	
3	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
4	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
5	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>	
6	Лабораторная работа 6	в течение семестра	5 баллов	<p>усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p>	
7	Лабораторная работа 7	в течение семестра	5 баллов		
8	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов		
9	Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов		
10	Практическое задание 3.	в течение семестра	5 баллов		
11	Практическое задание 4.	в течение семестра	5 баллов		
12	Практическое задание 5	в течение семестра	5 баллов		
13	Практическое задание 6.	в течение семестра	5 баллов		
14	Практическое задание 7.	в течение семестра	5 баллов		
15	РГР	в течение семестра	30 баллов		
Текущий контроль:		-	100 баллов		-
Экзамен:		-	75 баллов		<p>75 – студент привел полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета, свободно владеет основными терминами и понятиями курса, последовательно и логично излагает материала курса, сделал законченные выводы и обобщения по теме вопросов, привел исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы. 50 – студент привел полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета, показал знание</p>

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				основных терминов и понятий курса; последовательно излагает материала курса; умеет формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; привел достаточно полные ответы на дополнительные вопросы. 25 – студент привел полные и точные ответы на 1 вопрос экзаменационного билета, показал удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса, недостаточно последовательно излагает материал курса, умеет формулировать отдельные выводы и обобщения по теме дополнительных вопросов. 0 – студент правильно не ответил на один вопрос экзаменационного билета, не освоил обязательного минимума знаний.
	ИТОГО:	-	175 баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				

- 2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

#### **Пример теста**

1. Система автоматического регулирования является линейной, если:
  - 1.1. все сигналы в системе изменяются во времени по линейному закону;
  - 1.2. для системы выполняется принцип суперпозиции;
  - 1.3. зависимость между значениями всех параметров системы и величиной ее входного сигнала линейная;
  - 1.4. все параметры системы изменяются во времени по линейному закону.
- 2 Поставьте в соответствие приведенные структуры систем автоматического управления и указанные варианты их классификации.

А		К	разомкнутая система
В		Л	система с управлением по отклонению (с обратной связью)
С		М	система с компенсацией возмущения
D		N	система комбинированного управления

3. Система автоматического регулирования является стационарной, если:
- 3.1. входной сигналы системы не изменяется во времени;
  - 3.2. реакция системы на единичный ступенчатый воздействие представляет собой линейно нарастающий сигнал;
  - 3.3. все параметры системы стабильны;
  - 3.4. значение сигнала ошибки в установившемся режиме равно нулю.
4. Деление систем автоматического регулирования на статические и астатические осуществляется в зависимости от:
- 4.1. значения сигнала ошибки в установившемся режиме;
  - 4.2. динамических характеристик системы;
  - 4.2. значений «нулей» передаточной функции разомкнутой системы;
  - 4.4. значений «полюсов» передаточной функции замкнутой системы.
5. Поставьте в соответствие тип системы и характеристику входного сигнала системы.

А	система стабилизации
В	система программного регулирования
С	следающая система

D	входной сигнал – заранее определенная функция времени
E	входной сигнал – заранее неопределенная, зачастую случайная функция времени
F	входной сигнал – константа (не изменяется во времени)



6. Поставьте в соответствие приведенные оригиналы  $x(t)$  и изображения по Лапласу  $x(p)$  типовых сигналов системы автоматического регулирования.

A	$x(t) = 1(t)$	K	$x(p) = \frac{\omega}{(p + \alpha)^2 + \omega^2}$
B	$x(t) = \alpha t$	L	$x(p) = \frac{1}{p}$
C	$x(t) = e^{-\alpha t} \sin(\omega t)$	M	$x(p) = \frac{\alpha \omega}{p^2 + \omega^2}$
D	$x(t) = \alpha \sin \omega t$	N	$x(p) = \frac{1}{p + \alpha}$
F	$x(t) = e^{-\alpha t}$	O	$x(p) = \frac{\alpha}{p^2}$

7. Передаточная функция системы автоматического регулирования - это:

- 7.1. реакция системы на единичное ступенчатое входное воздействие;
- 7.2. отношение изображений Фурье выходного и входного сигналов;
- 7.3. отношение изображения по Лапласу выходного сигнала к изображению по Лапласу входного сигнала при нулевых начальных условиях;
- 7.4. отношение выходного и входного сигналов при подаче на вход системы гармонического воздействия.

8. Передаточная функция замкнутой системы автоматического регулирования по ошибке равна:

- 8.1. отношению амплитуд выходного сигнала и сигнала ошибки при подаче на вход системы гармонического воздействия;
- 8.2. отношению изображений Фурье сигнала ошибки регулирования и входного сигнала;
- 8.3. отношению изображения по Лапласу сигнала ошибки регулирования к изображению по Лапласу входного сигнала при нулевых начальных условиях;
- 8.4. отношению изображения по Лапласу выходного сигнала к изображению по Лапласу сигнала ошибки регулирования при нулевых начальных условиях.

9. Передаточная функция замкнутой системы автоматического регулирования в разомкнутом состоянии равна:

- 9.1. передаточной функции прямого канала системы;
- 9.2. произведению передаточных функций прямого канала и канала обратной связи системы;
- 9.3. передаточной функции канала обратной связи системы;
- 9.4. отношению передаточных функций прямого канала и канала обратной связи системы.

10. Дифференциальному уравнению вида

$$a_3 \frac{d^3 x_{\text{вых}}(t)}{dt^3} + a_2 \frac{d^2 x_{\text{вых}}(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dx_{\text{вых}}(t)}{dt} + a_0 x_{\text{вых}}(t) = b_2 \frac{d^2 x_{\text{вх}}(t)}{dt^2} + b_1 \frac{dx_{\text{вх}}(t)}{dt} + b_0 x_{\text{вх}}(t)$$

соответствует передаточная функция:

$$10.1. W(p) = \frac{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{b_2 p^2 + b_1 p + b_0};$$

$$10.2. W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_3 p^3 + (a_2 + b_2) p^2 + (a_1 + b_1) p + (a_0 + b_0)};$$

$$10.3. W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_3 p^3 + (a_2 - b_2) p^2 + (a_1 - b_1) p + (a_0 - b_0)};$$

$$10.4. W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}.$$

11. Для линейной системы автоматического регулирования зависимость передаточной функции  $W(p) = \frac{x_{\text{вых}}(p)}{x_{\text{вх}}(p)}$  от входного сигнала системы:

11.1. пропорциональная;

11.2. обратно пропорциональная;

11.3. передаточной функции линейной системы не зависит от входного сигнала;

11.4. определяется порядком передаточной функции.

12. Порядок системы автоматического регулирования определяется:

12.1. количеством нулей передаточной функции системы;

12.2. количеством элементарных звеньев, входящих в систему;

12.3. количеством полюсов передаточной функции системы;

12.4. суммарным числом различных управляющих и возмущающих воздействий, приложенных к системе.

13. Физическая реализуемость передаточной функции системы автоматического регулирования предполагает следующее соотношение между количеством ее нулей ( $m$ ) и полюсов ( $n$ ):

13.1.  $n < m$

13.2.  $n = m$

13.3.  $n \geq m$

13.4. не зависит от соотношения  $m$  и  $n$ .

14. Временные характеристики системы автоматического регулирования:

14.1. представляют собой функции времени, описывающие реакции системы на определенные тестирующие входные сигналы;

14.2. определяют закон изменения параметров системы во времени;

14.3. определяют закон изменения входного сигнала системы во времени;

14.4. представляют собой закон изменения значений «полюсов» передаточной функции системы во времени.

15. Переходная функция системы автоматического регулирования – это:

15.1. показатель, характеризующий уровень помехоустойчивости системы;

15.2. отношение изображения по Лапласу выходного сигнала системы к изображению по Лапласу входного сигнала при нулевых начальных условиях;

15.3. функция времени, определяющая закон изменения входного сигнала системы;

15.4. реакция системы на единичный ступенчатый входной сигнал.

16. Функция веса системы автоматического регулирования – это:

16.1. показатель, определяемый числом элементарных звеньев, образующих данную систему;

16.2. показатель, характеризующий наличие в системе перекрестных связей;

16.3. реакция системы на единичную импульсную функцию;

16.4. интегральный критерий, равный разности между числом нулей и полюсов передаточной функции системы.

17. Укажите зависимость между переходной функцией  $h(t)$  системы и её функцией веса  $w(t)$ .

17.1.  $w(t) = \frac{dh(t)}{dt}$ ;

17.2.  $w(t) = \frac{1}{h(t)}$ ;

17.3.  $w(t) = t \cdot h(t)$ ;

17.4.  $w(t) = \int h(t) dt$ .

18. Амплитудно-частотная характеристика линейной системы автоматического регулирования:

18.1. характеризует изменение амплитуды выходного сигнала системы;

18.2. определяет соотношение амплитуд входного гармонического сигнала и гармонического сигнала, установившегося на выходе системы, при изменении частоты входного сигнала;

18.3. устанавливает закон изменения амплитуды и частоты входного сигнала системы;

18.4. определяет максимальное значение частоты выходного сигнала.

19. Передаточная функция  $W(p) = e^{-\tau p}$  соответствует:

19.1. колебательному звену;

19.2. консервативному звену;

19.3. реальному дифференцирующему звену;

19.4. звену чистого запаздывания.

20. Последовательное включение в разомкнутую систему автоматического регулирования звена чистого запаздывания приведет к изменению:

20.1. переходной функции и логарифмической амплитудно-частотной характеристики системы;

20.2. переходной функции и фазо-частотной характеристики системы;

20.3. фазо-частотной и логарифмической амплитудно-частотной характеристик системы;

20.4. только логарифмической амплитудно-частотной характеристики системы.

#### **Задания для защиты лабораторных работ**

#### **4 семестр**

**Лабораторная работа 1.** Моделирование элементарных звеньев и МРС в среде MATLAB

1) Дайте определение передаточной функции МРС, амплитудно- и фазо-частотной характеристикам МРС.

2) Как связаны передаточная функция и амплитудно-фазочастотная характеристика МРС?

3) Как связаны амплитудно-фазочастотная характеристика МРС с амплитудно-частотной характеристикой и фазо-частотной характеристикой МРС?

4) Как зависит передаточной функции линейной МРС от вида входного сигнала?

5) Как связаны амплитудно- частотная и логарифмическая амплитудно- частотная характеристикам МРС?

6) Запишите передаточные функции элементарных звеньев (), приведите их частотные характеристики.

**Лабораторная работа 2 (реализуется в форме практической подготовки).**

Применение для оценки устойчивости критериев Михайлова и Найквиста

1) В чем принципиальное отличие критериев Михайлова и Найквиста?

2) Сформулируйте принцип аргумента.

3) Сформулируйте необходимое условие устойчивости замкнутой МРС по Михайлову.

4) Сформулируйте достаточное условие устойчивости замкнутой МРС по Найквисту, если для оценки устойчивости используется амплитудно-фазочастотная характеристика разомкнутой МРС

5) Сформулируйте достаточное условие устойчивости замкнутой МРС по Найквисту, если для оценки устойчивости используются логарифмическая амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристикам характеристика разомкнутой МРС.

6) как измеряются запасы устойчивости МРС по амплитуде и по фазе?

**Лабораторная работа 3(реализуется в форме практической подготовки).**

Определение динамических показателей по переходной функции МРС

1) Какие показатели используются для оценки динамических показателей МРС по её переходной функции?

- 2) Какие показатели используются для оценки динамических показателей МРС по её нормированной амплитудно-частотной характеристике?
- 3) Что такое корневые оценки качества регулирования?
- 4) Что такое интегральные оценки качества регулирования? Назовите их, укажите области применения.

**Лабораторная работа 4.** Моделирование МРС, реализующих принцип комбинированного управления

- 1) Назовите способы повышения точности МРС.
- 2) Укажите ограничения, связанные с повышением точности МРС за счет увеличения коэффициента усиления и порядка астатизма МРС.
- 3) В чем достоинство способа повышения точности МРС при использовании принципа комбинированного регулирования и в чем его недостатки?
- 4) Приведите вид структур МРС, реализующие принцип комбинированного управления.
- 5) Каков порядок астатизма системы абсолютно инвариантной по управляющему воздействию?
- 6) В чем отличие абсолютной инвариантности системы от частичной инвариантности?

**Лабораторная работа 5 (реализуется в форме практической подготовки).** Моделирование МРС с последовательными корректирующими звеньями

- 1) Запишите выражение, по которому рассчитывается логарифмическая амплитудно-частотная характеристика последовательного корректирующего звена.
- 2) Укажите последовательность построения логарифмической амплитудно-частотной характеристики скорректированной системы.
- 3) Что определяет вид логарифмической амплитудно-частотной характеристики скорректированной системы в области низких частот?
- 4) Что определяет вид логарифмической амплитудно-частотной характеристики скорректированной системы в среднечастотном диапазоне?
- 5) За счет чего может быть упрощена передаточная функция последовательного корректирующего звена.

**Лабораторная работа 6.** Моделирование МРС с параллельными корректирующими звеньями

- 1) Запишите выражения, по которым рассчитывается логарифмическая амплитудно-частотная характеристика последовательного корректирующего звена.
- 2) Укажите последовательность построения логарифмической амплитудно-частотной характеристики скорректированной системы.
- 3) Что определяет вид логарифмической амплитудно-частотной характеристики скорректированной системы в области низких частот?
- 4) Что определяет вид логарифмической амплитудно-частотной характеристики скорректированной системы в среднечастотном диапазоне?
- 5) Проведите сравнительный анализ последовательной и параллельной коррекции МРС.

**Лабораторная работа 7.** Коррекция МРС звеньями на базе операционных усилителей

- 1) Проведите сравнительный анализ коррекция МРС звеньями на базе операционных усилителей и с использование пассивных RC-четырёхполюсников.
- 2) Приведите схемы корректирующих звеньев на базе операционных усилителей, реализующих передаточные функции интегро-дифференцирующего звена, ПИ-регулятора, ПИД-регулятора.

## 5 семестр

**Лабораторная работа 1.** Исследование моделей многомерных МРС

- 1) Приведите в общем виде уравнения многомерной МРС.
- 2) Дайте определение стационарной и нестационарной многомерной МРС.
- 3) Получите уравнения параллельного соединения многомерных систем.
- 4) Дайте определение свободного и вынужденного движения многомерной МРС.
- 5) Дайте определение фундаментальной матрицы.
- 6) Дайте определение переходной матрицы.
- 7) Опишите алгоритм решения задачи анализа выходных процессов для стационарных многомерных МРС с помощью фундаментальной матрицы.

**Лабораторная работа 2.** Определение управляемости и наблюдаемости многомерной МРС

- 1) Разъясните суть процедуры диагонализации.
- 2) К каким наиболее существенным изменениям приводит процедура диагонализации линейной системы управления?
- 3) Дайте определение управляемой системы.
- 4) Сформулируйте критерий управляемости Гильберта.
- 5) Сформулируйте критерий управляемости для случая кратных собственных значений матрицы коэффициентов системы.
- 6) Сформулировать критерий управляемости на основе разложения матричной экспоненты.
- 7). Дайте определение управляемости по выходу.
- 8) Сформулируйте критерий управляемости по выходу.

**Лабораторная работа 3.** Исследование моделей многомерных МРС

- 1) Опишите процедуру получение моделей МРС в пространстве состояний по заданным скалярным передаточным функциям.
- 2) Опишите процедуру получение скалярных передаточных функций на основе дискретной модели МРС в пространстве состояний.
- 3) Опишите процедуру получение скалярных передаточных функций на основе непрерывной модели МРС в пространстве состояний.

**Лабораторная работа 4.** Исследование моделей нелинейной МРС

- 1) Сформулируйте принцип суперпозиции.
- 2) Приведите виды статических характеристик типовых нелинейных элементов МРС

- 3) Назовите ограничение на использование метода фазовой плоскости.
- 4) В чем суть метода гармонической линеаризации? В чем ограничение на использование этого метода?

**Лабораторная работа 5 (реализуется в форме практической подготовки).**

Определение параметров и устойчивости автоколебательных режимов в нелинейных МРС

- 1) Дайте определение автоколебательному режиму в нелинейных системах.
- 2) Назовите способы определения параметров автоколебательного режима.
- 3) Опишите процедуру определения параметров автоколебательного режима, основанную на методе гармонической линеаризации нелинейного элемента и критерии Найквиста.

**Лабораторная работа 6.** Проверка условий абсолютной устойчивости на моделях нелинейных МРС

- 1) Что называется модифицированной амплитудно-фазочастотной характеристикой?
- 2) Опишите процедуру оценки абсолютной устойчивости с помощью критерия Попова.
- 3) Сформулируйте критерий абсолютной устойчивости равновесия нелинейной МРС.

**Лабораторная работа 7.** Исследование вопросов коррекции нелинейных МРС

- 1) Как может быть устранено негативное влияние нелинейного элемента за счет изменения параметров линейной части МРС?
- 2) Сформулируйте основные положения метода коррекции, основанного на применении обратных нелинейностей.
- 3) Как может быть устранено негативное влияние нелинейного элемента за счет введения дополнительных линейных обратных связей?

### **Задания практических работ**

#### **4 семестр**

Практическое занятие 1. Передаточные функции элементарных звеньев

Практическое занятие 2 Правила построения кусочно-асимптотических логарифмических амплитудно-частотных характеристик по передаточным функциям МРС

Практическое занятие 3. Расчет корневых оценок запасов устойчивости

Практическое занятие 4 (реализуется в форме практической подготовки). Оценка устойчивости МРС, содержащих звенья чистого запаздывания

Практическое занятие 5. Расчет показателя качества регулирования следящих систем по частотным характеристикам

Практическое занятие 6. Оценка порядка астатизма системы. Способы повышения точности МРС

Практическое занятие 7. Построение асимптотической желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики

Практическое занятие 8. Определение передаточной функции параллельного корректирующего звена с учетом требований к его аппаратной реализации

Практическое занятие 9. Решение задачи параллельной коррекции для систем различной структуры

Практическое занятие 10. Расчет параметров корректирующих звеньев.

### 5 семестр

Практическое занятие 1 (реализуется в форме практической подготовки). Составление детализированной структурной схемы МРС методами прямого, непосредственного, последовательного и параллельного программирования

Практическое занятие 2. Расчет матриц коэффициентов, управления и наблюдения МРС заданной структуры. Вычислений фундаментальной матрицы

Практическое занятие 3. Применение методов вычисления фундаментальной матрицы

Практическое занятие 4 (реализуется в форме практической подготовки). Построение фазовых траекторий. Классификация особых точек.

Практическое занятие 5. Определение наличия в системе автоколебаний, вычисление их параметров (на основе метода гармонической линеаризации нелинейного элемента)

Практическое занятие 6. Частотный способ анализа устойчивости. Процедура проверки абсолютной устойчивости

Практическое занятие 7. Расчет регуляторов, обеспечивающих заданное качество переходных процессов в замкнутой нелинейной МРС.

### КУРСОВАЯ РАБОТА

#### Исходные данные для выполнения курсовой работы

1. Проанализировать устойчивость замкнутой системы, используя прямой метод оценки устойчивости и произвольно выбранный критерий устойчивости.

2. Провести синтез последовательного и параллельного корректирующих звеньев, обеспечивающих следующие показатели качества процесса регулирования в скорректированной системе:

а) перерегулирование  $\sigma \leq 20\%$ ;

б) длительность переходного процесса, не превышающую значения  $t_{пер}$ , в соответствии с вариантом задания;

в) величину ошибки по положению (ошибки по скорости), не превышающую значения в соответствии с вариантом задания.

3. Определить критическое время запаздывания, при котором скорректированная система будет находиться на границе устойчивости.

4. Описать нескорректированную систему в пространстве состояний

### РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы

1. Исследовать динамические режимы нелинейной системы методом фазовой плоскости для заданной статической характеристики нелинейного элемента и передаточной функции линейной части системы.

2. Оценить динамические свойства системы в свободном движении.

3. Определить наличие автоколебаний в системе, оценить их устойчивость и рассчитать параметры.

### 3.2 Задания для промежуточной аттестации

#### Контрольные вопросы к экзамену

1. Классификация систем автоматического управления.

2. Принципы линеаризации систем автоматического управления.

3. Использование дифференциальных и операторных уравнений при описании систем автоматического управления. Основные свойства преобразования Лапласа.

4. Передаточные функции систем автоматического управления.



5. Временные характеристики систем автоматического управления.
6. Частотные характеристики систем автоматического управления.
7. Характеристики пропорционального звена
8. Характеристики идеального дифференцирующего звена.
9. Характеристики аperiodического звена первого порядка.
10. Характеристики реального дифференцирующего звена.
11. Характеристики инерционного звена второго порядка.
12. Характеристики звена чистого запаздывания.
13. Характеристики интегро-дифференцирующего звена.
14. Характеристики пропорционально-интегрирующего звена.
15. Эквивалентные преобразования структурных схем линейных систем автоматического управления.
16. Понятие устойчивости линейных систем автоматического управления. Необходимое и достаточное условия устойчивости. Прямой метод оценки устойчивости.
17. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.
18. Частотный критерий устойчивости Михайлова. Принцип аргумента.
19. Частотный критерий устойчивости Найквиста.
20. Устойчивость систем с запаздыванием.
21. Оценка качества процесса регулирования по переходной характеристике системы.
22. Частотные критерии качества.
23. Корневые критерии качества.
24. Интегральные критерии качества.
25. Оценка точности систем автоматического управления. Статические и астатические системы.
26. Коэффициенты ошибки системы.
27. Системы комбинированного управления.
28. Типы корректирующих звеньев в системах автоматического управления.
29. Частотный метод синтеза корректирующих устройств.
30. Последовательные корректирующие устройства..
31. Параллельные корректирующие устройства.
32. Техническая реализация корректирующих устройств.
33. Особенности нелинейных систем и методы их анализа.
34. Исследование нелинейных систем на фазовой плоскости.
35. Метод гармонической линеаризации нелинейных звеньев.
36. Методы определения параметров автоколебаний.