

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### Основы теории автоматического управления

Направление подготовки  
12.03.01 Приборостроение

Профиль программы  
Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт	Естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение, утвержденного приказом МОиН РФ от 03.09.2015 г. № 959.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики

« 25 » 10 20 18 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой  / И.И. Савченко /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института естествознания и стандартизации

« 29 » 10 20 18 г., протокол № 2.

Председатель  / И.Ю. Мезин /

Рабочая программа составлена:  
старший преподаватель кафедры физики

 / Д.О. Беглецов /

Рецензент:  
Профессор кафедры ВТиП, доктор технических наук, профессор

 / И.М. Ячиков /



## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины (модуля) «Основы теории автоматического управления»: дать будущему специалисту основные понятия теории автоматического управления (регулирования), помочь в освоении основных принципов построения и функционирования автоматических систем управления на базе современных математических методов и технических средств.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Основы теории автоматического управления» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин: математика, физика, основы проектирования приборов и систем, компьютерные технологии в приборостроении, аналоговые измерительные устройства, цифровые измерительные устройства, схемотехника измерительных устройств.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для сдачи государственного экзамена и защиты выпускной квалификационной работы.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы теории автоматического управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию	
Знать	основные понятия физических явлений в САУ, основные положения теории управления, модели и методы исследования автоматических систем различной природы.
Уметь	применять методики расчетов САУ, оформлять отчеты и обрабатывать результаты.
Владеть	методами расчетов и моделирования параметров САУ, и грамотно составлять отчетную документацию и обрабатывать их результаты.
ОПК-4: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	
Знать	иметь представление об использовании основных положений теории управления в науке и технике, в информатике
Уметь	проводить анализ и синтез современных систем автоматического управления
Владеть	навыками работы с программными средствами проектирования систем управления
ПК-12: готовностью к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения	
Знать	основные проблемы и перспективы направления развития теории автоматического управления
Уметь	проводить настройку и обслуживание типовых САУ
Владеть	практическими навыками по использованию комплекса средств

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	автоматизированного проектирования

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 47,4 акад. часов:
  - аудиторная – 44 акад. часов;
  - внеаудиторная – 3,4 акад. часов
- самостоятельная работа – 60,9 акад. часов;

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Виды систем автоматического регулирования (САР)	8	4	4		6	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув
Линейные САР. Характеристики элементов САР (динамических звеньев)	8	2	2		6	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув
Описание САР на языке диф. уравнений	8	4	4		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув
Критерии устойчивости	8	4	4		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Оценки качества регулирования	8	2	2		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	<i>OK-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Случайные процессы в САР	8	2	2		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	<i>OK-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Методы синтеза САР	8	2	2		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	<i>OK-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Нелинейные САР	8	2	2		8,9	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Предоставить листинг программ и графики зависимостей	<i>OK-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
<b>Итого за семестр</b>	8	22	22		60,9		<b>экзамен</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>	8	22	22		60,9			

## 5 Образовательные и информационные технологии

Результат освоения дисциплины **Основы теории автоматического управления** – формирование у студентов компетенций ОК-7, ОПК-4, ПК-12, представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений и навыков, которую студент может продемонстрировать после завершения данной части образовательной программы.

Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются *традиционная* и *модульно-компетентностная* технологии.

Учебные занятия проводятся в виде:

1) лекций:

- *обзорных* – для систематизации и закрепления знаний по дисциплине
- *информационных* – для ознакомления со стандартами и справочной информацией
- *проблемных* – для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

Лекции проводятся в поточных аудиториях с применением демонстраций, компьютерных симуляций и компьютерных презентаций.

2) лабораторных работ:

В течение лабораторного практикума студент выполняет работы по моделированию работы систем автоматического управления, изученных во время лекций. Частично данные предоставляются преподавателем, частично – подготавливаются студентами во время самостоятельной работы. Студенты разделены на бригады не более 4-х человек. Перед началом выполнения лабораторной работы преподаватель должен проверить домашнюю подготовку студента. Далее преподаватель объясняет, каким инструментарием используемого программного пакета необходимо воспользоваться, указывает на наиболее эффективные методы обработки изучаемого типа данных. Студенты проводят расчёты, делают выводы.

При подготовке к экзамену в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения. Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса (приложение к РП). Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту

В процессе обучения используются Учебно-Вычислительный Центр МГТУ, универсальная интегрированная система компьютерной математики MATLAB с пакетом расширения SIMULINK (в базовой комплектации).

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Основы теории автоматического управления» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на лабораторных занятиях.

### **Подготовка к лабораторным работам**

Данный вид самостоятельной работы предполагает самостоятельную проработку обучающимся методического описания лабораторных работ.

После проведения компьютерного эксперимента обучающийся на основании методического описания лабораторной работы самостоятельно проводит обработку данных и готовит отчет по работе.

*Примерные требования к отчету по лабораторным работам:*

В отчет по лабораторной работе должны быть включены следующие пункты:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- описание математической модели исследуемого поля;
- результаты компьютерного эксперимента;
- анализ результатов работы;
- выводы.

*Требования к содержанию отдельных частей отчета в лабораторной работе:*

*Описание математической модели исследуемого поля.* В данном разделе необходимо описать полную систему физико-математических уравнений, моделирующих исследуемое поле.

*Результаты компьютерного эксперимента.* В этом разделе приводятся непосредственно результаты, полученные в результате компьютерного моделирования определенные (значения величин, графики, таблицы, диаграммы). Обязательно необходимо оценить область применимости полученных результатов.

*Анализ результатов работы.* Раздел отчета должен содержать подробный анализ полученных результатов, интерпретацию этих результатов на основе физических законов. Следует сравнить полученные результаты с известными литературными данными, обсудить их соответствие существующим теоретическим моделям. Если обнаружено несоответствие полученных результатов и теоретических расчетов или литературных данных, необходимо обсудить возможные причины этих несоответствий.

*Вывод.* В выводе кратко излагаются результаты работы, их зависимости от условий или выбранной расчетной модели, указывается их соответствие или несоответствие физическим законам и теоретическим моделям, возможные причины несоответствия.

### **Типовой вариант задания для лабораторных работ**

1. Исследование в среде «Matlab» процессов в САУ при внешних типовых воздействиях.
2. Определение устойчивости САУ с включенным звеном запаздывания и без него. Оценка запаса устойчивости двух систем.
3. Расчет и исследование переходных процессов САУ.
4. Исследование качества работы САУ.
5. Примеры систем автоматического управления и регулирования.
6. Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.
7. Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов.
8. Структурные преобразования.
9. Передаточные функции замкнутых систем управления.

## 10. Амплитудно -и фазо -частотные характеристики.

**Внеаудиторная самостоятельная работа** обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; подготовки к выполнению лабораторных работ и выполнение индивидуальных заданий.

### **Перечень тем для подготовки к лабораторным занятиям:**

1. Какова классификация САР по задачам регулирования?
2. Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример.
3. В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения?
4. Как формулируется алгебраический критерий устойчивости?
5. Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка?
6. Как формулируется критерий устойчивости Михайлова?
7. Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова?
8. Какие критерии устойчивости называются частотными?
9. В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР?
10. Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста?
11. Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?
12. Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?
13. Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ?
14. В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР?
15. Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР?
16. Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?
17. Какова цель использования фазовой плоскости при анализе нелинейных САР?

### **Темы для самостоятельного изучения**

1. Принципиальная схема САУ и САР.
2. Функциональная схема САУ и САР, их классификация.
3. Математические модели элементов и систем в ТАУ и ТАР. Принцип суперпозиции для линейных объектов.
4. Первоначальная модель объекта в форме обыкновенного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами.
5. Преобразование Лапласа и его свойства.
6. Математическая модель линейного стационарного объекта в форме передаточной функции.
7. Решение дифференциальных уравнений операционным методом с нулевыми и ненулевыми начальными условиями.
8. Алгебра передаточных функций. Передаточные функции типовых соединений.
9. Замкнутая система. Метод эквивалентных преобразований.

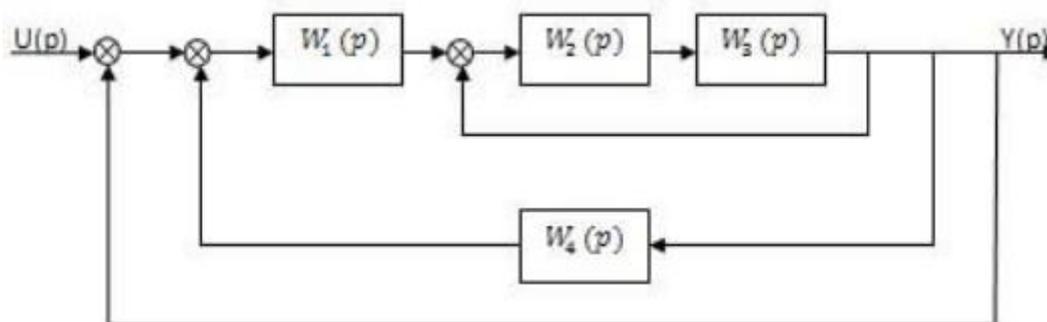
10. Переходная и импульсная переходная характеристики линейных динамических объектов.
11. Амплитудно-фазо-частотная характеристика и производные частотные характеристики. Годограф.
12. Показатели передаточных функций. Характеристики и взаимосвязь математических моделей автоматических систем.
13. Типовые звенья автоматических систем и их характеристики
14. Математические модели типовых управляющих устройств и их характеристики. Регуляторы П; ПД; ПИ; ПИД.
15. Процесс управления и требования к нему: точность, устойчивость, качество переходного процесса.
16. Статическая ошибка. Установившаяся ошибка при ступенчатом, линейном и произвольном воздействиях. Астатизм.
17. Понятие устойчивости. Основные результаты по анализу устойчивости А.М.Ляпунова.
18. Алгебраические критерии устойчивости. Необходимое условие устойчивости. Критерий Гурвица, результаты И.А.Вышнеградского.
19. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова.
20. Частотный критерий устойчивости Найквиста.
21. Построение областей устойчивости в плоскости параметров системы. Д - разбиение по одному (комплексному) параметру.
22. Критерии качества переходного процесса. Прямые и косвенные критерии качества. Метод симплекс –планирования

### Типовой вариант задания на контрольную работу

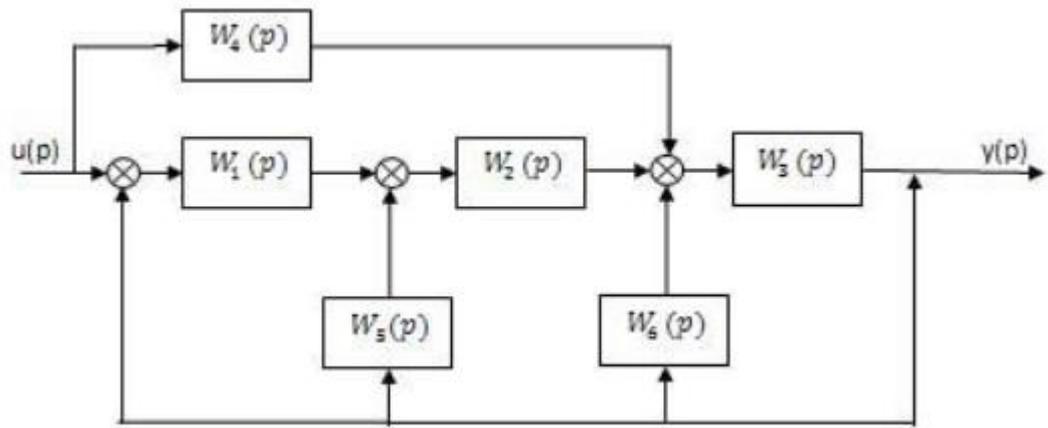
1. Сделать вывод об устойчивости системы автоматического управления, выполнив соответствующие расчеты по следующим критериям:

- 1) алгебраического критерия устойчивости Гурвица;
- 2) критерия устойчивости Михайлова;
- 3) критерия устойчивости Найквиста;
- 4) по логарифмическим амплитудной и фазовой характеристикам разомкнутой системы.

2. Найти передаточные функции соединения звеньев



3. Используя правила структурных преобразований, получить передаточную функцию системы, приведенной на рисунке

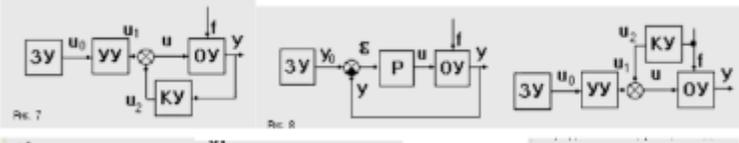
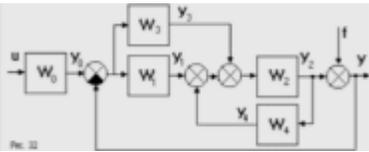


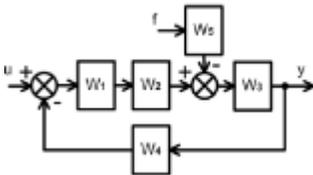
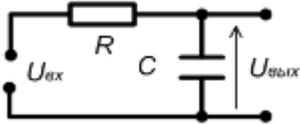
4. Пользуясь свойствами преобразования Лапласа, найти изображение  $F(p)$  по заданному оригиналу.  $f(t)=t \cos 3t$

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

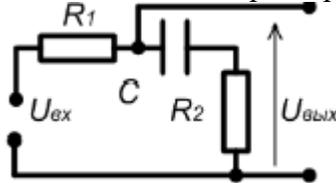
### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию</b>		
Знать	основные понятия физических явлений в САУ, основные положения теории управления, модели и методы исследования автоматических систем различной природы.	<p><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия. Математическое описание систем автоматического регулирования непрерывного действия.</li> <li>2. Аналитическое построение математической модели технического объекта.</li> <li>3. Задачи проектирования многомерных систем управления. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции.</li> <li>4. Элементарные звенья обыкновенных линейных систем. Типовые апериодические звенья первого и второго порядка. Способы соединения элементов.</li> <li>5. Типовые воздействия. Вычисление передаточных функций.</li> <li>6. Свободное и вынужденное движение.</li> <li>7. Характеристическое уравнение. Понятие корневого годографа.</li> <li>8. Понятие устойчивости систем управления.</li> <li>9. Критерий устойчивости Гурвица (алгебраический).</li> <li>10. Критерий устойчивости Михайлова (частотный).</li> <li>11. Корневые показатели качества.</li> <li>12. Анализ качества САУ по переходной характеристике.</li> <li>13. Анализ качества САУ по частотным характеристикам.</li> <li>14. Постановка задачи параметрической оптимизации.</li> <li>15. Методика решения задачи параметрической оптимизации.</li> <li>16. Динамические системы управления. Синтез схем по заданным передаточным функциям входов.</li> <li>17. Дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Частота Найквиста.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		18. Спектр дискретного сигнала. Теорема Котельникова. 19. Z–преобразование. Примеры вычисления z-преобразования. 20. Связь z-преобразования с преобразованием Лапласа и Фурье. 21. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование. 22. Линейные дискретные системы. Дискретная передаточная функция. 23. Устойчивость дискретных систем. Устойчивость линейных систем. 24. Алгебраические критерии устойчивости. 25. Критерии устойчивости в частотной области. 26. Критерий устойчивости Найквиста. 27. Синтез цифровых автоматических регуляторов.
Уметь	применять методики расчетов САУ, оформлять отчеты и обрабатывать результаты.	<p><b>Примерный вариант практической части зачета с оценкой</b></p> <p>Задача 1.</p> <p>Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.</p>  <p>Задача 2.</p> <p>Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.</p> 

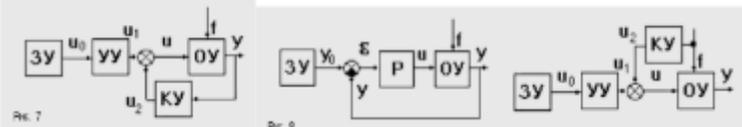
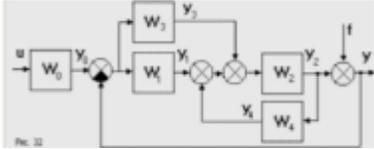
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;">Задача 3.</p> <p>Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Задача 4.</p> <p>Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение <math>U_{\Gamma} = f(U_{\text{В}})</math>). Считать нелинейной зависимость <math>\Phi_{\text{В}} = f(I_{\text{В}})</math>.</p> <p style="text-align: center;">Задача 5.</p> <p>Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Задача 6.</p> <p>Составить уравнение движения САП генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.</p> <p style="text-align: center;">Задача 7.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p data-bbox="945 352 2154 440">Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.</p> <div data-bbox="1377 464 1760 619" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1520 655 1648 687">Задача 8.</p> <p data-bbox="945 711 2154 799">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.</p> <div data-bbox="1039 815 1308 995" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1520 1023 1648 1054">Задача 9.</p> <p data-bbox="945 1078 2154 1166">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1509 1190 1659 1222">Задача 10.</p> <p data-bbox="945 1246 2154 1334">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1509 1358 1653 1390">Задача 11</p> <p data-bbox="1019 1398 2154 1430">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ</p> 
Владеть	методами расчетов и моделирования параметров САУ, и грамотно составлять отчетную документацию и обрабатывать их результаты.	<p>Основными оценочными средствами планируемых результатов обучения данного раздела служат лабораторные работы и индивидуальные задания каждого семестра.</p> <p><b>Примерные темы лабораторных заданий</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Примеры систем автоматического управления и регулирования.</li> <li>2.Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.</li> <li>3.Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов.</li> <li>4.Структурные преобразования.</li> <li>5.Передаточные функции замкнутых систем управления.</li> <li>6.Амплитудно -и фазо -частотные характеристики.</li> <li>7.Устойчивость замкнутых систем управления.</li> <li>8.Качество замкнутых систем управления.</li> </ol> <p><b>Вопросы по темам/разделам дисциплины для защиты лабораторных работ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Понятия управления и регулирования технологическим процессом.</li> <li>2.Объект управления.</li> <li>3.Классификация объектов управления.</li> <li>4.Фундаментальные принципы управления.</li> <li>5.Принцип разомкнутого управления .</li> <li>6.Принцип компенсации возмущений (управление по возмущению).</li> <li>7.Принцип обратной связи. Управление по отклонению.</li> <li>8.Алгоритм управления.</li> </ol>

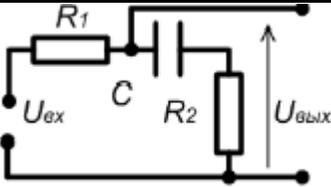
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>9.Функциональная схема системы автоматического управления. 10.Классификация систем автоматического управления</p> <p><b>Темы для самостоятельного изучения</b></p> <p>1.Какова классификация САР по задачам регулирования? 2.Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример. 3.В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения? 4.Как формулируется алгебраический критерий устойчивости? 5.Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка? 6.Как формулируется критерий устойчивости Михайлова? 7.Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова? 8.Какие критерии устойчивости называются частотными? 9.В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР? 10.Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста? 11.Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?12.Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?13.Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ? 14.В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР? 15.Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР? 16.Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?</p>
<b>ОПК-4: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности</b>		
Знать	– иметь представление об использовании основных положений	<p><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой</b></p> <p>1. Основные понятия. Математическое описание систем автоматического</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	теории управления в науке и технике, в информатике	<p>регулирования непрерывного действия.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Аналитическое построение математической модели технического объекта.</li> <li>3. Задачи проектирования многомерных систем управления. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции.</li> <li>4. Элементарные звенья обыкновенных линейных систем. Типовые апериодические звенья первого и второго порядка. Способы соединения элементов.</li> <li>5. Типовые воздействия. Вычисление передаточных функций.</li> <li>6. Свободное и вынужденное движение.</li> <li>7. Характеристическое уравнение. Понятие корневого годографа.</li> <li>8. Понятие устойчивости систем управления.</li> <li>9. Критерий устойчивости Гурвица (алгебраический).</li> <li>10. Критерий устойчивости Михайлова (частотный).</li> <li>11. Корневые показатели качества.</li> <li>12. Анализ качества САУ по переходной характеристике.</li> <li>13. Анализ качества САУ по частотным характеристикам.</li> <li>14. Постановка задачи параметрической оптимизации.</li> <li>15. Методика решения задачи параметрической оптимизации.</li> <li>16. Динамические системы управления. Синтез схем по заданным передаточным функциям входов.</li> <li>17. Дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Частота Найквиста.</li> <li>18. Спектр дискретного сигнала. Теорема Котельникова.</li> <li>19. Z-преобразование. Примеры вычисления z-преобразования.</li> <li>20. Связь z-преобразования с преобразованием Лапласа и Фурье.</li> <li>21. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование.</li> <li>22. Линейные дискретные системы. Дискретная передаточная функция.</li> <li>23. Устойчивость дискретных систем. Устойчивость линейных систем.</li> <li>24. Алгебраические критерии устойчивости.</li> <li>25. Критерии устойчивости в частотной области.</li> <li>26. Критерий устойчивости Найквиста.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		27. Синтез цифровых автоматических регуляторов.
Уметь	– проводить анализ и синтез современных систем автоматического управления	<p><b>Примерный вариант практической части зачета с оценкой</b></p> <p>Задача 1. Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.</p>  <p>Задача 2. Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.</p>  <p>Задача 3. Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования</p>

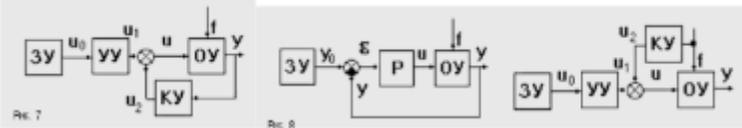
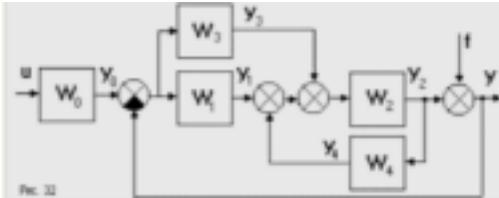
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1019 367 1332 542" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1518 587 1648 619">Задача 4.</p> <p data-bbox="945 643 2152 730">Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение <math>U_T=f(U_B)</math>). Считать нелинейной зависимостью <math>\Phi_B=f(I_B)</math>.</p> <p data-bbox="1518 754 1648 786">Задача 5.</p> <p data-bbox="1028 810 1989 842">Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.</p> <div data-bbox="1048 877 1348 1005" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1518 1050 1648 1082">Задача 6.</p> <p data-bbox="945 1106 2152 1193">Составить уравнение движения САР генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.</p> <p data-bbox="1518 1217 1648 1249">Задача 7.</p> <p data-bbox="945 1273 2152 1361">Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1377 359 1758 502" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1523 542 1646 574">Задача 8.</p> <p data-bbox="940 598 2150 686">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.</p> <div data-bbox="1041 702 1310 885" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1523 909 1646 941">Задача 9.</p> <p data-bbox="940 965 2150 1053">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1523 1077 1646 1109">Задача 10.</p> <p data-bbox="940 1133 2150 1220">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1019 1276 1153 1308">Задача 11</p> <p data-bbox="940 1316 2150 1388">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		
Владеть	– навыками работы с программными средствами проектирования систем управления	<p>Основными оценочными средствами планируемых результатов обучения данного раздела служат лабораторные работы и индивидуальные задания каждого семестра.</p> <p><b>Примерные темы лабораторных заданий</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Примеры систем автоматического управления и регулирования.</li> <li>2.Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.</li> <li>3.Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов.</li> <li>4.Структурные преобразования.</li> <li>5.Передаточные функции замкнутых систем управления.</li> <li>6.Амплитудно -и фазо -частотные характеристики.</li> <li>7.Устойчивость замкнутых систем управления.</li> <li>8.Качество замкнутых систем управления.</li> </ol> <p><b>Вопросы по темам/разделам дисциплины для защиты лабораторных работ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Понятия управления и регулирования технологическим процессом.</li> <li>2.Объект управления.</li> <li>3.Классификация объектов управления.</li> <li>4.Фундаментальные принципы управления.</li> <li>5.Принцип разомкнутого управления .</li> <li>6.Принцип компенсации возмущений (управление по возмущению).</li> <li>7.Принцип обратной связи. Управление по отклонению.</li> <li>8.Алгоритм управления.</li> <li>9.Функциональная схема системы автоматического управления.</li> </ol>

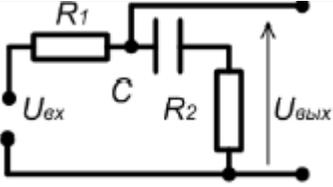
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>10.Классификация систем автоматического управления</p> <p><b>Темы для самостоятельного изучения</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какова классификация САР по задачам регулирования?</li> <li>2.Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример.</li> <li>3.В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения?</li> <li>4.Как формулируется алгебраический критерий устойчивости?</li> <li>5.Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка?</li> <li>6.Как формулируется критерий устойчивости Михайлова?</li> <li>7.Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова?</li> <li>8.Какие критерии устойчивости называются частотными?</li> <li>9.В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР?</li> <li>10.Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста?</li> <li>11.Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?12.Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?13.Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ?</li> <li>14.В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР?</li> <li>15.Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР?</li> <li>16.Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?</li> </ol>
<p><b>ПК-12: готовностью к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения</b></p>		

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать	основные проблемы и перспективы направления развития теории автоматического управления	<p><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия. Математическое описание систем автоматического регулирования непрерывного действия.</li> <li>2. Аналитическое построение математической модели технического объекта.</li> <li>3. Задачи проектирования многомерных систем управления. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции.</li> <li>4. Элементарные звенья обыкновенных линейных систем. Типовые апериодические звенья первого и второго порядка. Способы соединения элементов.</li> <li>5. Типовые воздействия. Вычисление передаточных функций.</li> <li>6. Свободное и вынужденное движение.</li> <li>7. Характеристическое уравнение. Понятие корневого годографа.</li> <li>8. Понятие устойчивости систем управления.</li> <li>9. Критерий устойчивости Гурвица (алгебраический).</li> <li>10. Критерий устойчивости Михайлова (частотный).</li> <li>11. Корневые показатели качества.</li> <li>12. Анализ качества САУ по переходной характеристике.</li> <li>13. Анализ качества САУ по частотным характеристикам.</li> <li>14. Постановка задачи параметрической оптимизации.</li> <li>15. Методика решения задачи параметрической оптимизации.</li> <li>16. Динамические системы управления. Синтез схем по заданным передаточным функциям входов.</li> <li>17. Дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Частота Найквиста.</li> <li>18. Спектр дискретного сигнала. Теорема Котельникова.</li> <li>19. Z-преобразование. Примеры вычисления z-преобразования.</li> <li>20. Связь z-преобразования с преобразованием Лапласа и Фурье.</li> <li>21. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование.</li> <li>22. Линейные дискретные системы. Дискретная передаточная функция.</li> <li>23. Устойчивость дискретных систем. Устойчивость линейных систем.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		24. Алгебраические критерии устойчивости. 25. Критерии устойчивости в частотной области. 26. Критерий устойчивости Найквиста. 27. Синтез цифровых автоматических регуляторов.
Уметь	проводить настройку и обслуживание типовых САУ	<p><b>Примерный вариант практической части зачета с оценкой</b></p> <p>Задача 1.</p> <p>Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.</p>  <p>Задача 2.</p> <p>Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.</p>  <p>Задача 3.</p> <p>Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1019 367 1332 542" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1377 539 1500 566">Задача 4.</p> <p data-bbox="945 595 2157 683">Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение <math>U_{\Gamma} = f(U_{\text{в}})</math>). Считать нелинейной зависимость <math>\Phi_{\text{в}} = f(I_{\text{в}})</math>.</p> <p data-bbox="1523 703 1646 730">Задача 5.</p> <p data-bbox="1028 759 1989 794">Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.</p> <div data-bbox="1048 829 1348 954" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1523 999 1646 1026">Задача 6.</p> <p data-bbox="945 1054 2157 1142">Составить уравнение движения САП генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.</p> <p data-bbox="1523 1166 1646 1193">Задача 7.</p> <p data-bbox="945 1222 2157 1310">Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1377 359 1758 502" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Задача 8.</p> <p style="text-align: center;">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.</p> <div data-bbox="1041 702 1310 885" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Задача 9.</p> <p style="text-align: center;">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p style="text-align: center;">Задача 10.</p> <p style="text-align: center;">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p style="text-align: center;">Задача 11</p> <p style="text-align: center;">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		
Владеть	практическими навыками по использованию комплекса средств автоматизированного проектирования	<p>Основными оценочными средствами планируемых результатов обучения данного раздела служат лабораторные работы и индивидуальные задания каждого семестра.</p> <p><b>Примерные темы лабораторных заданий</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Примеры систем автоматического управления и регулирования.</li> <li>2.Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.</li> <li>3.Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов.</li> <li>4.Структурные преобразования.</li> <li>5.Передаточные функции замкнутых систем управления.</li> <li>6.Амплитудно -и фазо -частотные характеристики.</li> <li>7.Устойчивость замкнутых систем управления.</li> <li>8.Качество замкнутых систем управления.</li> </ol> <p><b>Вопросы по темам/разделам дисциплины для защиты лабораторных работ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Понятия управления и регулирования технологическим процессом.</li> <li>2.Объект управления.</li> <li>3.Классификация объектов управления.</li> <li>4.Фундаментальные принципы управления.</li> <li>5.Принцип разомкнутого управления .</li> <li>6.Принцип компенсации возмущений (управление по возмущению).</li> <li>7.Принцип обратной связи. Управление по отклонению.</li> <li>8.Алгоритм управления.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>9.Функциональная схема системы автоматического управления. 10.Классификация систем автоматического управления</p> <p><b>Темы для самостоятельного изучения</b></p> <p>1.Какова классификация САР по задачам регулирования? 2.Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример. 3.В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения? 4.Как формулируется алгебраический критерий устойчивости? 5.Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка? 6.Как формулируется критерий устойчивости Михайлова? 7.Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова? 8.Какие критерии устойчивости называются частотными? 9.В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР? 10.Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста? 11.Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?12.Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?13.Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ? 14.В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР? 15.Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР? 16.Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в устной форме по билетам, каждый из которых включает один теоретический вопрос и одно практическое задание.

***Показатели и критерии оценивания зачета:***

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

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

### а) Основная литература:

1. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Кафедра промышленной электроники (ПРЭ). – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 163 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208587> (дата обращения: 08.11.2020). – Текст : электронный.

2 Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1034-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71753> (дата обращения: 08.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие / А. Ю. Ощепков. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1471-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5848> (дата обращения: 08.11.2020). — Режим доступа: для

### в) Методические указания:

1. Андреев, С. М. Моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / С. М. Андреев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3337.pdf&show=dcatalogues/1/1138496/3337.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-1028-7. - Сведения доступны также на CD-ROM.

## Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно

## Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	<a href="https://scholar.google.ru/">URL: https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации с выходом в Интернет

Учебные аудитории. Классы Учебно-Вычислительный Центр МГТУ: Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Excel, пакетом MATLAB 14 , с выходом в Интернет.

Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации включают: Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Excel, пакетом MATLAB 14, с выходом в Интернет

Аудитории для самостоятельной работы с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета: Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Excel, с выходом в Интернет

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.