

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

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
И.В. Макурин  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Теория автоматического управления»

основной профессиональной образовательной программы  
подготовки бакалавров по направлению

27.03.04 «Управление в технических системах»,

профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами»

Форма обучения            Очная  
Технология обучения    Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 20\_\_

Автор рабочей программы  
доцент, канд. техн. наук, доцент

 Г.М. Гринфельд  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

 И.А. Романовская  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ЭПАПУ

 В.А. Соловьев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Декан электротехнического факультета

 А.С. Гудим  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Начальник учебно-методического  
управления

 Е.Е. Поздеева  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Теория автоматического управления» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 03.09.2015 № 955, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах»,

### 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<i>Теория автоматического управления</i>							
Цель дисциплины	Изучение теоретических основ и практических методов анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ), особенностей взаимодействия элементов таких систем, характера динамических процессов и особенностей статических режимов.							
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 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.							
Общая трудоемкость дисциплины	9 з.е. / 324 академических часов							
		Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
	Семестр	Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	4 семестр	17	34	17	–	76	–	144
5 семестр	17	34	34	–	59	36	180	
ИТОГО:		34	68	51	–	135	36	324

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

Дисциплина «Теория автоматического управления» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ПК-2 Способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	31(ПК-2-2) Знание принципов математического описания основных элементов линейных САУ, методик оценки устойчивости линейных САУ, определения показателей качества регулирования	У1(ПК-2-2) Проводить анализ основных элементов линейных САУ с применением методов математического моделирования	Н1(ПК-2-2) Навыки выполнение расчетов элементов САУ в составе гибких производственных систем
	32(ПК-2-2) Знание методик синтеза линейных САУ с заданными, показателями качества регулирования	У2(ПК-2-2) Осуществлять синтез линейных САУ с заданными характеристиками с использованием стандартного программного обеспечения	Н2(ПК-2-2) Навыки осуществления коррекции линейных САУ по заданным показателям качества регулирования
	31 (ПК-2-3) Знание принципов математического описания САУ в пространстве состояний	У1(ПК-2-3) Решать задачи аналитического характера при поиске наиболее приемлемого подхода к проектированию САУ в соответствии с нормативами качества	Н1(ПК-2-3) Навыки выполнения экспериментального исследования САУ
	32(ПК-2-3) Знание принципов математического описания основных элементов нелинейных САУ в составе гибких производственных систем		Н2(ПК-2-3) Навыки подготовки заключений по соответствию проектируемой САУ нормативным требованиям и стандартам

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной

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

Дисциплина «Теория автоматического управления» изучается в 4 и 5 семестрах. Дисциплина является вариативной дисциплиной входит, в состав

блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные на предыдущем этапе освоения компетенции ПК-2, в процессе изучения дисциплины «Программные среды инженерных расчетов» (код этапа ПК-2-1).

Знания, умения и навыки, сформированные дисциплиной «Теория автоматического управления» (код этапа ПК-2-2, ПК-2-3) будут использованы при изучении дисциплины «Дискретные системы управления» (код этапа ПК-2-4), «Моделирование систем управления» (код этапа ПК-2-5) и являются основой для успешного выполнения выпускной квалификационной работы.

Входной контроль при изучении дисциплины не проводится.

#### **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 зачетных единиц, 324 академических часов.

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
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	324
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	153
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	34
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	119
<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	135
Промежуточная аттестация обучающихся	4 семестр – итоговая оценка 5 семестр – экзамен 36 ч.

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

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				компетенции	ЗУН
1	2	4	3	5	6
<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 САУ с использованием дифференциальных и операторных уравнений. Передаточные функции	Лекция	2	традиционная	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Определение передаточных функций технических объектов	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Моделирование САУ	Лабораторная работа 1	2	моделирование	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Передаточные функции элементарных звеньев	Практическое занятие 1	4	традиционное	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>Тема 1.2</b> Структурные преобразования САУ. Передаточная функция, частотные и временные характеристики САУ. Критерии качества регулирования САУ	Лекция	2	традиционная	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Определение передаточных функций многосвязных САУ. Формулы Мезона	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Выполнение расчетного задания КР по опреде-	СРС	5	выполнение курсо-	ПК-2-2	У1(ПК-2-2)

1	2	4	3	5	6
лению передаточной функции САУ в замкнутом и разомкнутом состоянии. Определение передаточной функции САУ по ошибке. Вычисление переходной функции нескорректированной САУ, логарифмической амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик			вой работы		Н1(ПК-2-2)
Правила построения кусочно-асимптотических логарифмических амплитудно-частотных характеристик по передаточным функциям САУ	Практическое занятие 2	4	традиционное	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>Текущий контроль по разделу 1</b>		–	тест	–	–
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Лекции	4	–	–	–
	Лабораторные работы	2	–	–	–
	Практические занятия	8	–	–	–
	СРС	15	–	–	–
<b>Раздел 2. Устойчивость непрерывных линейных систем</b>					
<b>Тема 2.1</b> Прямой метод оценки устойчивости непрерывной САУ	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Области устойчивости. D-разбиение по одному и по двум параметрам	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Расчет корневых оценок запасов устойчивости	Практическое занятие 3	4	традиционное	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>Тема 2.2</b> Косвенный метод оценки устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости	Лекция	2	традиционная	ПК-2-2	31(ПК-1-2)
Применение для оценки устойчивости критериев Михайлова и Найквиста	Лабораторная работа 2	4	моделирование	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Применение для оценки устойчивости критерия Гурвица. Запасы устойчивости	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Оценка устойчивости САУ, содержащих звенья чистого запаздывания	Практическое занятие 4	4	традиционное	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)

1	2	4	3	5	6
Выполнение расчетного задания КР по оценке устойчивости замкнутой САУ прямым и косвенным методом	СРС	5	выполнение курсовой работы	ПК-2-2	31(ПК-2-2) У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>Текущий контроль по разделу 2</b>		–	тест	–	–
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Лекции	3	–	–	–
	Лабораторные работы	4	–	–	–
	Практические занятия	8	–	–	–
	СРС	17	–	–	–
<b>Раздел 3. Качество процессов регулирования</b>					
<b>Тема 3.1</b> Оценка динамических свойств САУ по временным и частотным характеристикам	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Корневые показатели качества регулирования. Интегральные оценки качества регулирования	СРС	4	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Определение динамических показателей по переходной функции САУ	Лабораторная работа 3	2	моделирование	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Расчет показателя качества регулирования следящих систем по частотным характеристикам	Практическое занятие 5	4	традиционное	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Выполнение раздела задания КР по определению качества регулирования нескорректированной САУ	СРС	5	выполнение курсовой работы	ПК-2-2	31(ПК-2-2) У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>Тема 3.2</b> Характеристики САУ в статике. Статические и астатические САУ	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-2-2	31(ПК-2-2)
Оценка качества регулирования в установившемся режиме (коэффициенты ошибок)	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Моделирование САУ, реализующих принцип комбинированного управления	Лабораторная работа 4	2	моделирование	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
Определение порядка астатизма системы. Способы повышения точности САУ	Практическое занятие 6	4	традиционное	ПК-2-2	У1(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2)
<b>Текущий контроль по разделу 3</b>		–	тест	–	–

1	2	4	3	5	6
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Лекции	4	–	–	–
	Лабораторные работы	4	–	–	–
	Практические занятия	8	–	–	–
	СРС	15	–	–	–
<b>Раздел 4. . Синтез непрерывных линейных систем с заданными показателями качества регулирования</b>					
<b>Тема 4.1</b> Цели и виды коррекции САУ. Частотный метод синтеза корректирующих устройств	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Зависимость показателей качества регулирования замкнутой САУ от вида ее частотной характеристики в разомкнутом состоянии	СРС	4	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Построение асимптотической желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики	Практическое занятие 7	2	традиционное	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
<b>Тема 4.2</b> Последовательная коррекция САУ	Лекция	2	традиционная	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Определение передаточной функции последовательного корректирующего звена с учетом требований к его аппаратной реализации	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Моделирование САУ с последовательными корректирующими звеньями	Лабораторная работа 5	3	моделирование	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
Выполнение раздела КР по расчету последовательного корректирующего звена	СРС	3	выполнение курсовой работы	ПК-2-2	32(ПК-2-2) У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
Определение передаточной функции параллельного корректирующего звена с учетом требований к его аппаратной реализации	Практическое занятие 8	2	традиционное	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
<b>Тема 4.3</b> Параллельная коррекция САУ	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Определение передаточной функции корректирующего звена с учетом требований к его аппа-	СРС	6	изучение теоретических разделов дис-	ПК-2-2	32(ПК-2-2)

1	2	4	3	5	6
ратной реализации			циплины		
Моделирование САУ с параллельными корректирующими звеньями	Лабораторная работа 6	2	моделирование	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
Выполнение раздела КР по расчету параллельного корректирующего звена	СРС	5	выполнение курсовой работы	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
Решение задачи параллельной коррекции для систем различной структуры	Практическое занятие 9	4	традиционное	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
<b>Тема 4.4</b> Аппаратная реализация корректирующих устройств	Лекция	1	традиционная	ПК-2-2	32(ПК-2-2)
Коррекция САУ звеньями на базе операционных усилителей	Лабораторная работа 7	2	моделирование	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
Выполнение раздела КР-обеспечение аппаратной реализации передаточной функции корректирующего звена преобразовательными устройствами различной физической природы (электрическими, механическими, гидравлическими, пневматическими)	СРС	5	выполнение курсовой работы	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
Расчет параметров корректирующих звеньев.	Практическое занятие 10	2	традиционное	ПК-2-2	У2(ПК-2-2) Н2(ПК-2-2)
<b>Текущий контроль по разделу 4</b>		–	тест	–	–
<b>ИТОГО по разделу 4</b>	Лекции	6	–	–	–
	Лабораторные работы	7	–	–	–
	Практические занятия	12	–	–	–
	СРС	29	–	–	–
<b>Промежуточная аттестация за 4 семестр</b>		–	Итоговая оценка	–	–
<b>ИТОГО за 4 семестр</b>	Лекции	17	–	–	–
	Лабораторные работы	17	–	–	–
	Практические занятия	34	–	–	–
	СРС (всего)	76	–	–	–
<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	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-2-3	31(ПК-2-3)
Математические модели одномерных и многомерных объектов в про-	СРС	6	изучение теоретических раз-	ПК-2-3	31(ПК-2-3)

1	2	4	3	5	6
странстве состояний			делов дисциплины		
Моделирование многомерных САУ	Лабораторная работа 1	6	моделирование	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Составление детализированной структурной схемы САУ методами прямого, непосредственного, последовательного и параллельного программирования	Практическое занятие 1	4	традиционная	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела РГР – составление детализированной структурной схемы САУ в соответствии с вариантом задания	СРС	2	выполнение РГР	ПК-1-2	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Тема 5.2 Способы построения схем переменных состояния. Решение уравнений состояния линейных стационарных САУ. Фундаментальная матрица	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-2-3	31(ПК-2-3)
Задачи управления и наблюдения в линейных САУ. Критерии полной управляемости и наблюдаемости	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-3	31(ПК-2-3)
Определение управляемости и наблюдаемости многомерных САУ	Лабораторная работа 2	6	моделирование	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Расчет матриц коэффициентов, управления и наблюдения САУ заданной структуры. Вычислений фундаментальной матрицы	Практическое занятие 2	6	традиционная	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела РГР – расчет матриц коэффициентов, управления и наблюдения САУ заданной структуры. Вычислений фундаментальной матрицы	СРС	2	выполнение РГР	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Тема 5.3 Связь между представлением моделей САУ в пространстве состояний и представление с помощью передаточных функций	Лекция	3	интерактивная лекция	ПК-2-3	31(ПК-2-3)
Решение матричного дифференциального	СРС	7	изучение теоретиче-	ПК-2-3	31(ПК-2-3)

1	2	4	3	5	6
уравнения, описывающего свободное движение системы, с помощью теоремы Сильвестра			ских разделов дисциплины		
Исследование моделей многомерных САУ	Лабораторная работа 3	6	моделирование	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Применение методов вычисления фундаментальной матрицы	Практическое занятие 3	6	традиционная	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела РГР – решение матричного дифференциального уравнения с помощью теоремы Сильвестра	СРС	2	выполнение РГР	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
<b>ИТОГО по разделу 5</b>	Лекции	7	–	–	–
	Лабораторные работы	18	–	–	–
	Практические занятия	16	–	–	–
	СРС	25	–	–	–
<b>Раздел 6. Нелинейные системы автоматического регулирования</b>					
<b>Тема 6.1</b> Формы математического описания нелинейных систем	Лекция	3	интерактивная лекция	ПК-2-3	32(ПК-2-3)
Устойчивость нелинейных САУ. Исследование устойчивости по линейному приближению. Второй метод Ляпунова.	СРС	8	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-3	32(ПК-2-3)
Моделирование нелинейной САУ	Лабораторная работа 4	4	моделирование	ПК-1-2	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Построение фазовых траекторий. Классификация особых точек.	Практическое занятие 4	6	традиционная	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела расчетного задания по описанию динамики нелинейной САУ на фазовой плоскости. Определение наличия	СРС	4	выполнение РГР	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
<b>Тема 6.2</b> Гармоническая линеаризация нелинейных САУ	Лекция	3	интерактивная лекция	ПК-2-3	31(ПК-2-3)
Скользящие режимы в нелинейных САУ	СРС	8	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-3	32(ПК-2-3)
Определение параметров и устойчивости автоколебательных режимов в нелинейных САУ	Лабораторная работа 5	4	моделирование	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Определение наличия в	Практическое	6	традици-	ПК-2-3	У1(ПК-2-3)

1	2	4	3	5	6
системе автоколебаний, вычисление их параметров (на основе метода гармонической линеаризации нелинейного элемента)	занятие 5		онная		Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела расчетного задания по определению в системе автоколебаний и вычислению их параметров	СРС	2	выполнение РГР	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3) Н2(ПК-2-3)
<b>Тема 6.3</b> Анализ абсолютной устойчивости. Оценка абсолютной устойчивости с помощью критерия Попова	Лекция	2	традиционная	ПК-2-3	32(ПК-2-3)
Проверка условий абсолютной устойчивости на моделях нелинейных САУ	Лабораторные работы 6	6	моделирование	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Частотный способ анализа устойчивости. Процедура проверки абсолютной устойчивости	Практическое занятие 6	6	традиционная	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела расчетного задания по проверке абсолютной устойчивости нелинейной САУ с заданной однозначной нелинейной характеристикой нелинейного элемента	СРС	2	выполнение РГР	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3) Н2(ПК-2-3)
<b>Тема 6.4</b> Синтез нелинейных САУ. Линейная коррекция нелинейных систем. Нелинейные корректирующие устройства.	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-2-3	32(ПК-2-3)
Процедура синтеза нелинейных САУ методом локализации	СРС	8	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2-3	32(ПК-2-3)
Исследование вопросов коррекции нелинейных САУ	Лабораторная работа 7	4	моделирование	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Расчет регуляторов, обеспечивающих заданное качество переходных процессов в замкнутой нелинейной САУ	Практическое занятие 7	4	традиционная	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3)
Выполнение раздела расчетного задания	СРС	2	выполнение РГР	ПК-2-3	У1(ПК-2-3) Н2(ПК-2-3)

1	2	4	3	5	6
<b>ИТОГО по разделу 6</b>	Лекции	10	–	–	–
	Лабораторные работы	18	–	–	–
	Практические занятия	22	–	–	–
	СРС	34	–	–	–
<b>ИТОГО за 5 семестр</b>	Лекции	17	–	–	–
	Лабораторные работы	34	–	–	–
	Практические занятия	34	–	–	–
	СРС	59	–	–	–
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		36	Экзамен	–	–
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	34	–	–	–
	Лабораторные работы	51	–	–	–
	Практические занятия	68	–	–	–
	СРС	135	–	–	–
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 324 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 74 часа					

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа студентов (СРС), осваивающих дисциплину «Теория автоматического управления», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к лабораторным и практическим занятиям; подготовка и оформление расчетно-графической работы; подготовка и оформление курсовой работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебное пособие:

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.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.



## 7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
<b>4 семестр</b>			
Разделы 1 – 4	З1(ПК-2-2), З2(ПК-2-2)	Тест	Правильность ответов
Разделы 1 – 4	У1(ПК-2-2), У2(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2), Н2(ПК-2-2)	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 1 – 4	У1(ПК-2-2), У2(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2), Н2(ПК-2-2)	Практические занятия	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 2 – 4	З1(ПК-2-2), З2(ПК-2-2) У1(ПК-2-2), У2(ПК-2-2) Н1(ПК-2-2), Н2(ПК-2-2)	Курсовая работа	Полнота и правильность выполнения задания
<b>5 семестр</b>			
Разделы 5, 6	У1(ПК-2-3), Н1(ПК-2-3)	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Разделы 5, 6	У1(ПК-2-3), Н1(ПК-2-3), Н2(ПК-2-3)	Практические занятия	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5, 6	У1(ПК-2-3) Н1(ПК-2-3), Н2(ПК-2-3)	Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5, 6	З1(ПК-2-3), З2(ПК-2-3)	Вопросы к экзамену	Полнота и аргументированность ответов

Промежуточная аттестация проводится в форме итоговой оценки (4 семестр) и экзамена (5 семестр).

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
4 семестр				
<b>Промежуточная аттестация в форме итоговой оценки</b>				
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 –

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				очень низкий уровень знаний.
2	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p>
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	
Текущий контроль:		-	100 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b></p> <p>0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для текущего контроля по дисциплине);</p> <p>65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);</p> <p>75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);</p> <p>85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
1	Курсовая работа	в течение семестра	5 баллов	5 – студент владеет знаниями, умениями и навыками в полном объеме, достаточно глубоко осмысливает выполненную работу; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, связанные с проектом 4 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в проектировании 3 – студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом методов проектирования 2 – студент не освоил обязательного минимума знаний, умений и навыков, не способен проектировать
ИТОГО:		-	5 баллов	-
<b>5 семестр</b>				
<b><i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i></b>				
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 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.
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	
6	Лабораторная работа 6	в течение семестра	5 баллов	
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	5 баллов	
Текущий контроль:		-	75 баллов	-

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
12	Экзамен	на сессии	50 баллов	<p>50 – 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.</p> <p>40 – студент привел полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета, показал знание основных терминов и понятий курса; последовательно излагает материала курса; умеет формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; привел достаточно полные ответы на дополнительные вопросы.</p> <p>30 – 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.</p> <p>20 – студент правильно не ответил не на один вопрос экзаменационного билета, не освоил обязательного минимума знаний.</p>
ИТОГО:			125 баллов	
<p><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)</p>				

### Задания для текущего контроля

#### ТЕСТЫ

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	Д	входной сигнал – заранее определенная функция времени
В	система программного регулирования	Е	входной сигнал – заранее неопределенная, зачастую случайная функция времени
С	следающая система	Ф	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.

А	$x(t) = 1(t)$	К	$x(p) = \frac{\omega}{(p + \alpha)^2 + \omega^2}$
В	$x(t) = \alpha t$	Л	$x(p) = \frac{1}{p}$
С	$x(t) = e^{-\alpha t} \sin(\omega t)$	М	$x(p) = \frac{\alpha \omega}{p^2 + \omega^2}$
Д	$x(t) = \alpha \sin \omega t$	Н	$x(p) = \frac{1}{p + \alpha}$
Ф	$x(t) = e^{-\alpha t}$	О	$x(p) = \frac{\alpha}{p^2}$

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.

## ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 4 семестр

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

- 1) Дайте определение передаточной функции САУ, амплитудно- и фазо-частотной характеристикам САУ.
- 2) Как связаны передаточная функция и амплитудно-фазочастотная характеристика САУ?
- 3) Как связаны амплитудно-фазочастотная характеристика САУ с амплитудно-частотной характеристикой и фазо-частотной характеристикой САУ?
- 4) Как зависит передаточной функции линейной САУ от вида входного сигнала?
- 5) Как связаны амплитудно- частотная и логарифмическая амплитудно- частотная характеристикам САУ?
- 6) Запишите передаточные функции элементарных звеньев (), приведите их частотные характеристики.

**Лабораторная работа 2.** 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 САУ по Михайлову.
- 4) Сформулируйте достаточное условие устойчивости замкнутой САУ по Найквисту, если для оценки устойчивости используется амплитудно-фазочастотная характеристика разомкнутой САУ
- 5) Сформулируйте достаточное условие устойчивости замкнутой САУ по Найквисту, если для оценки устойчивости используются логарифмическая

амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристика разомкнутой САУ.

б) как измеряются запасы устойчивости САУ по амплитуде и по фазе?

**Лабораторная работа 3.** Определение динамических показателей по переходной функции САУ

- 1) Какие показатели используются для оценки динамических показателей САУ по её переходной функции?
- 2) Какие показатели используются для оценки динамических показателей САУ 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 САУ, реализующих принцип комбинированного управления

- 1) Назовите способы повышения точности САУ.
- 2) Укажите ограничения, связанные с повышением точности САУ за счет увеличения коэффициента усиления и порядка астатизма САУ.
- 3) В чем достоинство способа повышения точности САУ при использовании принципа комбинированного регулирования и в чем его недостатки?
- 4) Приведите вид структур САУ, 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.** Моделирование САУ 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 САУ 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 САУ.

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

1) Проведите сравнительный анализ коррекция САУ 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 САУ

1) Приведите в общем виде уравнения многомерной САУ.

2) Дайте определение стационарной и нестационарной многомерной САУ.

3) Получите уравнения параллельного соединения многомерных систем.

4) Дайте определение свободного и вынужденного движения многомерной САУ.

5) Дайте определение фундаментальной матрицы.

6) Дайте определение переходной матрицы.

7) Опишите алгоритм решения задачи анализа выходных процессов для стационарных многомерных САУ с помощью фундаментальной матрицы.

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

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 САУ

1) Опишите процедуру получение моделей САУ в пространстве состояний по заданным скалярным передаточным функциям.

2) Опишите процедуру получение скалярных передаточных функций на ос-

нове дискретной модели САУ в пространстве состояний.

3) Опишите процедуру получения скалярных передаточных функций на основе непрерывной модели САУ в пространстве состояний.

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

1) Сформулируйте принцип суперпозиции.

2) Приведите виды статических характеристик типовых нелинейных элементов САУ

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.** Определение параметров и устойчивости автоколебательных режимов в нелинейных САУ

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 САУ

1) Что называется модифицированной амплитудно-фазочастотной характеристикой?

2) Опишите процедуру оценки абсолютной устойчивости с помощью критерия Попова.

3) Сформулируйте критерий абсолютной устойчивости равновесия нелинейной САУ.

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

1) Как может быть устранено негативное влияние нелинейного элемента за счет изменения параметров линейной части САУ?

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?

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 4 семестр

Практическое занятие 1. Передаточные функции элементарных звеньев

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

Практическое занятие 3. Расчет корневых оценок запасов устойчивости

Практическое занятие 4. Оценка устойчивости САУ, содержащих звенья чистого запаздывания

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

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

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.** Составление детализированной структурной схемы САУ методами прямого, непосредственного, последовательного и параллельного программирования

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

**Практическое занятие 3.** Применение методов вычисления фундаментальной матрицы

**Практическое занятие 4.** 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 САУ.

### 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  $t_{рег}$ , 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.

## **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 апериодического 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.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения 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) Воронов, А.А. Основы теории автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для вузов / А. А. Воронов, В. К. Титов, Б. Н. Новогранов. - М.: Высшая школа, 1977. - 519с.: ил.
- 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) Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование: теория и элементы систем: Учебник / Н. Н. Иващенко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1978; 1973. - 736с.
- 5) Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: Для вузов / В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко, [и др.]; Под ред. В.А.Бесекерского. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1978. - 510с.

### 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) Глазырин, Г. В. Теория автоматического регулирования [Электронный ресурс] / Глазырин Г.В. - Новосибирск: НГТУ, 2014. - 168 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – **Режим доступа:** <http://www.iprbookshop.ru/45443.html>

3) Борисевич, А. В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич. - М.: Инфра-М, 2014. - 200 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>.

### **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
- 2) Информационная 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>
- 4) Веб-сайт: <http://www.laserfest.org/lasers/history/timeline.cfm>

### **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

#### **4 семестр**

Изучение дисциплины «Теория автоматического управления» осуществляется в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, лабораторных и практических занятий. Разделы дисциплин изучаются последовательно, начиная с первого. Каждый раздел, формирует необходимые условия для создания системного представления о предмете дисциплины.

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение курсовой работы;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к мероприятиям текущего контроля;

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется во время аудиторных занятий. Для этого, во время лекций используются элементы дискуссии и контрольные вопросы. Уровень освоения умений и навыков проверяется в процессе лабораторных и практических занятий. Для этого используются задания, подготовленные студентами во время семестра и предназначенные для текущего контроля (таблица 6).

Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов по результатам текущего контроля и баллов, полученных на промежуточной аттестации по результатам итоговой аттестации. Максимальный итоговый рейтинг – 100 баллов. Оценке «отлично» соответствует 85 - 100 баллов; «хорошо» – 75 - 84; «удовлетворительно» – 65 - 74; менее 64 – «неудовлетворительно» (таблица 6).

### **5 семестр**

СРС в 5 семестре включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение расчетно-графической работы;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к промежуточной аттестации (экзамену).

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется во время аудиторных занятий. Для этого, во время лекций используются элементы дискуссии и контрольные вопросы. Уровень освоения умений и навыков проверяется в процессе лабораторных и практических занятий. Для этого используются задания, подготовленные студентами во время семестра и предназначенные для текущего контроля (таблица 6).

Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов по результатам текущего контроля и баллов, полученных на промежуточной аттестации по результатам экзамена. Максимальный итоговый рейтинг – 125 баллов. Оценке «отлично» соответствует 109 - 125 баллов; «хорошо» – 93 - 108; «удовлетворительно» – 81 - 92; менее 80 – «неудовлетворительно» (таблица 6).

### **Курсовая работа**

**Тема работы** «Расчет линейных непрерывных систем автоматического управления»

**Цель работы:** обеспечить получение студентами следующих практических навыков:

- применения альтернативных критериев оценки устойчивости замкнутых непрерывных линейных систем автоматического управления;
- использования комплекса показателей, позволяющих определить качества регулирования;
- расчета параметров корректирующих звеньев, предназначенных для обеспечения процесса регулирования с заданными показателями качества, и решения вопросов их аппаратной реализации.

Одним из основных видов самостоятельной работы студентов является выполнение курсовой работы. Студенту выдается индивидуальное задание на курсовую работу согласно варианту. В процессе выполнения задания студент прорабатывает теоретический материал, производит необходимые расчеты, строит графики временных и частотных характеристик системы автоматического управления.

При прохождении данного этапа студент учится работать с технической литературой, искать решения поставленных инженерных задач, организовывать самостоятельную работу.

Курсовая работа затрагивает основные аспекты теории и методов анализа и синтеза систем автоматического управления, с которыми придется столкнуться будущему инженеру в процессе работы по специальности.

Основными задачами курсовой работы являются:

- закрепление и более глубокое усвоение теоретических знаний;
- развитие навыков самостоятельной работы при выборе методов расчета и творческой инициативы при решении конкретных задач;
- развитие навыков поиска и самостоятельной работы с технической литературой;
- подготовка к освоению будущих дисциплин направления.

Задание на курсовую работу представляет собой последовательный набор практических задач, результаты решения которых, должны быть изложены в виде расчетно-пояснительной записки. Записка должна содержать исходные задания, решения задач с необходимыми пояснениями, требуемые схемы, а также графический материал, представленный графиками временных и частотных характеристик САУ и т.д.

В процессе выполнения курсовой работы у студентов формируется общепрофессиональная компетенция «способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико - математический аппарат».

Пояснительную записку представляют к защите в сброшюрованном виде. Примерный объем пояснительной записки 20 – 30 с.

Подготовленная и правильно оформленная курсовая работа допускается руководителем к ее защите. Если курсовая работа выполнена или оформлена неверно, она возвращается студенту на доработку.

В процессе защиты своей работы студент излагает основные результаты, полученные в ходе решения, использованные методы решения и т.д.

Курсовая работа может быть снята с защиты, если будет выявлена фальсификация результатов или плагиат. В этом случае студенту выдается новое задание с другим вариантом.

### **Расчетно-графическая работа**

**Тема работы** «Исследование нелинейной системы автоматического управления».

**Цель работы:** изучение основных аспектов теории, методов анализа нелинейных систем автоматического управления.

Задание на расчетно-графическую работу представляет собой логически выверенную последовательность практических задач, результаты решения которых, должны быть изложены в виде расчетно-пояснительной записки.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать введение, исходные задания, решения задач с необходимыми пояснениями, требуемые структур-

ные схемы системы, а также графический материал, представленный в форме графиков временных и частотных характеристик и т.д., заключение и список использованных источников.

Выполненная РГР должна удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата работы на исправление.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины «Теория автоматического управления» основывается на активном использовании Microsoft Office, программы структурного моделирования PSM, системы автоматизированного проектирования MathCAD в процессе подготовки курсовой работы, расчетно-графической работы.

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

### **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины «Теория автоматического управления» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
202/3	Лаборатория ЭВМ и вычислительных промышленных сетей	Персональные компьютеры	Моделирование