

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор института экономики,  
менеджмента и информационных  
технологий.

\_\_\_\_\_ С.А. Баркалов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**«Теория автоматического управления»**

**Направление подготовки (специальность) 27.03.03 «Системный анализ и управление»**

**Профиль (Специализация) " Системный анализ и управление в строительстве"**

**Квалификация (степень) выпускника «Прикладной бакалавр»**

**Нормативный срок обучения 4 года**

**Форма обучения очная**

Программу разработали проф. кафедры АТПиП, к.т.н. \_\_\_\_\_ В.И. Акимов

доц. кафедры АТПиП к.т.н. \_\_\_\_\_ А.В. Смольянинов

Программа обсуждена на заседании кафедры АТПиП

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015\_ года Протокол №

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Белоусов В.Е.

**Воронеж 2015**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплин «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.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к базовой части (Б1.Б20) учебного плана.

***Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для изучения данной дисциплины.***

Изучение дисциплины «Теория автоматического управления» требует основных знаний, умений и компетенций студента по курсам: Математика, Физика.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать основные физические явления, фундаментальные понятия и законы современной физики;
- уметь применять современные математические методы в прикладных задачах профессиональной деятельности;

Дисциплина «Теория автоматического управления» является предшествующей для дисциплин: «Методы моделирования сложных систем», «Проектирование сложных систем», «Системный анализ и синтез сложных систем», «Управление качеством».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Теория автоматического управления» направлен на формирование следующих общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОПК 1: готовностью применять методы математики, физики, химии, системного анализа, теории управления, теории знаний, теории и технологии программирования, а также методов гуманитарных, экономических и социальных наук.

ПК 1: способностью принимать научно-обоснованные решения на основе математики, физики, химии, информатики, экологии, методов системного анализа и теории управления, теории знаний, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности.  
 ПК 4: способностью применять методы системного анализа, технологии синтеза и управления для решения прикладных проектно-конструкторских задач.

ПК 8: способностью проектировать элементы систем управления, применять современные инструментальные средства и технологии программирования на основе профессиональной подготовки, обеспечивающие решение задач системного анализа и управления.

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

⇒ основные положения современной теории управления (ОПК-1, ПК-1, ПК-8).

**Уметь:**

⇒ самостоятельно или работая в коллективе разрабатывать математические и физические модели процессов и производственных объектов, выполнять работы по расчету и проектированию средств и систем автоматизации и управления (ОПК-1, ПК-1, ПК-4).

**Владеть:**

⇒ методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования и использовать их для решения конкретных задач (ОПК-1, ПК-1, ПК – 4, ПК-8).

Иметь представление о методах исследования сложных систем (ОПК-1, ПК-1).

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория автоматического управления» составляет 5 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	51	51		
В том числе:				
Лекции	17	17		
Практические занятия (ПЗ)	17	17		
Лабораторные работы (ЛР)	17	17		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	93	93		
В том числе:				
Курсовой проект	+	+		
Контрольная работа	-	-		
Вид промежуточной аттестации (Экзамен)	Экзамен	Экзамен		

		36	36		
Общая трудоемкость	час	180	180		
	зач. ед.	5	5		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Основные понятия и определения САУ	Основные сведения об автоматическом управлении. Принципы управления. Классификация САУ.
2.	Статика систем автоматического управления	Статический режим работы САУ. Линеаризация нелинейных статических характеристик. Расчет статических характеристик САУ.
3.	Динамика САУ	Уравнения динамики САУ. Математические модели динамики САУ. Частотные характеристики САУ. Типовые динамические звенья. Структурные схемы САУ и их преобразование. Передаточные функции.
4.	Анализ и синтез линейных непрерывных САУ	Основные понятия и Критерии устойчивости САУ. Анализ качества процессов управления. Синтез и коррекция линейных САУ.
5.	Цифровые, адаптивные и робастные методы в ТАУ для решения задач САУ.	Основы цифровой обработки сигналов. Z – преобразование. Основы адаптивных методов управления. Понятие робастности для описания случайных процессов.

### Краткое содержание разделов дисциплины

#### Введение

Назначение и содержание дисциплины "Теория автоматического управления" (ТАУ) и ее связь с другими дисциплинами направления. Основные этапы развития автоматики и теории автоматического управления. Роль отечественных и зарубежных ученых в развитии ТАУ. Значение ТАУ при решении задач автоматизации производственных и технологических процессов, разработке систем автоматизированного проектирования и создании робототехнических комплексов и гибких автоматизированных производств. Перспективы дальнейшего развития и практического использования ТАУ.

### ТЕОРИЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

#### Раздел 1. Основные понятия и определения САУ

Тема 1.1. Основные сведения об автоматическом управлении.

Понятия: объект управления и управляемые координаты, управляющие и возмущающие воздействия.

Тема 1.2. Принципы управления.

Управление по отклонению, управление по возмущению, комбинированное управление, модальное управление; их достоинства, недостатки и области практического применения.

Тема 1.3. Классификация САУ.

Основы классификации САУ. Многомерные и многосвязные САУ. Оптимальные, адаптивные и робастные САУ.

## **Раздел 2. Статика систем автоматического управления**

Тема 2.1. Статический режим работы САУ.

Статический режим работы САУ. Цель и последовательность статических расчетов. Статические характеристики объектов управления и элементов САУ.

Тема 2.2. Линеаризация нелинейных статических характеристик. Линеаризация нелинейных статических характеристик. Коэффициент усиления и статическая ошибка. Расчет статических характеристик САУ при различных соединениях элементов. Методы уменьшения статической ошибки. Статические и астатические САУ.

## **Раздел 3. Динамика САУ**

Тема 3.1. Уравнения динамики САУ

Составление уравнений динамики элементов и САУ. Линеаризация уравнений и приведение их к форме в отклонениях переменных. Приведение уравнения к безразмерной и нормализованной формам.

Тема 3.2 Математические модели динамики САУ.

Модели в форме уравнений "вход-выход". Модели в форме уравнений состояния. Способы перехода от одной формы модели к другой и обратно.

Тема 3.3. Типовые внешние воздействия и временные характеристики

Единичный ступенчатый сигнал. Единичный импульс. Гармоническое воздействие. Степенные функции времени. Области использования типовых воздействий. Переходная и импульсная характеристики.

Тема 3.4. Частотные характеристики САУ.

Понятия о передаточной и частотной функциях. Амплитудно-фазовая частотная характеристика.

Тема 3.5. Типовые динамические звенья.

Типовые динамические звенья: безынерционное усилительное звено, апериодические звенья первого и второго порядков, колебательное и консервативное звенья. Интегрирующие и дифференцирующие звенья. Звено с запаздыванием. Неминимально-фазовые звенья. Передаточные функции соединений звеньев.

Тема 3.6. Структурные схемы САУ и их преобразование.

Структурные схемы. Правила преобразования структурных схем. Преобразование многоконтурных САУ с перекрестными обратными связями.

Тема 3.7. Передаточные функции разомкнутой и замкнутой САУ.

Передаточные функции по управлению, ошибке и возмущению.

Тема 3.8. Передаточные функции многомерных САУ.

Матричные передаточные функции многомерных САУ.

## **Раздел 4. Анализ и синтез линейных непрерывных САУ**

Тема 4.1. Основные понятия и определения устойчивости САУ

Понятия устойчивости САУ. Характеристическое уравнение и способы его определения. Связь устойчивости с корнями характеристического уравнения. Устойчивость линеаризованной системы "в малом" и "в большом". Теоремы А. М. Ляпунова.

Тема 4.2. Критерии устойчивости САУ

Признаки устойчивости и неустойчивости САУ. Критерии устойчивости САУ. Алгебраические критерии устойчивости Рауса, Гурвица, Лъенара-Шипара; их формулировки и области использования. Частотные критерии устойчивости Найквиста и Михайлова. Запасы устойчивости и их определения. Критический коэффициент усиления и способы его определения. Устойчивость систем с запаздыванием. Критическое запаздывание. Понятие о структурной неустойчивости САУ. Особенности анализа устойчивости многосвязных систем.

Тема 4.3. Анализ управляемости, наблюдаемости, инвариантности и чувствительности линейных

Понятие управляемости и наблюдаемости объекта; их физический смысл. Управляемость по состоянию и по выходу. Критерии полной управляемости и наблюдаемости Р. Калмана и Е. Гильберта; общие и канонические формы критериев. Оценка управляемости и наблюдаемости объектов по их структурным схемам. Структурные признаки неполной управляемости и наблюдаемости. Определение числа неуправляемых и ненаблюдаемых координат объекта. Инвариантность координат объекта. Связь инвариантности с управляемостью. Понятие чувствительности САУ. Функции чувствительности и уравнения чувствительности. Модели чувствительности и оценка их управляемости.

Тема 4.4. Анализ качества процессов управления

Характер затухания переходного процесса при ступенчатом воздействии. Показатели качества процесса управления: время переходного процесса, колебательность, перерегулирование. Точность управления. Статическая и динамическая ошибки. Коэффициенты ошибок. Косвенные методы оценки качества переходных процессов. Приближенная оценка качества процесса по распределению нулей и полюсов передаточной функции замкнутой САУ. Интегральные оценки. Оценка качества процесса по амплитудно-частотным характеристикам замкнутой САУ. Прямые методы оценки качества по кривым

переходных процессов. Построение переходных процессов САУ методом цифрового моделирования на ЭВМ.

#### Тема 4.5. Синтез и коррекция линейных

Назначение коррекции САУ. Методы повышения точности САУ. Увеличение коэффициента усиления. Повышение порядка астатизма. Влияние местных обратных связей на работу САУ. Жесткие, гибкие и смешанные обратные связи и их влияние на характеристики типовых звеньев. Введение производных и интеграла в закон управления. Типовые законы управления и типовые регуляторы. Определение параметров систем из условия минимума обобщенных интегральных оценок. Обеспечение заданного качества переходных процессов методами модального управления. "Стандартные" переходные характеристики и "стандартные" характеристические полиномы замкнутых САУ. Биноминальные полиномы Ньютона и полиномы Баттерворта. Полиномы, минимизирующие интегральные оценки качества. Полиномы, минимизирующие время переходных процессов. Синтез модальных регуляторов для одномерных и многомерных объектов.

### **Раздел 5. Цифровые, адаптивные и робастные методы в ТАУ для решения задач САУ.**

Тема 5.1. Цифровые методы и средства управления систем и средств автоматизации.

Тема 5.2. Адаптивные методы и средства управления систем и средств автоматизации.

Тема 5.3. Робастные методы и средства управления систем и средств автоматизации.

#### **5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин					
		1	2	3	4	5	
Дисциплины профильной направленности.							
1.	Проектирование сложных систем.	+			+		
2.	Методы моделирования сложных систем.	+		+		+	
3.	Системный анализ и синтез сложных систем.	+	+	+			
4.	Управление качеством.	+	+	+	+	+	

#### **5.3. Разделы дисциплин и виды занятий**

№ п.п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	ПЗ	ЛЗ	СРС	Всего	Компетенции.
1.	Основные понятия и определе-	2	2	-	10	14	ОПК - 1 ПК - 1

	ния САУ.						
2.	Статика систем автоматического управления.	3	2	4	23	32	ПК - 4 ОПК - 1 ПК - 8
3.	Динамика САУ.	4	4	4	20	32	ПК - 4 ПК - 8 ОПК - 1
4	Анализ и синтез линейных непрерывных САУ.	4	4	4	15	27	ПК - 1 ПК - 4 ПК - 8
5	Цифровые, адаптивные и робастные методы в ТАУ для решения задач САУ.	4	5	5	25	39	ОПК - 1 ПК - 1 ПК - 4 ПК - 8
6	Экзамен				36	36	
Всего		17	17	17	93	180	

#### 5.4. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы/зачетные единицы)
1	2	Лабораторная работа №1. Исследование динамических характеристик типовых звеньев.	4
2	3	Лабораторная работа № 2. Исследование частотных характеристик САУ.	4
3	4	Лабораторная работа № 3. Исследование устойчивости линейных САУ.	4
4	5	Лабораторная работа № 4. Оценка качества переходного процесса САУ.	5

#### 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ п/п	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час)
1.	Определение статических характеристик при параллельном и последовательном соединениях нелинейных звеньев. Анализ и моделирование базовых звеньев САУ. Разработка моделей реальных устройств в задачах ТАУ на основе дробно – рациональных функций. Соответствие нулей и полюсов дробно – рациональных функций режимам работы устройств САУ.	8
2.	Оценка устойчивости импульсных систем с использованием z-преобразования. Основы расчёта цифровых устройств САУ.	9



## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

№ п/п	Компетенция (общепрофессиональная – ОПК; и профессиональная – ПК).	Форма контроля	семестр
1.	ОПК 1: готовностью применять методы математики, физики, химии, системного анализа, теории управления, теории знаний, теории и технологии программирования, а также методов гуманитарных, экономических и социальных наук.	Рубежный контроль, подготовка, выполнение, оформление и сдача лабораторных работ по контрольным вопросам. Решение типовых задач и ответы на вопросы по базовым темам. Сдача тестовых заданий. Устная беседа и решение типовых задач на экзамене.	4
2.	ПК 1: способностью принимать научно-обоснованные решения на основе математики, физики, химии, информатики, экологии, методов системного анализа и теории управления, теории знаний, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности.	Рубежный контроль, подготовка, выполнение, оформление и сдача лабораторных работ по контрольным вопросам. Решение типовых задач и ответы на вопросы по базовым темам. Сдача тестовых заданий. Устная беседа и решение типовых задач на экзамене.	4
3.	ПК 4: способностью применять методы системного анализа, технологии синтеза и управления для решения прикладных проектно-конструкторских задач	Рубежный контроль, подготовка, выполнение, оформление и сдача лабораторных работ по контрольным вопросам. Решение типовых задач и ответы на вопросы по базовым темам. Сдача тестовых заданий. Устная беседа и решение типовых задач на экзамене.	4
4.	ПК 8: способностью проектировать элементы систем управления, применять современные инструментальные средства и технологии программирования на основе	Рубежный контроль, подготовка, выполнение, оформление и сдача лабораторных работ по контрольным вопросам. Решение типовых задач и	4

	профессиональной подготовки, обеспечивающие решение задач системного анализа и управления.	ответы на вопросы по базовым темам. Сдача тестовых заданий. Устная беседа и решение типовых задач на экзамене.	
--	--	--	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Форма контроля			
		ПЗ	ЛР	КП	Э
Знает	основные положения теории управления, принципы и методы построения и преобразования моделей систем управления, методы расчёта и оптимизации непрерывных и дискретных линейных и нелинейных систем при детерминированных воздействиях. (ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8.)	+	+	+	+
Умеет	применять принципы и методы построения моделей, методы анализа, синтеза и оптимизации при создании и исследовании средств и систем управления. (ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8.)	+	+	+	+
Владеет	принципами и методами моделирования, анализа, синтеза и оптимизации систем и средств автоматизации, контроля и управления. (ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8.)	+	+	+	+

## 7.3. Этап текущего контроля знаний

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по пятибальной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «не аттестован».

Критерии оценивания

ОЦЕНКА	Критерий оценивания	
«отлично»	Полное или частичное посещение лекционных занятий. Выполнение и сдача лабораторных работ в соответствии с учебным графиком на оценки «отлично». Тестирование по темам с оценкой «отлично»	
«хорошо»	Полное или частичное посещение лекционных занятий. Выполнение и сдача лабораторных работ в соответствии с учебным графиком на оценки «хорошо». Тестирование по темам с оценкой «хорошо»	

«удовлетворительно»	Полное или частичное посещение лекционных занятий. Выполнение и сдача лабораторных работ в соответствии с учебным графиком на оценки «удовлетворительно». Тестирование по темам с оценкой «удовлетворительно»	
«неудовлетворительно»	Полное или частичное посещение лекционных занятий. Выполнение и сдача лабораторных работ в соответствии с учебным графиком на оценки «неудовлетворительно». Тестирование по темам с оценкой «неудовлетворительно»	
«не аттестован»	Непосещение лекционных и лабораторных занятий. Отсутствие начальных навыков по предмету.	

## **7.4. Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.4.1 Перечень базовых вопросов для экзамена**

#### **Вопросы и задания для текущего контроля (в т.ч. самостоятельной работы студента)**

##### **Введение**

1. Какие задачи стоят перед теорией автоматического управления? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
2. Укажите основные причины, обуславливающие появление автоматических регуляторов и систем. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
3. Назовите имена создателей первых промышленных регуляторов и основоположников теории управления. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
4. Укажите основные этапы развития автоматического управления.

#### **Теория линейных систем автоматического управления**

##### **Раздел 1. Основные понятия и определения**

1. Что называется регулируемой переменной, возмущающим и задающим воздействием? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
2. Перечислите основные функциональные элементы системы управления.
3. Назовите принципы управления, используемые в автоматических системах. Укажите их достоинства и недостатки. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
4. В чем различие между прямым и косвенным регулированием? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
5. Назовите основные признаки классификации автоматических систем. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.

##### **Раздел 2. Статика систем автоматического управления**

1. Дайте определение статической и астатической систем. В чем различие между статическим и астатическим регулированием? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
2. Какая связь существует между коэффициентом усиления разомкнутой системы и статической ошибкой? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
3. Чем отличаются статические характеристики линейных и нелинейных элементов? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
4. Как определяется коэффициент усиления участка системы при различных

- способах соединения элементов? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
5. В чем состоит различие статических характеристик объектов по задающему и возмущающему воздействиям? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  6. Какова размерность коэффициента усиления астатической системы? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  7. Каковы особенности графического и аналитического способов расчета статических характеристик систем регулирования? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  8. Как определить коэффициент усиления замкнутой системы относительно задающего, возмущающего сигналов и сигнала ошибки? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.

### Раздел 3. Динамика систем автоматического управления

1. Какие законы используются при составлении уравнений динамики САУ? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
2. Получите дифференциальные уравнения электродвигателя постоянного тока при неизменном моменте сопротивления в случае, если входным воздействием является изменение напряжения якоря (или возбуждения). ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
3. Получите дифференциальные уравнения электродвигателя постоянного тока при неизменном напряжении якоря в случае, если входным воздействием является изменение момента сопротивления. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
4. Получите дифференциальное уравнение системы регулирования частоты вращения электродвигателя с тиристорным преобразователем и тахогенератором. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
5. Дайте определение передаточной функции. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
6. На основании полученных вами дифференциальных уравнений электродвигателя постоянного тока запишите его передаточные функции по управлению и возмущению. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
7. Что такое частотная функция и как она получается? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
8. Какие виды частотных характеристик вы знаете? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
9. Начертите общий вид амплитудно-фазовой характеристики и поясните ее физический смысл. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
10. Что понимают под элементарным (типовым) динамическим звеном? С какой целью введено это понятие? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
11. Перечислите известные вам типовые динамические звенья; запишите их дифференциальные уравнения и передаточные функции, начертите логарифмические частотные характеристики и переходные характеристики. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
12. Что определяет структурная схема САУ и как она составляется? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
13. Составьте структурные схемы в виде типовых динамических звеньев для генератора и электродвигателя постоянного тока, с независимым возбуждением. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
14. Напишите формулы зависимости между передаточными функциями замкнутой и разомкнутой САУ для задающего и возмущающего воздействий. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.

### Раздел 4. Анализ и синтез линейных непрерывных САУ

1. Дайте определение устойчивости системы. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
2. Сформулируйте теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости системы. ОПК1,

- ПК1, ПК4, ПК8.
3. Сформулируйте признаки устойчивости и неустойчивости систем. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  4. Какие исходные данные используются при алгебраических критериях устойчивости? Сформулируйте эти критерии. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  5. Устойчивы ли системы, характеристические уравнения которых имеют вид:
    - а)  $p^4 + 10p^3 + 30p^2 + 50p + 40 = 0$ ;
    - б)  $p^6 + 2p^5 + 3p^4 + 4p^3 + 5p^2 + 6p + 10 = 0$
 ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  6. Сформулируйте критерий устойчивости А.В. Михайлова. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  7. Начертите годографы Михайлова для устойчивых и неустойчивых САУ третьего и пятого порядков. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  8. Как определяется запас устойчивости САУ? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  9. Дайте определение критического коэффициента усиления. От чего он зависит и как находится? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  10. Как влияет запаздывание на устойчивость САУ? Как определяется критическое запаздывание? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  11. В чем состоит математическое и физическое содержание термина "полностью управляемый" объект? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  12. Запишите математические формулировки критериев полной управляемости Р. Калмана в общем и каноническом виде. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  13. Оцените управляемость по состоянию и выходу объектов, уравнения которых имеют вид:
    - а)  $\dot{x}_1 = -x_2 + u, \quad \dot{x}_2 = -x_2 + u, \quad y = x_1 + x_2$ ;
    - б)  $\dot{x}_1 = x_2 - u, \quad \dot{x}_2 = -x_2 + u, \quad y = x_1$ ;
 ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  14. В чем состоит физическое содержание термина "полностью наблюдаемый" объект? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  15. Запишите математические формулировки критерия полной наблюдаемости Р. Калмана в общем и каноническом виде. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  16. Оцените наблюдаемость объектов, уравнения которых представлены в задании 3. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  17. Есть ли среди типовых динамических звеньев неполностью управляемые? Неполностью наблюдаемые? Если есть, то какие? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  18. Структурная схема объекта состоит из двух параллельно соединенных апериодических звеньев второго порядка. Обладает ли такой объект полной управляемостью? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  19. Структурная схема объекта представлена колебательным звеном с безынерционной единичной отрицательной обратной связью. Обладает ли такой объект полной наблюдаемостью? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  20. Что означает термин "инвариантность"? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  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? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  22. Что представляет собой модель чувствительности САУ и как она составляется? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  23. Сформулируйте достаточные условия неуправляемости моделей

- чувствительности САУ. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
24. Дайте определение основных показателей качества процесса управления. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  25. Поясните метод оценки качества по распределению полюсов и нулей? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  26. Как определить степень устойчивости системы? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  27. Что характеризует степень устойчивости? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  28. Укажите типы и геометрический смысл интегральных оценок. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  29. Расскажите об условиях апериодичности и монотонности переходного процесса. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  30. В чем состоит основная задача коррекции САУ? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  31. Какие методы коррекции вы знаете? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  32. Поясните, что понимают под жесткой и гибкой обратными связями. С помощью каких типовых звеньев реализуются такие связи? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  33. Как влияет жесткая отрицательная ОС на структуры и параметры апериодического звена первого порядка? Идеального интегрирующего звена? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  34. Как влияет гибкая отрицательная ОС на структуру и параметры апериодического звена первого порядка? Идеального интегрирующего звена? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  35. Какой обратной связью (жесткой или гибкой) нужно охватить колебательное звено, чтобы увеличить его коэффициент демпфирования и при этом сохранить неизменными другие параметры? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  36. С какой целью вводятся производные и интеграл в закон управления? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  37. Напишите математические выражения для основных законов регулирования. С помощью каких регуляторов они могут быть реализованы? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  38. Начертите структурную схему и запишите передаточную функцию ПИД-регулятора. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  39. В чем состоит сущность модального управления? Начертите структурную схему системы модального управления электродвигателем постоянного тока с независимым возбуждением. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  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? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  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. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
  42. Перечислите этапы синтеза модального регулятора для полностью управляемого и наблюдаемого объекта с одним входом ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.

Раздел 5. Цифровые, адаптивные и робастные методы в ТАУ для решения задач САУ.

43. В чем состоит принцип адаптации в природе и технике? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
44. Цифровые сигналы и устройства? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
45. Перечислите основные подклассы адаптивных систем и укажите их особенности. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
46. В каких случаях необходимо применять устройства самонастройки систем? (СНС) ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
47. Чем определяется эффективность устройства СНС? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
48. Какие критерии самонастройки используются при построении СНС? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
49. Назовите основные разновидности СНС. ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
50. Какие принципы используются при построении СНС по динамическим характеристикам объектов? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
51. Какими свойствами должна обладать эталонная модель, применяемая в СНС? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
52. Какие динамические характеристики объектов могут использоваться при создании СНС? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
53. В чем состоит сущность робастного управления? Какие причины обусловили создание робастных систем? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.
54. Как оценить устойчивость робастной системы? ОПК1, ПК1, ПК4, ПК8.

## **7.5. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

### **Задания на курсовую работу по ТАУ**

Выполнить динамический расчет системы автоматического управления.

Задания выбираются из методических указаний к курсовой работе (Методические указания к курсовой работе по теории автоматического управления / Владим. гос. ун-т; Сост: А.А.Кобзев, Ю.Е. Мишулин, Н.А. Новикова, В.А. Немонтов, таблицы 2.1 – 2.6), 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.

### Задания для самостоятельной работы

#### Блок № 1

На рис.1 представлена структурно-функциональная схема одноконтурной системы управления двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.

На рис.1 приняты следующие обозначения: ОУ - объект управления (двигатель); УН - полупроводниковый усилитель напряжения; УМ - усилитель мощности (генератор постоянного тока); ДС - датчик скорости (тахогенератор);  $u$  - напряжение управления;  $E_g$  - э.д.с. генератора;  $\omega$  - угловая скорость вращения вала двигателя (управляемая переменная);  $T_g, T_j, T_m$  - постоянные времени обмотки возбуждения генератора, якорной цепи двигателя и электрохимическая постоянная времени двигателя, соответственно.

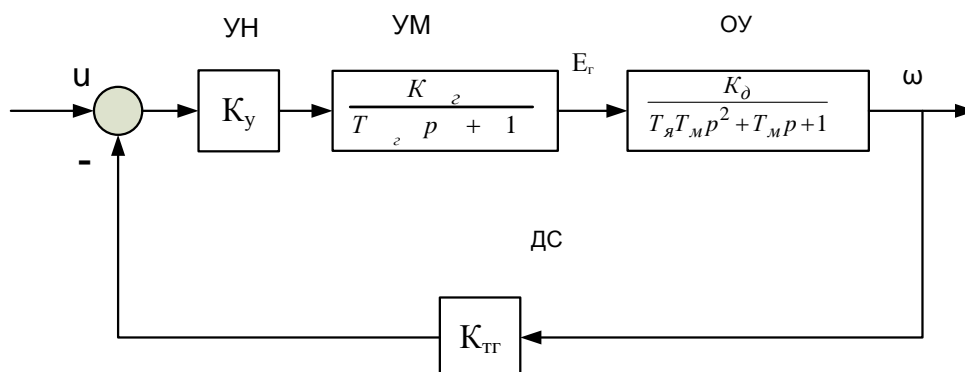


Рис.1

При выполнении контрольной работы необходимо:

1. По передаточной функции ОУ (рис.1) составить его уравнения состояния в скалярной и векторно-матричной формах; используя численные значения параметров (табл.1), оценить управляемость и наблюдаемость ОУ по критериям Калмана.



2. Вывести в общем виде передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем по управляющему воздействию.
3. Определить устойчивость замкнутой системы по критериям Гурвица и Михайлова.
4. Определить численное значение критического коэффициента усиления системы по Гурвицу и Михайлову.

Таблица 1

Параметры системы	Варианты заданий и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$K_z$	0,90	0,70	0,65	0,60	0,50	0,60	0,80	0,55	0,50	0,75
$T_z, c$	0,050	0,024	0,048	0,056	0,072	0,084	0,096	0,095	0,125	0,100
$K\delta$	0,65	0,80	0,60	0,75	0,90	0,85	0,50	0,55	0,70	0,65
$Tя, c$	0,012	0,012	0,024	0,024	0,036	0,036	0,048	0,048	0,036	0,024
$T_{\text{н}}, c$	0,056	0,048	0,048	0,036	0,036	0,048	0,036	0,048	0,056	0,056
$K_{\text{н}}$	8	10	6	8	5	7	10	8	10	5
$K_{\text{тг}}$	0,80	0,55	1,80	1,20	1,50	1,00	0,50	1,60	1,00	1,25

*Примечание:* значения  $K_{\text{н}}$ ,  $T_{\text{н}}$  выбираются по первой цифре студенческого шифра, остальные параметры - по последней цифре.

Блок № 2

На рис.2 приведена структурная схема импульсной системы с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ).

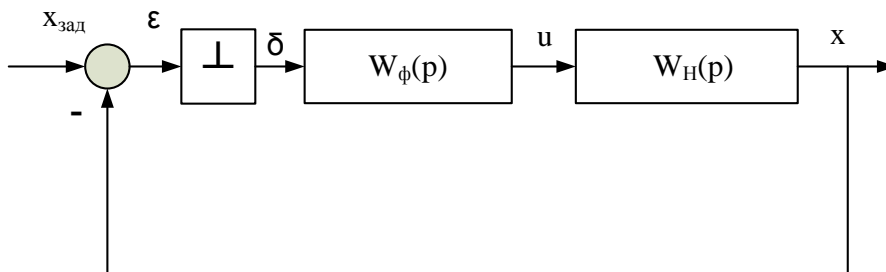


Рис.2

В схеме приняты следующие обозначения:

$$W_{\phi}(p) = \frac{k_u(1 - e^{-pT_u})}{p} \text{ - передаточная функция формирующего элемента,}$$

где  $k_u$  - коэффициент передачи импульсного элемента,  $T_u$  - период цикла.

$$W_n(p) = \frac{K_n}{p(Tp + 1)} \text{ - передаточная функция непрерывной части системы,}$$

где  $K_n$  и  $T$  - коэффициент усиления и постоянная времени непрерывной части системы.

Используя численные значения параметров, приведенные в табл.2, необходимо:

1. Оценить устойчивость заданной импульсной системы по характеристическому уравнению.
2. Вычислить критическое значение коэффициента усиления непрерывной части системы  $K_{\text{кр}}$ .
3. Рассчитать и построить переходную характеристику при  $K_n = 0,8K_{\text{кр}}$

Таблица 2

Исходные параметры	Номер варианта и исходные данные

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$K_{и}$	2	4	3	5	4	2	1	3	2	4
$T_{ц,с}$	3,0	1,5	2	5	6	6	5	12	2	16
$K_{н}$	15	6	2,5	1,2	5	0,3	1,2	0,3	0,6	0,3
$T,о$	10	7,5	10	12	12	10	10	20	5	20

*Примечание:* Параметр  $K_{н}$  определяется по первой цифре шифра, остальные параметры - по последней цифре.

### Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения САУ.	(ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8).	Экзамен. Курсовая работа.
2	Статика систем автоматического управления.	(ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8).	Экзамен. Курсовая работа.
3	Динамика САУ.	(ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8).	Экзамен. Курсовая работа.
4	Анализ и синтез линейных непрерывных САУ.	(ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8).	Экзамен. Курсовая работа.
5	Цифровые, адаптивные и робастные методы в ТАУ для решения задач САУ.	(ОПК-1, ПК-1, ПК-4, ПК-8).	Экзамен. Курсовая работа.

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### «Теория автоматического управления»

№ п/п	Наименование издания	Вид издания (учебник, учебное пособие, методические указания, компьютерная программа)	Автор (авторы)	Год издания	Место хранения и количество
	Теория автоматического управления	Методические указания по выполнению лабораторных работ	В.Д. Волков, Е.Н. Десятирикова, А.В. Смольянинов	2014	Сайт Воронежского ГАСУ
	Теория автоматического управления	Методические указания по выполнению курсовой работы	В.Д. Волков, Е.Н. Десятирикова, А.В. Смольянинов	2014	Сайт Воронежского ГАСУ
	Теория автоматического управления	Практикум с примерами решения задач	В.Д. Волков, Е.Н. Десятирикова, А.В. Смольянинов	2014	Сайт Воронежского ГАСУ
	Теория автоматического управления	Методические указания по самостоятельной работе	Смольянинов А.В.	2015	Сайт Воронежского ГАСУ

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Лабораторные занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Индивидуальная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам.
Тестирование	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным тестовым заданиям (вопросам.)
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

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

### **10.1 Основная литература:**

Теория автоматического управления [Текст] : учебник / Волков В. Д., Шашкин А. И., Смольянинов А. В., Десятирикова Е. Н. - Воронеж. гос. ун-т. - Воронеж : Научная книга, 2015 (Воронеж : Тип. "Научная книга", 2015). - 745 с. : ил. - Библиогр.: с. 737-745 (103 назв.). - ISBN 978-5-4446-0593-6 : 612-00. (50 шт)

Ким Д.П. Теория автоматического управления. Том 1. Линейные системы [Электронный ресурс]: учебник/ Ким Д.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 312 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12967>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Ким Д.П. Теория автоматического управления. Том 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы [Электронный ресурс]: учебник/ Ким Д.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 440 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12968>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Линейные системы [Электронный ресурс]/ Ким Д.П., Дмитриева Н.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 167 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/17429>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

#### Дополнительная литература

В.Д. Волков, Е.Н. Десятирикова, А.В. Смольянинов Теория автоматического управления. Методические указания по выполнению лабораторных работ./Под ред. проф. В.Д. Волкова 2014. (Сайт Воронежского ГАСУ)

В.Д. Волков, Е.Н. Десятирикова, А.В. Смольянинов Теория автоматического управления. Методические указания по выполнению курсовой работы./Под ред. проф. В.Д. Волкова 2014. (Сайт Воронежского ГАСУ)

В.Д. Волков, Е.Н. Десятирикова, А.В. Смольянинов Теория автоматического управления. Практикум с примерами решения задач./Под ред. проф. В.Д. Волкова 2014. (Сайт Воронежского ГАСУ)

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

MatLab.

Консультирование посредством электронный почты.

Использование презентаций при проведении лекционных занятий.

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

Курс Лекций. Теория автоматического управления. Режим доступа: <http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html> . Дата обращения 14.10.2014.

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

компьютерный класс ауд.1305а, мультимедийная лекционная аудитория 3113, комплект слайдов и тестовых заданий для компьютерного контроля

## **12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

(с применением современных образовательных технологий)

В соответствии с требованиями стандарта ВО для формирования компетенций при изучении дисциплины «Теория автоматического управления» предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: информационные технологии, метод проблемного изложения материала и проблемно-поисковая деятельность. Применение указанных образовательных технологий позволяет обеспечить удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, не менее 30% аудиторных занятий. Дисциплина «Теория автоматического управления» состоит из пяти крупных модулей: «Основные понятия и определения САУ.», «Статика систем автоматического управления.», «Динамика САУ.», «Анализ и синтез линейных непрерывных САУ.», «Цифровые, адаптивные и робастные методы в ТАУ для решения задач САУ.».

Лекционные, аудиторные занятия дополняются лабораторными занятиями. На лекциях, а также при проведении лабораторных работ, следует использовать иллюстративные материалы (фотографии, видеофильмы и

компьютерные презентации, отражающие последние достижения в изучаемой области техники и производства) на основе применения электронного проектора и персонального компьютера с соответствующими характеристиками. Для формирования соответствующих компетенций, необходима систематическая самостоятельная работа студента, которая нужна как для проработки теоретического материала, так и для подготовки к лабораторным работам, а также при подготовке к контрольным мероприятиям.

**Самостоятельная и внеаудиторная работа** обучающихся при освоении учебного материала. Самостоятельная работа может выполняться обучающимся в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах (1304, 1305 – а), а также в домашних условиях. Организация самостоятельной работы обучающегося должна предусматривать контролируемый доступ к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсу Интернет. Предусмотрено получение обучающимся профессиональных консультаций, контроля и помощи со стороны преподавателей с использованием информационных ресурсов университета и кафедры АТПиП.

Самостоятельная работа обучающихся подкреплена учебно - методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно - методические пособия, конспекты лекций, учебным программным обеспечением.

Контроль подготовленности к выполнению практических работ, рубежный и промежуточный контроль уровня усвоения знаний по разделам дисциплины, а также предварительный итоговый контроль знаний за семестр проводятся в компьютерном классе с использованием соответствующих тестов.

Перечень оценочных тестов для текущего и промежуточного контроля приведен выше в п. 9.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрООП ВО по направлению подготовки 27.03.03 "Системный анализ и управление".

Руководитель ООП "Системный анализ и управление"

Доцент, к.п.н

\_\_\_\_\_ Лихачёва Т.Г.  
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией факультета

« \_\_\_\_\_ » (27.04.....15.05) 201 г., протокол № \_\_\_\_\_.

Председатель УМС \_\_\_\_\_ д.т.н., проф.  
учёная степень и звание,

\_\_\_\_\_ П.Н. Курочка  
подпись инициалы, фамилия

Эксперт:

М П  
организации