

100-115

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
(ВлГУ)



А.А.Панфилов

« 08 » \_\_\_\_\_ 04 2015г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Теория автоматического управления»**

Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения - очная

Семестр	Трудоем- кость зач. Ед./ час.	Лекций, час.	Практич. Занятий, час.	Лаборат. Работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	6/216	36	18	18	99	Экзамен (45)
5	5/180	36	18	18	63	Экзамен (45),КР
Итого	11/396	72	36	36	162	Экзамен (90),КР

Владимир 2015 г.

## ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Теория автоматического управления» являются ознакомление с многообразием систем автоматического управления (САУ) и изучение современных методов теории управления, формирование целостного математического базиса анализа и синтеза САУ, позволяющего понимать новые направления развития современной теории управления и применять их к решению конкретных задач.

### Задачи дисциплины:

- изучение принципов построения систем автоматического управления и их отдельных элементов;
- изучение различных форм представления моделей, адекватно отражающих процессы, происходящие в системе;
- изучение основных методов анализа САУ во временной и частотных областях, способов синтеза САУ;
- освоение и практическое использование типовых пакетов прикладных программ анализа динамических систем.

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к блоку Б1 – Дисциплины, базовая часть.

Для успешного освоения учебного курса необходимо знание разделов следующих дисциплин:

- Математика: линейная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисления, гармонический анализ; дифференциальные уравнения; численные методы.
- Математические основы автоматического управления: функции комплексного переменного; элементы функционального анализа, преобразование Фурье, преобразование Лапласа.
- Основы автоматизации: типовые устройства и средства автоматизации.
- Компьютерная математика: множества, алгебра множеств, булева алгебра, графы, вычислительные методы в математике.
- В ходе вычислительной практики студенты должны освоить пакеты Mathcad, Matlab.

Знания, полученные в результате изучения данной дисциплины, используются при изучении дисциплин «Автоматизация технологических процессов и производств», «Интеллектуальные системы», «Системы приводов», «Проектирование автоматизированных систем», «Компьютерные системы управления» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины «Теория автоматического управления» у студента должны быть сформированы следующие компетенции:

ОПК-3- способностью использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности;

ПК-19- способностью участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами;

ПК-20- способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций;

ПК-22- способностью участвовать в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

ПК-33 - способностью участвовать в разработке новых автоматизированных и автоматических технологий производства продукции и их внедрении, оценке полученных результатов, подготовке технической документации по автоматизации производства и средств его оснащения

Обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1. Знать: основные положения современной теории управления ПК-22.
2. Уметь: самостоятельно разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления (ПК-19, ПК-33).
3. Владеть методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использовать их для решения конкретных задач (ПК-20, ОПК-3).
4. Иметь представление о методах исследования сложных систем (ОПК-3).

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц, 396 часов

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Основные понятия и определения	4	1-2	4						2/50	
2	Статика систем автоматического управления	4	3-4	4	4	4		9		6/50	
3	Динамика систем автоматического управления	4	5-6	4	4	6		9		7/50	1-й Рейтинг-контроль
4	Анализ и синтез линейных непрерывных САУ	4	7-8	4	2	2		9		4/50	
5	Общая характеристика нелинейных САУ	4	9	2				9		1/50	
6	Анализ динамики нелинейных САУ	4	10	4	2	2		9		4/50	
7	Синтез и качество нелинейных САУ	4	11-12	4	2	2		9		4/50	2-й Рейтинг-контроль
8	Общая характеристика импульсных САУ	4	13	2				9		1/50	

9	Анализ динамики импульсных и цифровых САУ	4	14	2	2	2		9		3/50	
10	Синтез и коррекция импульсных САУ	4	15	2	2			9		2/50	
11	Случайные процессы в линейных САУ	4	16-17	2				9		1/50	
12	Случайные процессы в нелинейных САУ	4	18	2				9		1/50	3-й Рейтинг-контроль
Всего за 4 семестр: 216 час			18	36	18	18		99		36/50	Экзамен (45)
13	Теория оптимальных систем автоматического управления	5	1-6	11	5	5		21		10,5/50	1-й Рейтинг-контроль
14	Теория адаптивных систем автоматического управления	5	7-12	11	5	5		21		10,5/50	2-й Рейтинг-контроль
15	Адаптивные системы и робастное управление	5	13-18	14	8	8		21		15/50	3-й Рейтинг-контроль,
Всего за 5 семестр: 180 час.		5	18	36	18	18		63	КР	36/50	Экзамен (45)
Итого: 396 час.		4, 5	36	72	36	36		162	КР	72/50	Экзамен (90)

### Практические занятия

#### Тематика практических занятий

1. Определение статических характеристик при параллельном и последовательном соединении нелинейных звеньев
2. Оценка устойчивости импульсных систем с использованием z-преобразования и w-преобразования.
3. Исследование нелинейных САУ(расчетно-графическая работа).

#### Лабораторные работы

Лабораторные работы выполняются по методическим указаниям к лабораторным работам:

Лабораторная работа №1. Исследование динамических характеристик типовых звеньев

Лабораторная работа № 2. Исследование частотных характеристик САУ

Лабораторная работа № 3. Исследование устойчивости линейных САУ

Лабораторная работа № 4. Оценка качества переходного процесса САУ

Лабораторная работа № 5. Улучшение качества процесса регулирования САУ введением последовательных корректирующих устройств

Лабораторная работа № 6. Улучшение качества процесса регулирования в САУ параллельными корректирующими звеньями, обратными связями и комбинированным управлением.

#### 4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий по всем формам используется компетентностный подход: способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в профессиональной области.

Методологической основой ФГОС ВО является применение компетентностного подхода (способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в профессиональной области) и мультимедийных технологий на основе электронных образовательных ресурсов в сочетании с активными и интерактивными формами проведения занятий (компьютерные презентации и симуляции, дискуссии, разбор конкретных ситуаций, в т.ч. на жестовом языке). Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах составляют не менее 50 % аудиторных занятий.

При проведении всех видов занятий со студентами-инвалидами по слуху применяются ординарные технологии обучения (ОТО): сурдоперевод, записывание лекций, использование надписей на экране (титров), демонстрация диапозитивов и диафильмов и др. Применение ОТО частично облегчает решение проблемы доступа к информации для лиц с дефектами слуха, но не решает ее принципиально, поскольку они не обеспечивают существенного повышения качества обучения при заданном в образовательном учреждении уровне и темпе подачи и освоения знаний.

В этой связи существенную роль в создании безбарьерной образовательной среды призваны выполнять интенсивные технологии обучения (ИТО): компьютерные технологии; технологии проблемной ориентации и, частично «гувернерского» обучения; технологии графического, матричного и стенографического сжатия информации (опорный конспект); технологии тотальной индивидуализации и др.

Особое место в обеспечении высшего качества образовательных и реабилитационных услуг для контингента со специальными потребностями должны занять высокие технологии обучения (ВТО): мультимедиа технологии, реализуемые на основе специально структурированных баз данных, электронных пособий и учебников и адаптированного программно-аппаратного обеспечения и периферии; мультимедиа технологии в живом контакте педагога и учащегося и т.д. Применение ВТО оптимальным образом обеспечивает формирование у проблемных обучаемых лиц с дефектами здоровья императива генерирования и воспроизводства новых знаний, т.е. таких профессиональных качеств, которые наиболее востребованы на рынке интеллектуального труда.

Все формы аудиторных занятий с глухими и слабослышащими студентами ЦПОИ проводятся с помощью иллюстративно-демонстрационного метода учебной работы, характеризующегося применением ОТО (сурдоперевод), ИТО (CALS, CASE...OLAP и OLTP- компьютерные технологии интеллектуальной поддержки, в частности принятия управленческих решений) и ВТО (анимации, демонстрация наглядных и интерактивных материалов с помощью мультимедийных и дистанционных образовательных технологий).

Система поддержки учебного процесса включает в себя: коррекционную составляющую, сурдоперевод, тьюторинг, записывание учебного материала.

При освоении дисциплины используются различные сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности магистрантов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: проблемное изложение материала, постановку и разрешение проблем при активном участии студентов, а также такие формы активизации студентов как защита рефератов, презентации и доклады на студенческих научных конференциях, выполнение индивидуальных заданий, привлечение к выполнению НИРовских работ, выполняемых на кафедре.

Для повышения эффективности самостоятельной работы формируется, регулярно пополняемая преподавателем библиотека информационных материалов. Активизация этих материалов осуществляется во время аудиторных и контролируемых самостоятельных занятий. В качестве одной из мер, направленных на активизацию академической активности при выполнении СРС, используются задания на контролируемую СРС, которые рекомендованы студентам для самостоятельного изучения. Результаты контролируемых самостоятельных занятий представляются студентами при итоговой аттестации в виде соответствующего письменного отчета.

# 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

## 4-й семестр

### Текущий контроль успеваемости

#### Вопросы для подготовки к рейтинг-контролю

##### 1-й рейтинг-контроль

###### Введение

1. Какие задачи стоят перед теорией автоматического управления?
2. Укажите основные причины, обуславливающие появление автоматических регуляторов и систем.
3. Назовите имена создателей первых промышленных регуляторов и основоположников теории управления.
4. Укажите основные этапы развития автоматического управления.

#### Теория линейных систем автоматического управления

##### 1.1. Основные понятия и определения

1. Что называется регулируемой переменной, возмущающим и задающим воздействием?
2. Перечислите основные функциональные элементы системы управления.
3. Назовите принципы управления, используемые в автоматических системах. Укажите их достоинства и недостатки.
4. В чем различие между прямым и косвенным регулированием?
5. Назовите основные признаки классификации автоматических систем.

##### Статика систем автоматического управления

1. Дайте определение статической и астатической систем. В чем различие между статическим и астатическим регулированием?
2. Какая связь существует между коэффициентом усиления разомкнутой системы и статической ошибкой?
3. Чем отличаются статические характеристики линейных и нелинейных элементов?
4. Как определяется коэффициент усиления участка системы при различных способах соединения элементов?
5. В чем состоит различие статических характеристик объектов по задающему и возмущающему воздействиям?
6. Какова размерность коэффициента усиления астатической системы?
7. Каковы особенности графического и аналитического способов расчета статических характеристик систем регулирования?
8. Как определить коэффициент усиления замкнутой системы относительно задающего, возмущающего сигналов и сигнала ошибки?

##### Динамика систем автоматического управления

1. Какие законы используются при составлении уравнений динамики САУ?
2. Получите дифференциальные уравнения электродвигателя постоянного тока при неиз-

менном моменте сопротивления в случае, если входным воздействием является изменение напряжения якоря (или возбуждения).

3. Получите дифференциальные уравнения электродвигателя постоянного тока при неизменном напряжении якоря в случае, если входным воздействием является изменение момента сопротивления.
4. Получите дифференциальное уравнение системы регулирования частоты вращения электродвигателя с тиристорным преобразователем и тахогенератором.
5. Дайте определение передаточной функции.
6. На основании полученных вами дифференциальных уравнений электродвигателя постоянного тока запишите его передаточные функции по управлению и возмущению.
7. Что такое частотная функция и как она получается?
8. Какие виды частотных характеристик вы знаете?
9. Начертите общий вид амплитудно-фазовой характеристики и поясните ее физический смысл.
10. Что понимают под элементарным (типовым) динамическим звеном? С какой целью введено это понятие?
11. Перечислите известные вам типовые динамические звенья; запишите их дифференциальные уравнения и передаточные функции, начертите логарифмические частотные характеристики и переходные характеристики.
12. Что определяет структурная схема САУ и как она составляется?
13. Составьте структурные схемы в виде типовых динамических звеньев для генератора и электродвигателя постоянного тока, с независимым возбуждением.
14. Напишите формулы зависимости между передаточными функциями замкнутой и разомкнутой САУ для задающего и возмущающего воздействий.

### Анализ и синтез линейных непрерывных САУ

1. Дайте определение устойчивости системы.
2. Сформулируйте теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости системы.
3. Сформулируйте признаки устойчивости и неустойчивости систем.
4. Какие исходные данные используются при алгебраических критериях устойчивости? Сформулируйте эти критерии.
5. Устойчивы ли системы, характеристические уравнения которых имеют вид:
  - а)  $p^4 + 10p^3 + 30p^2 + 50p + 40 = 0$ ;
  - б)  $p^6 + 2p^5 + 3p^4 + 4p^3 + 5p^2 + 6p + 10 = 0$
6. Сформулируйте критерий устойчивости А.В. Михайлова.
7. Начертите годографы Михайлова для устойчивых и неустойчивых САУ третьего и пятого порядков.
8. Как определяется запас устойчивости САУ?
9. Дайте определение критического коэффициента усиления. От чего он зависит и как находится?
10. Как влияет запаздывание на устойчивость САУ? Как определяется критическое запаздывание?
11. В чем состоит математическое и физическое содержание термина "полностью управляемый" объект?
12. Запишите математические формулировки критериев полной управляемости Р. Калмана в общем и каноническом виде.
13. Оцените управляемость по состоянию и выходу объектов, уравнения которых имеют вид:
  - а)  $\dot{x}_1 = -x_1 + u, \quad \dot{x}_2 = -x_2 - u, \quad y = x_1 + x_2$ ;

$$b) x_1 = x_2 - u, \quad \dot{x} = -x_2 + u, \quad y = x_1;$$

14. В чем состоит физическое содержание термина "полностью наблюдаемый" объект?
15. Запишите математические формулировки критерия полной наблюдаемости Р.Калмана в общем и каноническом виде.
16. Оцените наблюдаемость объектов, уравнения которых представлены в задании 3.
17. Есть ли среди типовых динамических звеньев неполностью управляемые? Неполностью наблюдаемые? Если есть, то какие?
18. Структурная схема объекта состоит из двух параллельно соединенных апериодических звеньев второго порядка. Обладает ли такой объект полной управляемостью?
19. Структурная схема объекта представлена колебательным звеном с безынерционной единичной отрицательной обратной связью. Обладает ли такой объект полной наблюдаемостью?
20. Что означает термин "инвариантность"?
21. Одна из координат многомерного объекта инвариантна относительно одного из компонент вектора управления. Можно ли утверждать, что объект при этом неполностью управляем? Что такое "чувствительность" САУ? Как она оценивается?
22. Что представляет собой модель чувствительности САУ и как она составляется?
23. Сформулируйте достаточные условия неуправляемости моделей чувствительности САУ.
24. Дайте определение основных показателей качества процесса управления.
25. Поясните метод оценки качества по распределению полюсов и нулей
26. Как определить степень устойчивости системы?
27. Что характеризует степень устойчивости?
28. Укажите типы и геометрический смысл интегральных оценок.
29. Расскажите об условиях апериодичности и монотонности переходного процесса
30. В чем состоит основная задача коррекции САУ?
31. Какие методы коррекции вы знаете?
32. Поясните, что понимают под жесткой и гибкой обратными связями. С помощью каких типовых звеньев реализуются такие связи?
33. Как влияет жесткая отрицательная ОС на структуры и параметры апериодического звена первого порядка? Идеального интегрирующего звена?
34. Как влияет гибкая отрицательная ОС на структуру и параметры апериодического звена первого порядка? Идеального интегрирующего звена?
35. Какой обратной связью (жесткой или гибкой) нужно охватить колебательное звено, чтобы увеличить его коэффициент демпфирования и при этом сохранить неизменными другие параметры?
36. С какой целью вводятся производные и интеграл в закон управления?
37. Напишите математические выражения для основных законов регулирования. С помощью каких регуляторов они могут быть реализованы?
38. Начертите структурную схему и запишите передаточную функцию ПИД-регулятора.
39. В чем состоит сущность модального управления? Начертите структурную схему системы модального управления электродвигателем постоянного тока с независимым возбуждением.
40. Покажите на комплексной плоскости положение корней биномиального полинома Ньютона 5-го порядка и полинома Баттерворта того же порядка. Что общего и в чем различие в закономерностях распределения корней этих полиномов?
41. В чем состоит закономерность распределения корней характеристических полиномов замкнутых САУ, обеспечивающих минимальное время их переходных процессов? Отрадите эту закономерность на комплексной плоскости корней для САУ 5-го порядка.



42. Перечислите этапы синтеза модального регулятора для полностью управляемого и наблюдаемого объекта с одним входом

2-й рейтинг-контроль  
Основы теории нелинейных САУ

1. Нарисуйте статические характеристики типовых нелинейных звеньев.
2. В чем разница между однозначными и неоднозначными нелинейными характеристиками?
3. По каким признакам классифицируются нелинейные системы?
4. Какими показателями качества характеризуется нелинейная САУ?
5. Как построить статические характеристики участков системы при параллельном и последовательном соединении нелинейных элементов?
6. В каких случаях систему нельзя анализировать методами линейной теории?
7. Поясните различие понятий устойчивости "в малом", "в большом" и "в целом".
8. Приведите классификацию нелинейных элементов и их характеристик.
9. Перечислите точные и приближенные методы исследования нелинейных систем.
10. Поясните принцип исследования нелинейной системы на фазовой плоскости.
11. Что представляет собой гармоническая линеаризация нелинейных характеристик?
12. Чем отличается гармоническая линеаризация от обычной?
13. Поясните особенности определения автоколебаний в нелинейных системах способами Л. С. Гольдфарба и Е. П. Попова. Объясните принцип исследования устойчивости нелинейных систем по методу В. М. Попова.
14. Как определить параметры вынужденных колебаний в нелинейной системе?
15. Какие средства применяются для коррекции нелинейных систем?
16. Какое влияние оказывают дополнительные обратные связи на фазовый портрет нелинейной системы?
17. При каких условиях возникает скользящий режим?
18. Как рассчитываются корректирующие устройства нелинейных систем по методу гармонической линеаризации?
19. Для чего применяются компенсирующие нелинейности?
20. Что представляет собой вибрационная линеаризация?
21. Какие существуют способы вибрационной линеаризации?
22. Как определить показатели качества переходного процесса по фазовому портрету?
23. Чем отличаются фазовые траектории, соответствующие колебательному и апериодическому процессам?

3-й рейтинг- контроль  
Основы теории линейных импульсных САУ

Общая характеристика импульсных

1. Дайте классификацию импульсных элементов.
2. Какие виды модуляции используются в импульсных САУ?
3. Приведите пример конструкции импульсного элемента.
4. Перечислите основные элементы цифровой САУ.
5. Напишите передаточную функцию экстраполятора нулевого порядка.
6. Приведите расчетную структурную схему цифровой САУ.
7. В чем отличие разностных уравнений от дифференциальных?
8. Расскажите об особенностях передаточных и частотных функций импульсных систем

Анализ динамики импульсных и цифровых САУ

1. Дайте определение дискретного преобразования Лапласа.
2. Как получить передаточную функцию импульсной системы?
3. Как связана псевдочастота с реальной частотой?
4. Выведите изображения в форме z- и w-преобразований для функций вида  $x(t) = I(t)$  и  $x(t) = S(t)$ .
5. В чем отличие алгебраических и частотных критериев устойчивости импульсных систем от аналогичных критериев устойчивости для непрерывных систем?
6. Как оценить качество регулирования импульсных систем?
7. Какое условие должно выполняться, чтобы импульсную систему можно было рассматривать как непрерывную?
8. Перечислите основные методы косвенной оценки качества импульсных систем.
9. Приведите этапы расчета переходного процесса импульсной системы в дискретные моменты времени.

#### Синтез и коррекция импульсных САУ

1. Какие типы корректирующих устройств используются в импульсных системах?
2. Какие существуют способы включения корректирующих устройств?

#### Случайные процессы в системах автоматического управления

1. Какие статистические характеристики используются для анализа работы автоматических систем при случайных воздействиях?
2. Приведите основные формулы, определяющие среднее значение квадрата ошибки системы.
3. Объясните зависимость между спектральными плотностями входного и выходного сигналов системы.
4. Поясните основные способы вычисления среднего значения квадрата ошибки.

#### Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

##### Вопросы для подготовки к экзамену

##### Статика систем автоматического управления

1. Дайте определение статической и астатической систем. В чем различие между статическим и астатическим регулированием?
2. Чем отличаются статические характеристики линейных и нелинейных элементов?
3. Как определяется коэффициент усиления участка системы при различных способах соединения элементов?
4. Каковы особенности графического и аналитического способов расчета статических характеристик систем регулирования?

##### Динамика систем автоматического управления

1. Какие законы используются при составлении уравнений динамики САУ?
2. Получите дифференциальные уравнения электродвигателя постоянного
3. Дайте определение передаточной функции.
4. Что такое частотная функция и как она получается?
5. Какие виды частотных характеристик вы знаете?
6. Начертите общий вид амплитудно-фазовой характеристики и поясните ее физический

смысл.

7. Перечислите известные вам типовые динамические звенья; запишите их дифференциальные уравнения и передаточные функции, начертите логарифмические частотные характеристики и переходные характеристики.
8. Что определяет структурная схема САУ и как она составляется?
9. Напишите формулы зависимости между передаточными функциями замкнутой и разомкнутой САУ для задающего и возмущающего воздействий.

### Анализ и синтез линейных непрерывных САУ

1. Дайте определение устойчивости системы.
2. Сформулируйте теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости системы.
3. Сформулируйте признаки устойчивости и неустойчивости систем.
4. Сформулируйте критерий устойчивости А.В. Михайлова.
5. Начертите годографы Михайлова для устойчивых и неустойчивых САУ третьего и пятого порядков.
6. Как определяется запас устойчивости САУ?
7. Что означает термин "инвариантность"?
8. Дайте определение основных показателей качества процесса управления.
9. Поясните метод оценки качества по распределению полюсов и нулей
10. Как определить степень устойчивости системы?
11. Что характеризует степень устойчивости?
12. Укажите типы и геометрический смысл интегральных оценок.
13. Расскажите об условиях апериодичности и монотонности переходного процесса
14. В чем состоит основная задача коррекции САУ?
15. Какие методы коррекции вы знаете?
16. Поясните, что понимают под жесткой и гибкой обратными связями. С помощью каких типовых звеньев реализуются такие связи?
17. Как влияет жесткая отрицательная ОС на структуры и параметры апериодического звена первого порядка? Идеального интегрирующего звена?
18. Как влияет гибкая отрицательная ОС на структуру и параметры апериодического звена первого порядка? Идеального интегрирующего звена?
19. Какой обратной связью (жесткой или гибкой) нужно охватить колебательное звено, чтобы увеличить его коэффициент демпфирования и при этом сохранить неизменными другие параметры?
20. С какой целью вводятся производные и интеграл в закон управления?
21. Напишите математические выражения для основных законов регулирования. С помощью каких регуляторов они могут быть реализованы?
22. Начертите структурную схему и запишите передаточную функцию ПИД-регулятора.

### Основы теории нелинейных САУ

1. Нарисуйте статические характеристики типовых нелинейных звеньев.
2. В чем разница между однозначными и неоднозначными нелинейными характеристиками?
3. По каким признакам классифицируются нелинейные системы?
4. Какими показателями качества характеризуется нелинейная САУ?
5. Как построить статические характеристики участков системы при параллельном и последовательном соединении нелинейных элементов?
6. Поясните различие понятий устойчивости "в малом", "в большом" и "в целом".
7. Приведите классификацию нелинейных элементов и их характеристик.

8. Перечислите точные и приближенные методы исследования нелинейных систем.
9. Поясните принцип исследования нелинейной системы на фазовой плоскости.
10. Что представляет собой гармоническая линеаризация нелинейных характеристик?
11. Поясните особенности определения автоколебаний в нелинейных системах способами Л. С. Гольдфарба и Е. П. Попова.
12. Объясните принцип исследования устойчивости нелинейных систем по методу В. М. Попова.
13. Как определить параметры вынужденных колебаний в нелинейной системе?
14. Какие средства применяются для коррекции нелинейных систем?
15. Какое влияние оказывают дополнительные обратные связи на фазовый портрет нелинейной системы?
16. При каких условиях возникает скользящий режим?
17. Как рассчитываются корректирующие устройства нелинейных систем по методу гармонической линеаризации?
18. Для чего применяются компенсирующие нелинейности?
19. Что представляет собой вибрационная линеаризация?
20. Чем отличаются фазовые траектории, соответствующие колебательному и апериодическому процессам?

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Вопросы для самостоятельного изучения

1. Что означает термин "инвариантность"?
2. Одна из координат многомерного объекта инвариантна относительно одного из компонент вектора управления. Можно ли утверждать, что объект при этом полностью управляем? Что такое "чувствительность" САУ? Как она оценивается?
3. Что представляет собой модель чувствительности САУ и как она составляется?
4. Сформулируйте достаточные условия неуправляемости моделей чувствительности САУ.
5. Что представляет собой квазиоптимальное управление и чем оно обусловлено?
6. Какие упрощения принимаются при квазиоптимальном управлении?
7. Приведите пример структурной реализации квазиоптимальной по быстродействию системы.
8. Какие технические элементы и устройства используются при физической реализации оптимальных и квазиоптимальных систем? В связи с чем возникает необходимость разработки оптимальных по точности систем?

### 5-й семестр

#### Текущий контроль успеваемости

##### 1-й рейтинг контроль

#### Теория оптимальных систем автоматического управления

1. В чем заключается смысл принципа оптимальности в природе и технике?
2. Что представляет собой оптимальное управление в технике?
3. Какова математическая формулировка критериев оптимальности и их физический смысл?
4. Приведите примеры ограничений, при разработке оптимальных систем.
5. Как учитываются ограничения при составлении интегральных функционалов?
6. Назовите основные методы синтеза оптимальных систем.

7. В чем заключается сущность метода классического вариационного исчисления?
8. В чем заключается сущность метода динамического программирования Р. Беллмана?
9. Поясните физический смысл принципа максимума Л. С. Понтрягина.
10. Какова область использования указанных методов. В связи с чем возникает задача разработки систем управления, оптимальных по быстродействию?
11. Какой метод теории оптимального управления наиболее целесообразно использовать при синтезе оптимальных по быстродействию систем?
12. В чем заключается физический смысл оптимального по быстродействию управления?
13. Что такое функция переключения и линия переключения реле?
14. Чем отличаются функции переключения, используемые при синтезе разомкнутых и замкнутых систем, оптимальных по быстродействию?

### 2-й рейтинг контроль

1. Какой основной недостаток оптимальных по быстродействию разомкнутых систем? Укажите область целесообразного использования таких систем.
2. Сформулируйте задачу синтеза оптимальной по быстродействию замкнутой системы управления и перечислите основные этапы ее решения.
3. Приведите примеры структурной реализации оптимальных по быстродействию замкнутых систем управления интегральными и апериодическими объектами второго порядка.
4. Как используется ЦВМ при оптимальном управлении замкнутой системой?
5. Что представляет собой квазиоптимальное управление и чем оно обусловлено?
6. Какие упрощения принимаются при квазиоптимальном управлении?
7. Приведите пример структурной реализации квазиоптимальной по быстродействию системы.
8. Какие технические элементы и устройства используются при физической реализации оптимальных и квазиоптимальных систем? В связи с чем возникает необходимость разработки оптимальных по точности систем?
9. На какие основные группы делятся оптимальные по точности системы?
10. Какие методы используются для синтеза оптимальных по точности систем при детерминированных сигналах?
11. Запишите уравнение Риккати и приведите алгоритм его решения.
12. Какие функционалы используются при аналитическом конструировании регуляторов?
13. Запишите математические формулировки задач оптимальной стабилизации и оптимального слежения; поясните физическую сущность этих задач.
14. Какие принимаются упрощения при синтезе квазиоптимальных по точности систем?
15. Какова особенность получения квазиоптимальных по точности систем методами нелинейной коррекции?
16. Приведите примеры структурных схем оптимальных и квазиоптимальных по точности систем.

### 3-й рейтинг контроль

#### Адаптивные системы и робастное управление

1. В чем состоит принцип адаптации в природе и технике?
2. Перечислите основные подклассы адаптивных систем и укажите их особенности.
3. В каких случаях необходимо применять устройства самоастройки систем (СНС)?
4. Чем определяется эффективность устройства СНС?

5. Какие критерии самонастройки используются при построении СИС?
6. Назовите основные разновидности СИС.
7. Какие принципы используются при построении СИС по динамическим характеристикам объектов?
8. Какими свойствами должна обладать эталонная модель, применяемая в СИС?
9. Какие динамические характеристики объектов могут использоваться при создании СИС?
10. В чем состоит сущность робастного управления? Какие причины обусловили создание робастных систем?
11. Как оценить устойчивость робастной системы?

### Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

#### Вопросы для подготовки к экзамену

1. Виды и классы систем управления.
2. Принципы управления.
3. Структура и основные элементы системы автоматического управления.
4. Математическое описание элементов и систем управления.
5. Линеаризация дифференциальных уравнений.
6. Линеаризованное дифференциальное уравнение в общем виде. Стандартные формы записи.
7. Передаточная функция.
8. Динамические звенья и их характеристики.
9. Импульсная или весовая функция звена  $w(t)$ . Переходная функция звена  $h(t)$ . Частотные характеристики звена.
10. Классификация основных типов динамических звеньев. Характеристики типовых динамических звеньев.
11. Основные элементы структурных схем. Виды соединений звеньев. Обратная связь.
12. Логарифмические частотные характеристики. Построение асимптотических логарифмических частотных характеристик разомкнутой цепи звеньев.
13. Дифференциальные уравнения замкнутых систем управления. Передаточные функции замкнутых систем управления.
14. Многомерные системы управления.
15. Понятие устойчивости систем. Устойчивость линейных систем.
16. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса. Критерий Гурвица.
17. Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента.
18. Критерий устойчивости Михайлова.
19. Критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости.
20. Оценка устойчивости по ЛЧХ.
21. Оценка точности работы систем.
22. Показатели качества переходного процесса.
23. Оценки качества. Частотные оценки качества.
24. Корневые оценки качества.
25. Интегральные оценки качества.
26. Общие методы повышения точности систем управления. Увеличение общего коэффициента передачи. Введение управления по производным от ошибок. Введение интеграла от ошибки. Включение в систему издромных устройств.
27. Теория инвариантности и комбинированное управление. Комбинированная система по задающему воздействию. Комбинированная система по возмущающему воздействию. Несдиничные обратные связи.

28. Чувствительность систем автоматического управления.
29. Улучшение качества процесса управления.
30. Законы управления. Типовые регуляторы.
31. Корректирующие устройства. Последовательные корректирующие устройства. Параллельные корректирующие устройства.
32. Обратные связи. Синтез систем автоматического управления.
33. Частотный метод синтеза корректирующих устройств.
34. Статистическая динамика систем управления.
35. Общие сведения о случайных процессах.
36. Оценка работы линейных автоматических систем при случайных стационарных воздействиях.
37. Описание систем в пространстве состояний. Структура решения уравнений переменных состояний.
38. Характеристики систем в пространстве состояний. Нормальная форма уравнений в пространстве состояний.
39. Управление по состоянию. Системы управления состоянием. Оценивание координат состояния систем.
40. Прямой корневой метод синтеза систем управления.
41. Классификация нелинейных систем.
42. Классификация и особенности нелинейных систем.
43. Методы исследования устойчивости нелинейных систем.
44. Прямой метод исследования устойчивости нелинейных систем Ляпунова.
45. Частотный метод исследования устойчивости нелинейных В.М. Попова.
46. Метод гармонической линеаризации.
47. Исследование симметричных периодических режимов в нелинейных системах.
48. Частотный метод периодических режимов в нелинейных системах.
49. Исследование периодических режимов в нелинейных системах по логарифмическим частотным характеристикам.
50. Методы фазового пространства.
51. Метод фазовой плоскости.
52. Фазовые траектории релейной системы.
53. Метод точечных преобразований.
54. Коррекция нелинейных систем.
55. Компенсация влияния нелинейности.
56. Влияние линейного корректирующего устройства на фазовый портрет системы.
57. Скользящие режимы в релейных системах.
58. Статистическая линеаризация нелинейных характеристик.
59. Релейная оптимальная по быстродействию система.
60. Вибрационная компенсация нелинейностей.

## Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Вопросы для самостоятельного изучения

1. На какие основные группы делятся оптимальные по точности системы?
2. Какие методы используются для синтеза оптимальных по точности систем при детерминированных сигналах?
3. Запишите уравнение Риккати и приведите алгоритм его решения.
4. Какие функционалы используются при аналитическом конструировании регуляторов?
5. Запишите математические формулировки задач оптимальной стабилизации и оптимального слежения; поясните физическую сущность этих задач.
6. Какие принимаются упрощения при синтезе квазиоптимальных по точности си-

- тем?
7. Какова особенность получения квазиоптимальных по точности систем методами нелинейной коррекции?
  8. Приведите примеры структурных схем оптимальных и квазиоптимальных по точности систем.

### Курсовая работа

Курсовая работа выполняется в соответствии с типовым или индивидуальным заданием.

Типовое задание:

Выполнить динамический расчет системы автоматического управления.

Задания выбираются из методических указаний к курсовой работе, номер варианта – цифра из 6 цифр приведен ниже в соответствии со списком группы:

№ по списку	Номер таблицы					
	Табл.2.1	Табл.2.2	Табл.2.3	Табл.2.4	Табл.2.5	Табл.2.6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	4	5	6	1
3	3	4	5	6	1	2
4	4	5	6	1	2	3
5	5	6	1	2	3	4
6	6	1	2	3	4	5
7	2	2	3	4	5	6
8	2	3	4	5	6	1
9	3	4	5	6	1	2
10	4	5	6	1	2	3
11	5	6	1	2	3	4
12	6	1	2	3	4	5
13	3	2	3	4	5	6
14	2	3	4	5	6	1
15	3	4	5	6	1	2
16	4	5	6	1	2	3
17	5	6	1	2	3	4
18	6	1	2	3	4	5
19	4	2	3	4	5	6
20	2	3	4	5	6	1
21	3	4	5	6	1	2
22	4	5	6	1	2	3
23	5	6	1	2	3	4
24	6	1	2	3	4	5
25	5	2	3	4	5	6
26	2	3	4	5	6	1
27	3	4	5	6	1	2
28	4	5	6	1	2	3
29	5	6	1	2	3	4
30	6	1	2	3	4	5



Например, № по списку 30, вариант задания 612345, т.е из табл.2.1 выбирается вариант 6, из табл.2.2 вариант 1 и т.д.

Конкретная тема по индивидуальному заданию согласовывается и утверждается по итогам практики по заявлению студента.

Объем курсовой работы 30-35 страниц пояснительной записки.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

1. Автоматизированные системы управления электроподвижным составом. Ч. 1: Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник: в 3 ч. / Л.А. Баранов, А.Н. Савоськин, О.Е. Пудовиков и др.; под ред. Л.А. Баранова и А.Н. Савоськина. - М. : УМЦ ЖДТ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356161.html>
2. Теория дискретных систем автоматического управления. В 2. ч. Ч.2 [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.А. Иванов, М.А. Голованов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0523.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0523.html)
3. Характеристики типовых звеньев систем автоматического регулирования [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Н.М. Задорожная, В.А. Дудолодов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840993.html>

б) дополнительная литература:

1. Новикова Н.А.. Учебное пособие по курсу «Математические основы теории автоматического управления», учебное пособие, ВлГУ, 2007.  
<URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1147/3/00448.pdf>>.
2. А. А. Кобзев, Н. А. Новикова. Задания для рейтинг-контроля по дисциплине «Теория автоматического управления». ВлГУ, 2008.  
<URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1192/3/01111.pdf>>.
3. Теория автоматического управления технологическими системами [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов / Петраков Ю.В., Драчев О.И. - М.: Машиностроение, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785217033911.html>

в) периодические издания:

журнал «Мехатроника, автоматизация, управление»

журнал «Автоматизация в промышленности»

г) Программное обеспечение:

пакеты Mathcad, Matlab/Simulink

д)Интернет-ресурсы:


<http://elibrary.ru>, Научная электронная библиотека;


[www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru).

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Программно-аппаратное обеспечение и мультимедийные средства компьютерных классов ауд. 221-2 и 223-2, реализующих ВТО, комплект слайдов и тестовых заданий для компьютерного контроля. Звукоусиливающая аппаратура, документ-камера и интерактивные доски Activ Board в ауд. 221-2 и 223-2, реализующих ИТО. Программно-методическое обеспечение психологической диагностики и разгрузки НО и КЦ «Унисон», ауд.519-2.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств.

Рабочую программу составил доцент кафедры АТП  Н.Г.Рассказчиков

Рецензент (представитель работодателя)  
зав. сектором ФГУП ГНПП «Крона», к.т.п.,  Ю.В.Черкасов

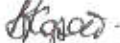
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии ЦПОИ, протокол № 5 от 10.04 2015 года.

Председатель комиссии  И.Н. Егоров

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», протокол № 4 от 10.04 2015 года.

Председатель комиссии  В.Ф. Коростелев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП,  
протокол № 8 от 8.04 2015 года.

Заведующий кафедрой АТП  В.Ф. Коростелев

Согласовано: директор ЦПОИ  И.Н. Егоров

 В.Ф. Коростелев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП,  
протокол №     от     2015 года.

Заведующий кафедрой АТП  В.Ф. Коростелев

Согласовано: директор ЦПОИ  И.Н. Егоров

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
«Теория автоматического управления»**

Рабочая программа одобрена на 2015/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.2015 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Ф. Коростелев* В.Ф.Коростелев

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 21 от 30.06.2016 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Ф. Коростелев* В.Ф.Коростелев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года


Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта  
Кафедра Автоматизации технологических процессов

Актуализированная  
рабочая программа  
рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 21 от 30.06.2016 г.

Заведующий кафедрой  
 В.Ф.Коростелев

#### Актуализация рабочей программы дисциплины

#### «ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль (программа) подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень высшего образования - Бакалавриат

Форма обучения – очная

Владимир 2016 г.

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена:  доцент Н.Г.Рассказчиков

а) основная литература:

1. Рыбак Л.А. Теория автоматического управления. Часть I. Непрерывные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Рыбак Л.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 121 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28400>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Музылева И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям/ Музылева И.В., Муравьев А.А.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22938>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Глазырин Г.В. Теория автоматического регулирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Глазырин Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45443>.— ЭБС «IPRbooks»

б) дополнительная литература:

1. Борисевич, А. В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич. - М.: Инфра-М. - 2014  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=470329>
2. Избранные разделы современной теории автоматического управления/Панкратов В.В., Нос О.В., Зима Е.А. - Новосиб.: НГТУ, 2011. - 223 с.: ISBN 978-5-7782-1810-9 <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=548433>
3. Характеристики типовых звеньев систем автоматического регулирования [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Н.М. Задорожная, В.А. Дудолодов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840993.html>
4. Рубцов В.И. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория автоматического управления» (линейные системы) [Электронный ресурс]/ Рубцов В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени П.Э. Баумана, 2010.— 40 с.  
[http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0373.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0373.html)

в) Периодические издания:

Ж. Автоматизация в промышленности.  
Ж. Мехатроника, автоматизация, управление  
Ж. Современные наукоемкие технологии.

г) интернет-ресурсы

<http://elibrary.ru>, Научная электронная библиотека;  
<http://exponenta.ru>  
<http://www.studentlibrary.ru>  
<http://znanium.com>  
<http://www.iprbookshop.ru>