

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев Максим Галидович

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 27.06.2025 20:38:56

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96433f0e902bfb0

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО РГАУ)

Факультет электроэнергетики и технического сервиса

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан факультета электроэнергетики  
и технического сервиса  
Гаджиев П.И.  
«17» февраля 2021 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ

Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Профили «Электротехнологии и энергосбережение в АПК», «Технический сервис машин и оборудования»

Форма обучения заочная

Квалификация магистр

Курс 1

Балашиха 2021

Рассмотрена и рекомендована к использованию кафедрой Электрооборудования и электротехнических систем (протокол № 4 от «02» февраля 2021 г.), методической комиссией факультета электроэнергетики и технического сервиса (протокол № 3 от «03» февраля 2021 г.)

**Составитель:** А.А. Переверзев, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и электротехнических систем.

**Рецензенты:**

внутренняя рецензия Л.П. Шичков, д.т.н., профессор кафедры электрооборудования и электротехнических систем;

внешняя рецензия М.Ю. Зоз, руководитель сектора взаимодействия с субъектами рынков и инфраструктурными организациями ООО «Солар Системс».

Рабочая программа дисциплины «Основы теории устойчивости систем» разработана в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия, профили «Электротехнологии и энергосбережение в АПК», «Технический сервис машин и оборудования».

## 1. Цель и задачи дисциплины

Цель – теоретическая и практическая подготовка студентов магистратуры в области агроинженерии; сформировать у специалиста систему знаний и представлений об основах теории устойчивости систем, об устойчивости и неустойчивости систем по Ляпунову А.М., о свойствах устойчивых систем, критериях устойчивости, асимптотической и экспоненциальной устойчивости, орбитальной устойчивости, структурной устойчивости, о запасе устойчивости, об устойчивости линейных и нелинейных систем, методах анализа устойчивости линейных и линеаризованных систем.

Выпускник, освоивший программу магистратуры, в соответствии с видом (видами) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа магистратуры, готов решать следующие профессиональные задачи:

научно-исследовательская деятельность (*основная*):

- разработка физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к процессам механизации, электрификации, автоматизации сельскохозяйственного производства, переработки сельскохозяйственной продукции, технического обслуживания и ремонта машин и оборудования;

проектная деятельность (*дополнительная*):

- проектирование систем энергообеспечения, электрификации и автоматизации для объектов сельскохозяйственного назначения.

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

Код компетенции	Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) (знать, уметь, владеть)
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- понятия структурной устойчивости, асимптотической и экспоненциальной устойчивости, орбитальной устойчивости;</li><li>- понятия статической и динамической точности систем;</li><li>- случайные процессы в системах, модели случайных сигналов;</li><li>- устойчивость по первому приближению;</li><li>- устойчивость линейных автономных систем, устойчивость резонанса, устойчивость неавтономных систем;</li><li>- влияние структуры сил на устойчивость движения;</li><li>- понятие асимптотического наблюдателя Люенбергера;</li></ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- исследовать на устойчивость и асимптотическую устойчивость нулевое решение системы;</li><li>- исследовать устойчивость системы без непосредственного нахождения корней характеристического уравнения;</li><li>- исследовать устойчивость решений нелинейных дифференциальных уравнений, не производя решения самих уравнений;</li><li>- исследовать устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова;</li><li>- исследовать устойчивости нелинейных систем с помощью второго метода Ляпунова;</li><li>- определять условия абсолютной устойчивости;</li><li>- строить годограф передаточной функции, диаграммы Найквиста;</li></ul>

Код компетенции	Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) (знать, уметь, владеть)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- строить функции Ляпунова;</li> <li>- определять запас устойчивости систем;</li> <li><b>владеть:</b></li> <li>- анализом результатов устойчивости в нелинейных системах;</li> <li>- анализом однородных дифференциальных систем;</li> <li>- прямым методом Ляпунова для исследования устойчивости систем автоматического регулирования;</li> <li>- анализом устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам;</li> <li>- программами анализа качества процессов управления.</li> </ul>
ОПК-4	<p>способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении стандартных и нестандартных профессиональных задач</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- алгебраические критерии устойчивости, критерии Ляпунова;</li> <li>- критерий устойчивости Рауса, критерий Гурвица;</li> <li>- геометрические критерии устойчивости;</li> <li>- критерий устойчивости Михайлова, критерий устойчивости Найквиста;</li> <li>- функции Ляпунова, критерий Сильвестра;</li> <li>- теорему Ляпунова об устойчивости движения, теоремы об асимптотической устойчивости, теоремы о неустойчивости движения, теорему Лагранжа;</li> <li>- устойчивость равновесия и стационарных движений консервативных систем;</li> <li>- стационарное движение и условия его устойчивости;</li> <li>- устойчивость по первому приближению;</li> <li>- устойчивость линейных автономных систем, устойчивость резонанса, устойчивость неавтономных систем;</li> <li>- влияние структуры сил на устойчивость движения;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать квадратичные функции Ляпунова;</li> <li>- исследовать на устойчивость и асимптотическую устойчивость нулевое решение системы;</li> <li>- исследовать устойчивость системы без непосредственного нахождения корней характеристического уравнения;</li> <li>- исследовать устойчивость решений нелинейных дифференциальных уравнений, не производя решения самих уравнений;</li> <li>- исследовать устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова;</li> <li>- исследовать устойчивости нелинейных систем с помощью второго метода Ляпунова;</li> <li>- решать дифференциальные уравнения возмущенного движения систем автоматического регулирования;</li> <li>- преобразовывать уравнения возмущенного движения системы регулирования к канонической форме;</li> <li>- определять условия абсолютной устойчивости;</li> <li>- решать систему уравнений первого приближения;</li> <li>- находить коэффициенты характеристического уравнения;</li> <li>- решать дифференциальные уравнения, описывающие поведение физических систем;</li> </ul>

Код компетенции	Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) (знать, уметь, владеть)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- решать дифференциальные уравнения возмущенного движения и уравнения первого приближения;</li> <li>- получать асимптотически устойчивое непостоянное периодическое решение;</li> <li>- строить годограф передаточной функции, диаграммы Найквиста;</li> <li>- исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы,</li> <li>- строить функции Ляпунова;</li> <li>- определять запас устойчивости систем;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа устойчивости линейных и линеаризованных систем;</li> <li>- методами функций Ляпунова;</li> <li>- методами модального управления;</li> <li>- методами построения функции Ляпунова;</li> <li>- методом коррекции Солодовникова систем управления для достижения необходимых показателей качества и устойчивости;</li> <li>- методами исследования устойчивости или неустойчивости движения;</li> <li>- анализом результатов устойчивости в нелинейных системах;</li> <li>- анализом однородных дифференциальных систем;</li> <li>- прямым методом Ляпунова для исследования устойчивости систем автоматического регулирования;</li> <li>- анализом устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам;</li> <li>- программами анализа качества процессов управления.</li> </ul>
ПК-6	<p>способность к проектной деятельности на основе системного подхода, умением строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- алгебраические критерии устойчивости, критерии Ляпунова;</li> <li>- критерий устойчивости Рауса, критерий Гурвица;</li> <li>- геометрические критерии устойчивости;</li> <li>- критерий устойчивости Михайлова, критерий устойчивости Найквиста;</li> <li>- понятия структурной устойчивости, асимптотической и экспоненциальной устойчивости, орбитальной устойчивости;</li> <li>- понятия статической и динамической точности систем;</li> <li>- показатели качества систем управления, показатели качества переходного процесса;</li> <li>- случайные процессы в системах, модели случайных сигналов;</li> <li>- о фильтрации помех в системах автоматического управления, о фильтре Винера, частотная характеристика фильтра;</li> <li>- функции Ляпунова, критерий Сильвестра;</li> <li>- теорему Ляпунова об устойчивости движения, теоремы об асимптотической устойчивости, теоремы о неустойчивости движения, теорему Лагранжа;</li> <li>- устойчивость равновесия и стационарных движений консервативных систем;</li> <li>- стационарное движение и условия его устойчивости;</li> <li>- устойчивость по первому приближению;</li> <li>- устойчивость линейных автономных систем, устойчивость резонанса, устойчивость неавтономных систем;</li> <li>- влияние структуры сил на устойчивость движения;</li> <li>- понятие асимптотического наблюдателя Люенбергера;</li> </ul>

Код компетенции	Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) (знать, уметь, владеть)
		<p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать квадратичные функции Ляпунова;</li> <li>- исследовать на устойчивость и асимптотическую устойчивость нулевое решение системы;</li> <li>- исследовать устойчивость системы без непосредственного нахождения корней характеристического уравнения;</li> <li>- исследовать устойчивость решений нелинейных дифференциальных уравнений, не производя решения самих уравнений;</li> <li>- исследовать устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова;</li> <li>- исследовать устойчивости нелинейных систем с помощью второго метода Ляпунова;</li> <li>- решать дифференциальные уравнения возмущенного движения систем автоматического регулирования;</li> <li>- преобразовывать уравнения возмущенного движения системы регулирования к канонической форме;</li> <li>- определять условия абсолютной устойчивости;</li> <li>- решать систему уравнений первого приближения;</li> <li>- находить коэффициенты характеристического уравнения;</li> <li>- решать дифференциальные уравнения, описывающие поведение физических систем;</li> <li>- решать дифференциальные уравнения возмущенного движения и уравнения первого приближения;</li> <li>- получать асимптотически устойчивое непостоянное периодическое решение;</li> <li>- строить годограф передаточной функции, диаграммы Найквиста;</li> <li>- исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы;</li> <li>- строить функции Ляпунова;</li> <li>- определять запас устойчивости систем;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа устойчивости линейных и линеаризованных систем;</li> <li>- методами функций Ляпунова;</li> <li>- методами модального управления;</li> <li>- методами построения функции Ляпунова;</li> <li>- методом коррекции Солодовникова систем управления для достижения необходимых показателей качества и устойчивости;</li> <li>- методами исследования устойчивости или неустойчивости движения;</li> <li>- анализом результатов устойчивости в нелинейных системах;</li> <li>- анализом однородных дифференциальных систем;</li> <li>- прямым методом Ляпунова для исследования устойчивости систем автоматического регулирования;</li> <li>- анализом устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам;</li> <li>- программами анализа качества процессов управления.</li> </ul>

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» программы магистратуры, относится к дисциплинам по выбору, изучается на 1 курсе.

Изучение дисциплины базируется на «входных» знаниях, умениях и готовностях обучающихся, формируемых в результате освоения в качестве предшествующих дисциплин магистратуры: «Логика и методология науки», «Компьютерные технологии в науке и производстве», формируемых в результате освоения в качестве предшествующих дисциплин бакалавриата: «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Автоматика». В свою очередь, освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для дисциплины «Современная аппаратура управления и защиты электрооборудования, методики ее выбора», а также научно-исследовательской работы.

#### 3.1. Дисциплины (модули) и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей), обеспечивающих междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами	№ модулей (разделов) данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) дисциплин	
		1	2
1	Высшая математика	+	+
2	Физика	+	+
3	Автоматика	+	+
4	Теоретическая механика	+	+
5	Логика и методология науки	+	+
6	Компьютерные технологии в науке и производстве	+	+

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

№ п/п	Вид учебной работы	Всего, часов	Курс
			1
<b>1.</b>	<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем, всего:</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>1.1.</b>	<b>Аудиторная работа (всего), в том числе:</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
	занятия лекционного типа (ЗЛТ)	4	4
	занятия семинарского типа (ЗСТ) в т.ч.:	10	10
	практические, семинарские занятия (ПЗ/СЗ)	10	10
	лабораторные занятия (ЛЗ)	0	0
<b>1.2.</b>	<b>Внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем в электронной информационно-образовательной среде</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Самостоятельная работа (всего), в том числе:</b>	<b>53</b>	<b>53</b>
2.1.	изучение теоретического материала	43	43
2.2.	написание курсового проекта (работы)	-	-
2.3.	написание контрольной работы	-	-
2.4.	другие виды самостоятельной работы (расчетно-графические работы, реферат)	10	10
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация в форме контактной работы (зачет)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Общая трудоемкость, час. (академический)</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
	зач. ед.	<b>2</b>	<b>2</b>

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

**5.1. Содержание модулей дисциплин структурированных по темам (занятия лекционного типа)**

№ п/п	Наименование модуля	Наименование тем	Трудоёмкость, академ. час.	Формируемые компетенции
1.	Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»	<p><b>Тема 1.1. Основные понятия теории устойчивости.</b> Определение устойчивости. Общее представление об устойчивости. Устойчивость по Ляпунову. Дифференциальные уравнения возмущенного движения; уравнения первого приближения. Свойства устойчивых систем.</p> <p><b>Тема 1.2. Критерии устойчивости линейных систем.</b> Понятие линейной системы. Критерии устойчивости линейных систем. Общие теоремы об устойчивости линейных систем. Необходимое условие устойчивости. Устойчивость линейных однородных систем. Устойчивость решений линейного уравнения n-го порядка. Полиномы Гурвица. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Необходимые условия устойчивости и асимптотической устойчивости. Исследование устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова.</p>	1  1	ОК-1 ОПК-4 ПК-6
2.	Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»	<p><b>Тема 2.1. Методы определения устойчивости и теоремы Ляпунова А.М.</b> Определение и особенности нелинейных систем. Критерии устойчивости нелинейных систем. Методы А.М. Ляпунова по исследованию устойчивости. Положения Ляпунова об устойчивости линеаризованной системы. Положения Ляпунова об устойчивости исходной нелинейной системы. Каноническое обобщение второго (прямого) метода Ляпунова или общая методика использования функций Ляпунова для решения задач устойчивости. Исследование устойчивости нелинейных систем с помощью второго (прямого) метода Ляпунова. Критерий устойчивости Найквиста. Определения параметров автоколебаний нелинейной системы с помощью критерия Найквиста. Исследование устойчивости и автоколебаний нелинейной системы с помощью годографа Михайлова.</p> <p><b>Тема 2.2. Точность и показатели качества систем управления.</b> Математическое описание систем управления. Математическое описание датчиков, усилителей, исполнительных устройств, корректирующих элементов, сравнивающих устройств. Исследование устойчивости систем управления по уравнениям первого приближения. Качество систем управления (показатели качества в переходном режиме, показатели качества в установившемся режиме).</p>	1  1	ОК-1 ОПК-4 ПК-6

**5.2. Содержание модулей дисциплин структурированных по видам учебных занятий (практические, семинарские занятия)**

№ п/п	Наименование модуля	Наименование тем практических, семинарских занятий	Трудоёмкость, академ. час.	Формируемые компетенции
1	Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»	«Исследование устойчивости замкнутой системы автоматического управления с использованием критерия устойчивости Гурвица»	2	ОК-1 ОПК-4 ПК-6



№ п/п	Наименование модуля	Наименование тем практических, семинарских занятий	Трудоёмкость, академ. час.	Формируемые компетенции
2	Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»	«Исследование устойчивости замкнутой системы автоматического управления с использованием частотного критерия устойчивости Михайлова»	2	ОК-1 ОПК-4 ПК-6
3	Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»	«Исследование устойчивости замкнутой системы автоматического управления с использованием частотного критерия устойчивости Найквиста»	2	ОК-1 ОПК-4 ПК-6
4	Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»	«Исследование качества системы автоматического управления в динамических режимах»	2	ОК-1 ОПК-4 ПК-6
5	Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»	«Исследование качества системы автоматического управления в установившемся режиме»	2	ОК-1 ОПК-4 ПК-6

### 5.2.1 Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

### 5.2.2. Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование модуля	Наименование тем самостоятельной работы (детализация)	Трудоёмкость, академ. час.	Формируемые компетенции
1.	Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»  30	<b>Тема 1.1. Основные понятия теории устойчивости.</b> Определения устойчивости. Общее представление об устойчивости. Типы устойчивости по начальным данным. Невозмущенное и возмущенное движения. Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая и экспоненциальная устойчивость. Орбитальная устойчивость. Структурная устойчивость. Дифференциальные уравнения возмущенного движения; уравнения первого приближения. Свойства устойчивых систем. <b>Тема 1.2. Критерии устойчивости линейных систем.</b> Понятие линейной системы. Критерии устойчивости линейных систем. Общие теоремы об устойчивости линейных систем. Методы анализа устойчивости линейных систем. Необходимое условие устойчивости. Устойчивость линейных однородных систем. Устойчивость тривиального решения. Устойчивость линейных систем с постоянными коэффициентами. Устойчивость линейной однородной системы с вещественной матрицей. Устойчивость линейной однородной системы с комплексной матрицей. Устойчивость линейных систем с постоянной матрицей. Критерий асимптотической устойчивости. Устойчивость решений линейного уравнения n-го порядка. Полиномы Гурвица. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Теорема Харитоновна. Лемма Гронуолла-Беллмана и ее обобщения. Лемма Бихари. Устойчивость линейных систем с переменной матрицей. Неравенство Важевского. Необходимые условия устойчивости и асимптотической устойчивости. Исследование устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова. Асимптотический наблюдатель Люенбергера. Теорема Ляпунова-Пуанкаре. Признак Пуанкаре. Условная устойчивость. Запасы устойчивости.	6  24	ОК-1 ОПК-4 ПК-6
2.	Модуль 2. «Устойчи-	<b>Тема 2.1. Методы определения устойчивости и теоремы Ляпунова А.М.</b> Определение и особенности нелинейных систем. Критерии устой-	14	ОК-1 ОПК-4

№ п/п	Наименование модуля	Наименование тем самостоятельной работы (детализация)	Трудоёмкость, академ. час.	Формируемые компетенции
	<p>ность нелинейных систем»</p> <p>28</p>	<p>чивости нелинейных систем. Методы А.М. Ляпунова по исследованию устойчивости. Положения Ляпунова об устойчивости линеаризованной системы. Положения Ляпунова об устойчивости исходной нелинейной системы. Методы анализа устойчивости линеаризованных систем. Теория устойчивости движения Ляпунова А.М. Уравнения возмущенного движения. Теоремы Ляпунова (об устойчивости, об асимптотической устойчивости, об неустойчивости, об устойчивости по первому приближению). Теоремы Ляпунова для автономных систем. Функции Ляпунова для неавтономных систем. Обобщённый критерий Сильвестра. Устойчивость точки равновесия. Локальная асимптотическая устойчивость. Глобальная асимптотическая устойчивость. Линеаризация систем дифференциальных уравнений. Прямой (второй) метод Ляпунова. Метод функций Ляпунова. Теорема Лагранжа. Теорема Лурье об устойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости. Теорема Персидского. Устойчивость квазилинейных систем. Теорема Н.Н. Красовского об экспоненциальной устойчивости. Каноническое обобщение второго (прямого) метода Ляпунова или общая методика использования функций Ляпунова для решения задач устойчивости. Исследование устойчивости нелинейных систем с помощью второго (прямого) метода Ляпунова. Устойчивость движения в предельных циклах. Задача об абсолютной устойчивости. Частотный метод В.М. Попова. Метод гармонического баланса (гармонической линеаризации, метод фильтра). Метод фазовой плоскости. Метод точечных преобразований. Критерий устойчивости Найквиста. Определения параметров автоколебаний нелинейной системы с помощью критерия Найквиста. Исследование устойчивости и автоколебаний нелинейной системы с помощью годографа Михайлова.</p> <p><b>Тема 2.2. Точность и показатели качества систем управления.</b> Математическое описание систем управления. Математическое описание датчиков, усилителей, исполнительных устройств, корректирующих элементов, сравнивающих устройств. Устойчивость непрерывных систем управления (алгебраические критерии устойчивости, частотные критерии устойчивости, устойчивость систем с чистым запаздыванием, определение области устойчивости, робастная устойчивость). Исследование устойчивости систем управления по уравнениям первого приближения. Качество систем управления (показатели качества в переходном режиме, показатели качества в установившемся режиме). Синтез систем управления по желаемой степени устойчивости. Выделение областей устойчивости систем автоматического управления. Построение области устойчивости по алгебраическим критериям. Д-разбиение в плоскости одного параметра. Д-разбиение в плоскости двух параметров. Математическое описание дискретных систем. Устойчивость дискретных систем (характеристическое уравнение и основное условие устойчивости, алгебраические критерии устойчивости. Оценка качества дискретных систем (показатели качества в переходном режиме, показатели качества в установившемся режиме). Исследование устойчивости нелинейной системы автоматического регулирования методом гармонического баланса.</p>	14	ПК-6

### 5.3. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины (модуле) и видов занятий

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы контроля
	ЗЛТ	ЗСТ	КР	СРС	
ОК-1	+	+	–	+	Отчет и тест по практическим работам, проверка выполнения заданий для самостоятельной и домашней работы, проверка конспекта, зачёт
ОПК-4	+	+	–	+	Проверка выполнения заданий для самостоятельной и домашней работы, тесты по модулям, опрос на лекции, отчет и тест по практическим работам, устный ответ на практическом занятии, семинаре, проверка конспекта, итоговое тестирование, зачёт
ПК-6	+	+	–	+	Тесты по модулям, отчет и тест по практическим работам, устный ответ на практическом занятии, семинаре, проверка конспекта, проверка выполнения заданий для самостоятельной и домашней работы, итоговое тестирование, зачёт

ЗЛТ – занятия лекционного типа, ЗСТ – занятия семинарского типа, КР – контрольная работа, СРС – самостоятельная работа студента.

### 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Основы теории устойчивости систем: методические указания по изучению дисциплины и выполнению практических занятий / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. Переверзев А.А. М., 2018 г. – 36 с.
2. Ахмеров, Р.Р. Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] / Р.Р. Ахмеров, Б.Н. Садовский. – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2002. – 420 с. – Режим доступа: [http://w.ict.nsc.ru/books/textbooks/akhmerov/ode\\_unicode/index.html](http://w.ict.nsc.ru/books/textbooks/akhmerov/ode_unicode/index.html)
3. Ахмеров, Р.Р. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс] / Р.Р. Ахмеров. – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2001. – 127 с. – Режим доступа: [http://w.ict.nsc.ru/books/textbooks/akhmerov/matmodel\\_unicode/index.html](http://w.ict.nsc.ru/books/textbooks/akhmerov/matmodel_unicode/index.html)
4. Хрущев, Ю.В. Методы расчета устойчивости энергосистем [Электронный ресурс] / Ю.В. Хрущев. – Томск: ГОУ ВПО НИТПУ, 2005. – 176 с. // ФГБОУ ВО РГАЗУ. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/034/76034/files/metod.pdf>
5. Замалетдинова, Л.Я. Системы автоматического управления [Электронный ресурс] / Л.Я. Замалетдинова. – Казань: ФГБОУ ДПО ТИПКА, 2014. – 122 с. // ФГБОУ ВО РГАЗУ. – Режим доступа: <http://ebs.rgazu.ru/?q=system/files/PosobieZamaletdinova.pdf>

### 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

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения	Этапы формирования компетенций
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	<p>знать современные методы анализа устойчивости систем; современные методы синтеза и оптимизации систем автоматического управления; современные методы анализа точности и качества систем управления;</p> <p>уметь выполнять расчётно-аналитические работы; формулировать выводы по работам, касающихся анализа и синтеза систем управления; вносить рекомендации по оптимизации и достижению необходимого качества систем управления;</p> <p>владеть методами математического анализа и описания элект-</p>	лекционные занятия, практические и семинарские занятия, самостоятельная работа

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения	Этапы формирования компетенций
		трических схем, элементов систем управления и систем управления в целом, методами математического синтеза систем управления с опорой на определённые критерии устойчивости систем управления и необходимую точность управления; методами оптимизации систем управления;	
<b>ОПК-4</b>	способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении стандартных и нестандартных профессиональных задач	<p><b>знать</b> законы физики, законы и методы математики; теорию дифференциального и интегрального исчисления; способы и методы математического анализа и моделирования элементов систем управления и систем управления в целом; различные критерии устойчивости систем;</p> <p><b>уметь</b> исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы; осуществлять математический анализ и моделирование элементов систем управления и систем управления в целом; применять методы математического моделирования и описания к объектам профессиональной деятельности; применять теоретические знания к расчету и анализу устойчивости систем управления; решать дифференциальные уравнения возмущенного движения систем автоматического регулирования; исследовать с математической точки зрения устойчивость различных систем; рассчитывать функции Ляпунова; определять условия устойчивости и запас устойчивости систем; решать дифференциальные уравнения, описывающие поведение физических систем;</p> <p><b>владеть</b> методами математического анализа устойчивости линейных, линеаризованных и нелинейных систем, методами математического описания элементов систем управления и систем управления в целом; методами функций Ляпунова; методами исследования устойчивости или неустойчивости движения; математическим анализом результатов устойчивости в линейных и нелинейных системах; методами расчёта показателей качества и точности систем автоматического управления; методами оптимизации и настройки систем автоматического управления; методами построения и чтения структурных, функциональных и блок-схем систем управления и их элементов;</p>	лекционные занятия, практические и семинарские занятия, самостоятельная работа
<b>ПК-6</b>	способности к проектной деятельности на основе системного подхода, умением строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ (проектная деятельность, <i>дополнительная</i> )	<p><b>знать</b> математическое описание элементов систем управления и систем управления в целом; свойства линейных и нелинейных систем; различные критерии и степени устойчивости систем; критерии точности систем управления; показатели качества систем управления; способы оптимизации настройки систем автоматического управления;</p> <p><b>уметь</b> применять теоретические знания к проектированию систем управления и их элементов; строить и использовать модели элементов систем управления и систем управления в целом; исследовать устойчивость систем управления; синтезировать систему управления по желаемой степени устойчивости; исследовать качество систем автоматического управления; производить оптимизацию систем управления и их элементов;</p> <p><b>владеть</b> методами математического описания систем управления и их элементов; различными методами исследования устойчивости систем; методами оценки качества систем автоматического управления; методами проведения оптимизации систем автоматического управления; способами использования моделей систем и их элементов при синтезе систем автоматического управления.</p>	лекционные занятия, практические и семинарские занятия, самостоятельная работа

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

Коды компетенций	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Описание шкалы и критериев оценивания			
				неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
ОК-1	Знать	Лекционные занятия, СРС	Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности  Билеты для проведения зачёта (теоретическая часть)	выполнено правильно менее 60% заданий. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.	выполнено правильно 60-79 % заданий. Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	выполнено правильно 80-89 % заданий. Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	выполнено правильно 90-100 % заданий. Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой.
ОК-1	Уметь	Практические и семинарские занятия, СРС	Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности.  Билеты для проведения зачёта (практическая часть)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет решать большую часть типичных задач на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, при этом допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, доводит умение до «автоматизма».
ОК-1	Владеть	Практические и семинарские занятия, СРС	Ответы на занятиях, решение задач  Отчет по практическим работам	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, но при этом	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, но при этом	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений

Коды компетенций	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Описание шкалы и критериев оценивания			
				неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
				ных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, допускает существенные ошибки.	допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, не допуская существенных неточностей в их решении.	умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях.
ОПК-4	Знать	Лекционные занятия, СРС	Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности  Билеты для проведения зачёта (теоретическая часть)	выполнено правильно менее 60% заданий. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.	выполнено правильно 60-79 % заданий. Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	выполнено правильно 80-89 % заданий. Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	выполнено правильно 90-100 % заданий. Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой.
ОПК-4	Уметь	Практические и семинарские занятия, СРС	Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности.  Билеты для проведения зачёта (практическая часть)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет решать большую часть типичных задач на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, не знает значительной части программного материала, допускает суще-	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, при этом допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, доводит умение до «автоматизма».

Коды компетенций	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Описание шкалы и критериев оценивания			
				неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
				ственные ошибки.		ответе на вопрос.	
ОПК-4	Владеть	Практические и семинарские занятия, СРС	<p>Ответы на занятиях, решение задач</p> <p>Отчет по практическим работам</p>	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, допускает существенные ошибки.</p>	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, но при этом допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.</p>	<p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, не допуская существенных неточностей в их решении.</p>	<p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет решать сложные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях.</p>
ПК-6	Знать	Лекционные занятия, СРС	<p>Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности</p> <p>Билеты для проведения зачёта (теоретическая часть)</p>	<p>выполнено правильно менее 60% заданий.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.</p>	<p>выполнено правильно 60-79 % заданий.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.</p>	<p>выполнено правильно 80-89 % заданий.</p> <p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.</p>	<p>выполнено правильно 90-100 % заданий.</p> <p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой.</p>
ПК-6	Уметь	Практические и семинарские занятия, СРС	<p>Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности.</p> <p>Билеты</p>	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет решать большую часть типичных задач на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения.</p>	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, при этом допускает неточности, недо-</p>	<p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения, твердо знает мате-</p>	<p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет решать все типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов</p>

Коды компетенций	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Описание шкалы и критериев оценивания			
				неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
			для проведения зачёта (практическая часть)	мов решения, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.	статочны правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	риал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	мов решения, доводит умение до «автоматизма».
ПК-6	Владеть	Практические и семинарские занятия, СРС	Ответы на занятиях, решение задач  Отчет по практическим работам	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не умеет решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, допускает существенные ошибки.	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он умеет решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, но при этом допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он умеет решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, не допуская существенных неточностей в их решении.	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он умеет решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях.

### 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Коды компетенций	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
ОК-1; ОПК4; ПК-6	Знать	Лекционные занятия, СРС	Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности	<b>Примеры тестовых заданий, выполненных в программе «GIFT»:</b> <b>1. Максимальное значение амплитудно-частотной характеристики колебательного звена называют:</b> 1. Показателем колебательности; 2. Показателем быстродействия; 3. Запасом устойчивости. <b>2. Замкнутая система, содержащая объект в виде апериодического звена и интегральный регулятор, при любом положительном параметре настройки регулятора:</b> 1. Устойчива; 2. Неустойчива; 3. Находится на границе устойчивости. <b>3. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы является:</b> 1. Расположение всех вещественных корней её характеристического уравне-



Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>ния в левой полуплоскости;</p> <p>2. Расположение всех комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;</p> <p>3. Расположение всех вещественных и комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости.</p> <p><b>4. Система, состоящая из последовательно и (или) параллельно соединённых устойчивых линейных звеньев, заведомо:</b></p> <p>1. Устойчива;</p> <p>2. Неустойчива;</p> <p>3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>5. Показателями качества управления в переходном режиме работы системы являются:</b></p> <p>1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;</p> <p>2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;</p> <p>3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.</p> <p><b>6. Показателями качества управления в установившемся режиме работы системы являются:</b></p> <p>1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;</p> <p>2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;</p> <p>3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.</p> <p><b>7. Цифровое устройство, имеющее два устойчивых состояния равновесия и выполняющее роль электронного реле, называется:</b></p> <p>1. Триггером.</p> <p>2. Регистром.</p> <p>3. Счетчиком импульсов.</p> <p><b>8. Перемещение в левой полуплоскости в направлении от вещественной полуоси всех корней характеристического уравнения системы способствует увеличению её:</b></p> <p>1. Быстродействия;</p> <p>2. Колебательности;</p> <p>3. Инерционности.</p> <p><b>9. Соединение в виде двух последовательно включенных интегрирующих звеньев, охваченных единичной отрицательной обратной связью, представляет собой:</b></p> <p>1. Генератор незатухающих синусоидальных колебаний, то есть систему на границе устойчивости;</p> <p>2. Аперiodическое звено;</p> <p>3. Звено транспортного запаздывания.</p> <p><b>10. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы является:</b></p> <p>1. Расположение всех вещественных корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;</p> <p>2. Расположение всех комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;</p> <p>3. Расположение всех вещественных и комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости.</p> <p><b>11. Показателями качества управления в переходном режиме работы системы являются:</b></p> <p>1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;</p> <p>2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;</p> <p>3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.</p> <p><b>12. Показателями качества управления в установившемся режиме работы системы являются:</b></p> <p>1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;</p> <p>2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;</p> <p>3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.</p> <p><b>13. Какая формулировка соответствует частотному критерию устойчивости Михайлова?</b></p> <p>1. для того чтобы замкнутая непрерывная (линейная) система управления бы-</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>ла устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы <math>W(j\omega)</math> при изменении частоты от нуля до <math>+\infty</math> охватывал точку с координатами <math>[-1, +j0]</math></p> <p>2. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения имели отрицательную вещественную часть</p> <p>3. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы определитель, составленный из коэффициентов характеристического уравнения системы, и все его диагональные миноры были положительными</p> <p>4. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы если при возрастании частоты от нуля до <math>+\infty</math> характеристический вектор, полученный подстановкой <math>j\omega</math> в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол <math>n\pi/2</math>, где <math>n</math> – степень характеристического уравнения САУ</p> <p><b>14. Какая формулировка соответствует частотному критерию устойчивости Найквиста?</b></p> <p>1. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы если при возрастании частоты от нуля до <math>+\infty</math> характеристический вектор, полученный подстановкой <math>j\omega</math> в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол <math>n\pi/2</math>, где <math>n</math> – степень характеристического уравнения САУ</p> <p>2. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения имели отрицательную вещественную часть</p> <p>3. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы определитель, составленный из коэффициентов характеристического уравнения системы, и все его диагональные миноры были положительными</p> <p>4. для того чтобы замкнутая непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы <math>W(j\omega)</math> при изменении частоты от нуля до <math>+\infty</math> охватывал точку с координатами <math>[-1, +j0]</math></p> <p><b>15. Приближение к мнимой оси комплексно-сопряженных корней характеристического уравнения системы означает:</b></p> <p>1. Стремление к бесконечности резонансного пика в амплитудно-частотной характеристике системы;</p> <p>2. Уменьшение резонансного пика в амплитудно-частотной характеристике системы;</p> <p>3. Уменьшение колебательности системы.</p> <p><b>16. Годограф Михайлова, относящийся к САУ третьего порядка, начинается на положительной вещественной полуоси и с возрастанием частоты последовательно проходит против движения часовой стрелки два квадранта комплексной плоскости и остается в третьем квадранте даже при стремлении частоты к бесконечности. Эта система:</b></p> <p>1. Устойчива;</p> <p>2. Неустойчива;</p> <p>3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>17. Годограф Михайлова, относящийся к САУ третьего порядка, начинается на положительной вещественной полуоси и с возрастанием частоты последовательно проходит против движения часовой стрелки первый квадрант комплексной плоскости, начало координат и остается в третьем квадранте даже при стремлении частоты к бесконечности. Эта система:</b></p> <p>1. Устойчива;</p> <p>2. Неустойчива;</p> <p>3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>18. Годограф комплексной частотной характеристики САУ в разомкнутом состоянии проходит в комплексной плоскости через точку с координатами <math>(-1; i0)</math>. В замкнутом состоянии эта система:</b></p> <p>1. Устойчива;</p> <p>2. Неустойчива;</p> <p>3. Находится на границе устойчивости.</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p><b>19. Что такое свободное движение линейной системы?</b>  1. движение системы при отсутствии воздействия на систему со стороны окружающей среды (автономной системы), обусловлено её состоянием в начальный момент времени  2. движение системы как реакция на входное воздействие, не зависит от ее начального состояния  3. движение системы от начала внешнего входного воздействия и до бесконечности, обусловлено как состоянием в начальный момент времени, так и от настроек регулятора</p> <p><b>20. Что такое вынужденное движение линейной системы?</b>  1. движение системы от начала внешнего входного воздействия и до бесконечности, обусловлено как состоянием в начальный момент времени, так и от настроек регулятора  2. движение системы при отсутствии воздействия на систему со стороны окружающей среды (автономной системы), обусловлено её состоянием в начальный момент времени  3. движение системы как реакция на входное воздействие, не зависит от ее начального состояния</p> <p><b>21. Какая формулировка соответствует общему критерию устойчивости по Ляпунову А.М.?</b>  1. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения имели отрицательную вещественную часть  2. для того чтобы замкнутая непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы <math>W(j\omega)</math> при изменении частоты от нуля до <math>+\infty</math> охватывал точку с координатами <math>[-1, +j0]</math></p> <p><b>22. Какая формулировка соответствует алгебраическому критерию устойчивости Рауса-Гурвица?</b>  1. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения имели отрицательную вещественную часть  2. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы если при возрастании частоты от нуля до <math>+\infty</math> характеристический вектор, полученный подстановкой <math>j\omega</math> в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол <math>n\pi/2</math>, где <math>n</math> – степень характеристического уравнения САУ  3. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы определитель, составленный из коэффициентов характеристического уравнения системы, и все его диагональные миноры были положительными  4. для того чтобы замкнутая непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы <math>W(j\omega)</math> при изменении частоты от нуля до <math>+\infty</math> охватывал точку с координатами <math>[-1, +j0]</math></p>
			Билеты для проведения зачёта (теоретическая часть)	<p><b>Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»</b>  1. Дайте определение устойчивости систем.  2. Какие типы устойчивости можно выделить по начальным данным?  3. Что такое возмущённое и невозмущённое движения?  4. В чём заключаются алгебраические критерии устойчивости систем управления, разработанные Ляпуновым А.М.  5. В чём заключаются критерии устойчивости Рауса и Гурвица? Полиномы Гурвица.  6. В чём заключаются геометрические критерии устойчивости?  7. В чём заключаются критерии устойчивости Михайлова?</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>8. Приведите теорему Харитонова.</p> <p>9. В чём заключаются критерии устойчивости Найквиста?</p> <p>10. Что такое асимптотическая устойчивость? Экспоненциальная устойчивость?</p> <p>11. Что такое структурная устойчивость? Орбитальная устойчивость?</p> <p>12. Какими свойствами обладают устойчивые системы?</p> <p>13. Какие системы являются линейными? Каковы их свойства?</p> <p>14. Какие существуют критерии устойчивости линейных систем?</p> <p>15. Какие общие теоремы об устойчивости линейных систем Вам известны?</p> <p>16. Какие используются методы анализа устойчивости линейных систем? В чём заключается необходимое условие устойчивости?</p> <p>17. Что такое устойчивость тривиального решения?</p> <p>18. Устойчивость линейных систем с постоянными коэффициентами.</p> <p>19. Устойчивость линейной однородной системы с вещественной матрицей.</p> <p>20. Устойчивость линейной однородной системы с комплексной матрицей.</p> <p>21. Устойчивость линейных систем с постоянной матрицей.</p> <p>22. В чём заключается критерий асимптотической устойчивости?</p> <p>23. Устойчивость решений линейного уравнения <math>n</math>-го порядка.</p> <p>24. Приведите теорему об асимптотической устойчивости.</p> <p>25. Теорема Харитонова.</p> <p>26. Лемма Гронуолла-Беллмана.</p> <p>27. Лемма Бихари.</p> <p>28. Необходимые условия устойчивости и асимптотической устойчивости.</p> <p>29. Устойчивость линейных систем с переменной матрицей.</p> <p>30. Как осуществляется исследование устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова?</p> <p>31. Теорема Ляпунова-Пуанкаре. Признак Пуанкаре.</p> <p>32. Условная устойчивость. Как определяется запас устойчивости систем?</p> <p>33. Какое состояние динамической системы называется невозмущенным движением?</p> <p>34. Как получают дифференциальные уравнения возмущенного движения?</p> <p>35. Как формулируется определение устойчивости невозмущенного движения по Ляпунову?</p> <p>36. Как получают дифференциальные уравнения возмущенного движения в первом (линейном) приближении в задачах устойчивости?</p> <p>37. Сформулируйте теорему Ляпунова об устойчивости автономной системы по первому приближению.</p> <p>38. Сформулируйте теорему Ляпунова о неустойчивости автономной системы по первому приближению.</p> <p>39. Какой случай в исследовании устойчивости по первому приближению является критическим?</p> <p>40. Сколько детерминантных неравенств содержат критерии асимптотической устойчивости Рауса-Гурвица и Лъенара-Шипара для системы порядка <math>m</math>?</p> <p>41. Поясните понятие асимптотического наблюдателя Люенбергера.</p> <p>42. Сформулируйте определение решения, не являющегося устойчивым по Ляпунову (неустойчивого решения).</p> <p>43. Приведите пример асимптотически, но не экспоненциально устойчивого решения дифференциального уравнения.</p> <p>44. Приведите пример устойчивого по Ляпунову, но не асимптотически устойчивого решения дифференциального уравнения.</p> <p>45. Каковы особенности нелинейных систем?</p> <p>46. Что такое устойчивость по Ляпунову в малом? В большом? В целом?</p> <p>47. Справедлив ли принцип суперпозиции для нелинейных систем?</p> <p>48. Перечислите методы анализа нелинейных систем.</p> <p>49. Дайте определение, описание и приведите классификацию нелинейных объектов и систем.</p> <p><b>Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»</b></p> <p>50. Что такое нелинейная система?</p> <p>51. В какой форме описываются многомерные линейные системы методом переменных состояния?</p> <p>52. В какой форме описываются многомерные нелинейные системы методом переменных состояния?</p> <p>53. Какого типа бывают нелинейные системы?</p> <p>54. Приведите пример автономной стационарной нелинейной системы.</p> <p>55. Перечислите типовые нелинейные характеристики (кусочно-линейная аппроксимация).</p> <p>56. Изобразите характеристику нелинейного элемента типа реле (усиление с жестким ограничением при <math>b = 0</math>).</p> <p>57. Изобразить характеристику нелинейного элемента типа усиление с ограничением и зоной нечувствительности.</p> <p>58. Что такое статический режим работы системы автоматического управления (САУ)?</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>59. Как получается статическая характеристика всей САУ?</p> <p>60. Назовите методы линеаризации нелинейных систем.</p> <p>61. Что такое фазовый портрет?</p> <p>62. Что такое особые точки и особые линии фазового портрета?</p> <p>63. Сформулируйте понятие устойчивости.</p> <p>64. Сформулируйте понятие абсолютной устойчивости.</p> <p>65. Приведите пример системы с двумя положениями равновесия.</p> <p>66. Назовите точные и приближенные методы исследования устойчивости и автоколебаний.</p> <p>67. В чем суть построения фазового портрета методом изоклин?</p> <p>68. В чем суть методов исследования систем с кусочно-линейными характеристиками.</p> <p>69. В чем состоит исследование релейных систем методом припасовывания?</p> <p>70. Стабилизация релейных систем автоматического регулирования (САР). Что такое скользящие режимы?</p> <p>71. Каким образом осуществляется анализ периодических режимов методом точечных преобразований?</p> <p>72. Что такое диаграмма точечного преобразования?</p> <p>73. В чем суть метода точечного преобразования?</p> <p>74. Какова суть второго метода Ляпунова анализа устойчивости нелинейных систем?</p> <p>75. Что такое асимптотическая и экспоненциальная устойчивость?</p> <p>76. Что такое функции Ляпунова (понятие о знакоопределенности и знакопостоянстве функций)?</p> <p>77. Приведите пример функции Ляпунова.</p> <p>78. Сформулируйте теорему Ляпунова об устойчивости.</p> <p>79. Сформулируйте теорему Ляпунова о неустойчивости.</p> <p>80. Какова область применения второго метода Ляпунова при анализе устойчивости нелинейной САР?</p> <p>81. Каков порядок оценки устойчивости вторым методом Ляпунова?</p> <p>82. Приведите пример выбора функций Ляпунова и исследования устойчивости нелинейной системы.</p> <p>83. Сформулируйте критерий В.М. Попова.</p> <p>84. Что такое абсолютная устойчивость?</p> <p>85. К какому виду может быть приведена САР с одним нелинейным элементом?</p> <p>86. Что такое модифицированная частотная характеристика В.М. Попова?</p> <p>87. В чем состоит критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова?</p> <p>88. Приведите примеры модифицированных частотных характеристик устойчивых и неустойчивых нелинейных систем с одним существенно нелинейным элементом в контуре.</p> <p>89. Что такое гармоническая линеаризация?</p> <p>90. Что такое амплитудная характеристика нелинейного элемента?</p> <p>91. Что такое коэффициенты гармонической линеаризации нелинейных звеньев?</p> <p>92. В чем смысл определения параметров автоколебаний нелинейной системы с помощью критерия Найквиста (метод Л.С. Гольдфарба)?</p> <p>93. Каким образом осуществляется исследование устойчивости и автоколебаний нелинейной системы с помощью годографа Михайлова?</p> <p>94. Приведите теорему об экспоненциальной устойчивости.</p> <p>95. Дайте определение абсолютной устойчивости.</p> <p>96. Приведите частотный критерий абсолютной устойчивости Попова. Дайте геометрическую интерпретацию.</p> <p>97. Каким условиям должна удовлетворять нелинейность в случае, когда линейная часть системы нейтральна или неустойчива?</p> <p>98. Как можно сравнить критерий Найквиста с критерием Попова?</p> <p>99. Какие колебания называются нелинейными?</p> <p>100. Какая характеристика восстанавливающей силы называется жесткой, и какая характеристика называется мягкой?</p> <p>101. Какие фазовые траектории физического маятника соответствуют периодическим движениям?</p> <p>102. Какие дифференциальные уравнения колебаний называются квазилинейными?</p> <p>103. Почему в автоколебательной системе при действии диссипативных сил существуют устойчивые периодические колебания?</p> <p>104. Как записываются условия существования и устойчивости автоколебаний в квазилинейной системе второго порядка с помощью приближенных уравнений, полученных методом медленно изменяющихся коэффициентов?</p> <p>105. Какому условию должен удовлетворять асимптотический ряд по степеням малого параметра, представляющий решение квазилинейного уравнения колебаний?</p> <p>106. Каким условиям должны удовлетворять координатные функции при нахождении приближенного периодического решения уравнения колебаний по методу Бубнова-Галеркина?</p> <p>107. Как формулируется вариационное условие Бубнова-Галеркина?</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>108. Почему в области больших частот внешнего возбуждения нелинейной системы второго порядка существует проблема устойчивости амплитуды вынужденных колебаний?</p> <p>109. Каким образом определяются статическая и динамическая точность систем управления?</p> <p>110. Какие показатели качества систем управления Вы знаете?</p> <p>111. Какие показатели качества переходного процесса в системах управления Вы знаете?</p> <p>112. Что такое стохастические процессы? Какие стохастические процессы могут протекать в системах управления?</p> <p>113. Каким образом моделируют случайные сигналы?</p> <p>114. Каким образом осуществляется фильтрация помех в системах автоматического управления?</p> <p>115. Что такое фильтр Винера? Какова частотная характеристика фильтра?</p> <p>116. Какие функции Ляпунова А.М. Вы знаете? Что такое критерий Сильвестра?</p> <p>117. Приведите теорему Ляпунова об устойчивости движения.</p> <p>118. Приведите теоремы об асимптотической устойчивости. Каким образом рассчитывается асимптотическая устойчивость систем управления?</p> <p>119. Приведите теоремы о неустойчивости движения, теорему Лагранжа.</p> <p>120. Что такое устойчивость равновесия и стационарных движений консервативных систем?</p> <p>121. Поясните, что такое стационарное движение и каковы условия его устойчивости?</p> <p>122. Что такое устойчивость по первому приближению?</p> <p>123. Как определяется устойчивость линейных автономных систем, устойчивость резонанса, устойчивость неавтономных систем?</p> <p>124. Каким образом осуществляется исследование на асимптотическую устойчивость нулевого решения системы?</p> <p>125. Каким образом строится годограф передаточной функции? Диаграммы Найквиста?</p> <p>126. В чём заключается метод коррекции Солодовникова систем управления?</p> <p>127. Как применяется прямой метод Ляпунова для исследования устойчивости систем автоматического регулирования?</p> <p>128. Как осуществляется анализ устойчивости систем управления по логарифмическим частотным характеристикам?</p>
ОК-1; ОК-4; ПК-6	Уметь	Практические и семинарские занятия, СРС	Тематические, итоговые тесты ЭИОС различной сложности.	<p><b>Примеры тестовых заданий, выполненных в программе «GIFT»:</b></p> <p><b>1. Система с передаточной функцией <math>M(s) = 5/(Ts + 1)</math> при любых неотрицательных значениях коэффициента <math>T</math> :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устойчива;</li> <li>2. Неустойчива;</li> <li>3. Находится на границе устойчивости.</li> </ol> <p><b>2. Система с передаточной функцией <math>M(s) = 5/(T^2 s^2 - s + 1)</math> при любых вещественных значениях коэффициента <math>T</math> :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устойчива;</li> <li>2. Неустойчива;</li> <li>3. Находится на границе устойчивости.</li> </ol> <p><b>3. Система с передаточной функцией <math>M(s) = 8/(2s + 1)</math> :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устойчива;</li> <li>2. Неустойчива;</li> <li>3. Находится на границе устойчивости.</li> </ol> <p><b>4. Система с передаточной функцией <math>M(s) = 8/(2s - 1)</math> :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устойчива;</li> <li>2. Неустойчива;</li> <li>3. Находится на границе устойчивости.</li> </ol> <p><b>5. Система с передаточной функцией <math>M(s) = 8/(s^2 + 1)</math> :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устойчива;</li> </ol>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>2. Неустойчива; 3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>6. Система с передаточной функцией</b>  <math display="block">M(s) = 8 / [(s^2 + 1)(s + 2)(s + 3)] ;</math> 1. Устойчива; 2. Неустойчива; 3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>7. Система с передаточной функцией</b>  <math display="block">M(s) = 8 / [(s^2 + 1)(s - 2)(s + 3)] ;</math> 1. Устойчива; 2. Неустойчива; 3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>8. Система с передаточной функцией</b> <math>M(s) = 8 / s ;</math>  1. Устойчива; 2. Неустойчива; 3. Нейтральна.</p> <p><b>9. Система с передаточной функцией</b> <math>M(s) = 8 / (s^2 + 5s + 6) ;</math>  1. Устойчива; 2. Неустойчива; 3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>10. Система с передаточной функцией</b>  <math display="block">M(s) = 4 / (s^3 + 6s^2 + 11s + 6) ;</math> 1. Устойчива; 2. Неустойчива; 3. Находится на границе устойчивости.</p> <p><b>11. Система автоматического регулирования с передаточной функцией</b> <math>M(s) = 1 / (s^2 + s + 1)</math> по каналу: задание – управляемая величина, имеет резонансную частоту <math>\omega_p</math> :  1. <math>\omega_p = \sqrt{2} / 2 ;</math>  2. <math>\omega_p = 1 ;</math>  3. <math>\omega_p = 2 .</math></p> <p><b>12. Система автоматического регулирования с передаточной функцией</b> <math>M(s) = 1 / (s^2 + s + 1)</math> по каналу: задание – управляемая величина, имеет резонансный пик <math>M_m</math> :  1. <math>M_m = 2 / \sqrt{3} ;</math></p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>2. <math>M_m = 2</math>;</p> <p>3. <math>M_m = 3/2</math>.</p> <p><b>13. Система автоматического регулирования с передаточной функцией <math>M(s) = 1/(s^2 + 3s + 2)</math> по каналу: задание – управляемая величина, резонансный пик:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не имеет;</li> <li>2. Имеет ограниченный;</li> <li>3. Имеет неограниченно большой.</li> </ol> <p><b>14. С увеличением свободного члена характеристического полинома системы автоматического регулирования (САР) в области устойчивости:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Улучшаются её фильтрующие свойства в диапазоне частот <math>0 \leq \omega &lt; \omega_\Gamma</math>, где <math>\omega_\Gamma</math> – граничная частота, обеспечивающая равенство <math>\operatorname{Re}M(i\omega_\Gamma) = 0</math>, причём <math>M(i\omega)</math> – комплексная частотная характеристика САР по каналу: задание – управляемая величина;</li> <li>2. Ухудшаются её фильтрующие свойства в диапазоне частот <math>0 \leq \omega &lt; \omega_\Gamma</math>, где <math>\omega_\Gamma</math> – граничная частота, обеспечивающая равенство <math>\operatorname{Re}M(i\omega_\Gamma) = 0</math>, причём <math>M(i\omega)</math> – комплексная частотная характеристика САР по каналу: задание – управляемая величина;</li> <li>3. Её фильтрующие свойства не меняются.</li> </ol> <p><b>15. Многокритериальный оптимум управления достигается при выполнении условия (где <math>\alpha_0</math> – свободный член характеристического полинома системы; <math>M_m</math> – показатель колебательности системы, а <math>M_\Pi</math> – его предельно допустимое значение):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\alpha_0 = \max</math> при ограничении <math>M_m \leq M_\Pi</math>;</li> <li>2. <math>M_m = \max</math>;</li> <li>3. <math>M_m = M_\Pi</math>.</li> </ol>
			Билеты для проведения зачёта (практическая часть)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Может ли автономное уравнение <math>x' = f(x)</math> иметь асимптотически устойчивое непостоянное периодическое решение?</li> <li>2. Выпишите систему уравнений возмущенного движения <math>y' = F(t, y)</math>, отвечающую решению <math>\varphi(t) = \sin t</math> уравнения <math>x'' + x + x^2 = \sin^2 t</math>.</li> <li>3. Исследуйте устойчивость решений уравнения <math>x' = -x(1 - x)</math>.</li> <li>4. Исследуйте устойчивость решений уравнения <math>x'' + \lambda x = 0</math>, (<math>\lambda \in \mathbb{R}</math>).</li> <li>5. Докажите, что все решения устойчивой линейной неоднородной системы ограничены или неограничены одновременно.</li> <li>6. Покажите, что если система <math>x' = Ax</math> асимптотически устойчива, то система <math>x' = -Ax</math> неустойчива.</li> <li>7. Докажите, что если система <math>x' = Ax</math> устойчива, то система <math>x' = Ax - x</math> асимптотически устойчива.</li> <li>8. С помощью критерия Гурвица исследуйте устойчивость уравнения <math>x''' + x'' + x' + 2x = 0</math>.</li> <li>9. С помощью критерия Михайлова исследуйте устойчивость уравнения <math>x''' + 2x'' + 2x' + 3x = 0</math>.</li> </ol>



Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>10. Проведите доказательство утверждения о приведенной системе: <math>x' = f(t, x), f: [t_0, +\infty) \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math>, обладает одним из свойств устойчивости, если и только если соответствующим свойством обладает нулевое решение системы <math>y' = F(t, y)</math>.</p> <p>11. Приведите пример системы <math>x' = f(t, x), f: [t_0, +\infty) \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math>, нулевое решение которого устойчиво по Ляпунову, а все остальные решения неустойчивы.</p> <p>12. Приведите пример двумерного автономного дифференциального уравнения <math>x' = f(x) (f(0) = 0)</math> такого, что любое его решение стремится к нулю при <math>t \rightarrow +\infty</math>, а нулевое решение при этом не является устойчивым по Ляпунову.</p> <p>13. Докажите, что пример двумерного автономного дифференциального уравнения <math>x' = f(x) (f(0) = 0)</math> такого, что любое его решение стремится к нулю при <math>t \rightarrow +\infty</math>, а нулевое решение при этом не является устойчивым по Ляпунову, нельзя построить в случае скалярного дифференциального уравнения.</p> <p>14. Покажите, что если в условиях теоремы Коши — Пикара все определенные на <math>[0, +\infty)</math> решения асимптотически устойчивы, то любое решение <math>x' = f(t, x), f: [t_0, +\infty) \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math>, асимптотически устойчиво в целом.</p> <p>15. Пусть в <math>x' = f(t, x), f(t, 0) \equiv 0</math> и <math>x' = f(t, x)</math> имеет неограниченное на <math>[0, +\infty)</math> решение. Докажите, что это уравнение имеет неустойчивое решение.</p> <p>16. Пусть правая часть <math>x' = f(t, x)</math> непрерывна на <math>\mathbf{R} \times \mathbf{R}^n</math> и однородна по <math>x: f(t, \lambda x) \equiv \lambda f(t, x)</math>. Докажите, что для устойчивости нулевого решения необходимо и достаточно, чтобы семейство решений, выходящих из точек единичного шара с центром в нуле в нулевой момент времени, было равномерно ограничено на <math>[0, +\infty)</math>.</p> <p>17. Пусть все собственные значения (т. е. такое комплексное число, при котором уравнение <math>Ax = \lambda x</math> имеет ненулевые решения [собственные векторы] относительно <math>x</math>) матрицы <math>A</math> имеют отрицательную вещественную часть, а непрерывная матрица-функция <math>B(t)</math> такова, что <math>\int_0^{+\infty} \ B(s)\  ds &lt; \infty</math>. Докажите, что система <math>x' = [A + B(t)]x</math> устойчива. Если же <math>B(t) \rightarrow 0</math> при <math>t \rightarrow +\infty</math>, то она асимптотически устойчива, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>18. Пусть в линейной однородной системе <math>x' = A(t)x</math> непрерывная матрица <math>A(t)</math> удовлетворяет условию Лапко-Данилевского и существует предел</p> $A_0 = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{t} \int_0^t A(s) ds.$ <p>19. Докажите, что если все собственные значения матрицы <math>A_0</math> имеют отрицательную вещественную часть, то линейная однородная система <math>x' = A(t)x</math> асимптотически устойчива, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>20. Докажите, что оператор <math>g_{t_0}^t</math> сдвига по траекториям линейной однородной системы <math>x' = A(t)x</math> удовлетворяет оценке (функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна)</p> $\exp \left( - \int_{t_0}^t \ A(s)\  ds \right) \leq \ g_{t_0}^t\  \leq \exp \left( \int_{t_0}^t \ A(s)\  ds \right) \quad (t \geq t_0).$ <p>21. На плоскости параметров <math>(\alpha, \beta) \in \mathbf{R}^2</math> найдите максимальное множество тех <math>(\alpha, \beta)</math>, при которых <math>x'_1 = -x_1 + \alpha x_2 + \beta x_3, x'_2 = -\alpha x_1 - x_2 + \alpha x_3, x'_3 = -\beta x_1 - \alpha x_2 - x_3</math> устойчива (это множество параметров называется <i>областью устойчивости системы</i>), функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>22. Покажите, что если какое-нибудь ненулевое решение линейной автономной однородной системы <math>x' = Ax</math> ограничено на <math>(-\infty, 0]</math>, то система не является асимптотически устойчивой, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>23. Найдите особые точки (решения-константы <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) уравнения <math>x' = x^3 - x</math> и исследуйте их устойчивость.</p> <p>24. Докажите устойчивость нулевой особой точки (решение-константа <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) уравнения <math>x' = -x^3</math>.</p> <p>25. С помощью теоремы об устойчивости по первому приближению исследуйте на устойчивость нулевую особую точку (решение-константу <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) системы <math>x'_1 = \alpha x_1 - 2x_2 + x_1^2, x'_2 = x_1 + x_2 + x_1 x_2</math> с вещественным параметром <math>\alpha</math>.</p> <p>26. Пусть правая часть уравнения <math>x' = g(x)</math>, где <math>g: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math> — непрерывная функция, непрерывно дифференцируема на <math>\mathbf{R}^m, g(0) = 0</math>, а его нулевая особая точка (решение-константа <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) устойчива, но не асимптотически устойчива. Докажите, что нулевая особая точка уравнения <math>x' = g(x) + \varepsilon x</math> неустойчива при любом положительном <math>\varepsilon</math>.</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>27. Пусть правая часть уравнения <math>x' = g(x)</math>, где <math>g: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math> – непрерывная функция, непрерывно дифференцируема на <math>\mathbf{R}^n</math>, <math>g(0) = 0</math>, а его нулевая особая точка (решение-константа <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) устойчива. Докажите, что нулевая особая точка уравнения <math>x' = g(x) - \varepsilon x</math> асимптотически устойчива при любом положительном <math>\varepsilon</math>.</p> <p>28. Покажите, что если нулевая особая точка (решение-константа <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) уравнения <math>x' = ax + \sin x</math> асимптотически устойчива, то <math>a \leq -1</math>.</p> <p>29. Докажите, что если система <math>x' = Ax</math> имеет решение вида <math>\varphi(t) = ae^{-t} + be^t</math> (<math>a, b \in \mathbf{R}^m</math>, <math>b \neq 0</math>), то нулевая особая точка (решение-константа <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) системы <math>x' = Ax + c\ x\ ^2</math> (<math>c \in \mathbf{R}^m</math>) неустойчива.</p> <p>30. Докажите, что если двумерная система <math>x' = Ax</math> с вещественной матрицей <math>A</math> имеет комплексное решение вида <math>\varphi(t) = ae^{(i-1)t}</math> (<math>a \in \mathbf{R}^2</math>, <math>a \neq 0</math>), то нулевая особая точка (решение-константа <math>\varphi(t) \equiv x^*</math> при <math>g(x^*) = 0</math>) системы <math>x' = Ax + b\ x\ ^4</math> (<math>b \in \mathbf{R}^2</math>) асимптотически устойчива.</p> <p>31. Пусть <math>\varphi(t, v)</math> – решение задачи Коши <math>x' = t + vx^2</math>, <math>x(0) = v - 1</math>. Найдите <math>(\partial/\partial v)\varphi(t, v) _{t=2, v=1}</math>.</p>
ОК-1; ОПК4; ПК-6	Владеть	Практические и семинарские занятия, СРС	<p>Ответы на занятиях, решение задач</p> <p>Отчет по практическим работам</p>	<p>1. Пусть правая часть <math>x' = f(t, x)</math> удовлетворяет условиям теоремы Коши-Пикара и <math>f(t, 0) \equiv 0</math>. Может ли нулевое решение этого уравнения быть устойчивым относительно начального момента <math>t_0</math> и не быть устойчивым относительно начального момента <math>t_1 \neq t_0</math>?</p> <p>2. Пусть правая часть <math>x' = f(t, x)</math> удовлетворяет условиям теоремы Коши-Пикара и <math>T</math>-периодична по <math>t</math>: <math>f(t+T, x) \equiv f(t, x)</math>. Пусть <math>G = g_0^T</math> – оператор сдвига за период. Докажите, что если <math>G</math> – сжимающий оператор (т. е. <math>\ G(x) - G(y)\  \leq k\ x - y\ </math> при некотором <math>k &lt; 1</math> и всех <math>x, y</math>), то любое решение этого уравнения асимптотически устойчиво в целом, а если <math>G</math> – нестягивающий оператор (т. е. <math>\ G(x) - G(y)\  \leq \ x - y\ </math> при всех <math>x, y</math>), то любое решение этого уравнения устойчиво по Ляпунову.</p> <p>3. Покажите, что если скалярное уравнение <math>x' = a(t)x</math> устойчиво и <math>a_1(t) \leq a(t)</math> при всех <math>t</math>, то уравнение <math>x' = a_1(t)x</math> также устойчиво.</p> <p>4. Докажите, что если <math>a &gt; 0</math> и <math>\int_0^{+\infty} b(s)ds &lt; \infty</math> (<math>b: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> – непрерывная функция), то все решения скалярного уравнения <math>x'' + [a + b(t)]x = 0</math> ограничены на <math>[0, +\infty)</math>.</p> <p>5. Докажите, что если на диагонали треугольной матрицы <math>A</math> стоят различные положительные числа, то соответствующая линейная автономная однородная система <math>x' = Ax</math> устойчива.</p> <p>6. Найдите какие-нибудь необходимые и достаточные условия, которым должна удовлетворять функция <math>a(t)</math>, чтобы скалярное уравнение <math>x' = a(t)x</math> было устойчивым (асимптотически устойчивым), функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>7. Докажите, что нулевое решение уравнения <math>x' = a(t)x</math> асимптотически устойчиво, если <math>\lim_{t \rightarrow +\infty} a(t)</math> (при <math>t \rightarrow +\infty</math>) <math>&lt; 0</math> и неустойчиво, если <math>\lim_{t \rightarrow +\infty} a(t)</math> (при <math>t \rightarrow +\infty</math>) <math>&gt; 0</math>, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>8. Приведите пример уравнения <math>x' = a(t)x</math>, в котором <math>a(t) &lt; 0</math> при всех <math>t</math>, а нулевое решение не является асимптотически устойчивым, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>9. Докажите, что уравнение <math>x' = a(t)x</math> неустойчиво, если <math>a(t)</math> строго положительна и периодична, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>10. Докажите, что уравнение <math>x' = a(t)x</math> асимптотически устойчиво, если <math>a(t)</math> – строго отрицательная периодическая функция, функция <math>a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}</math> непрерывна.</p> <p>11. Покажите, что если функция <math>f: J \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math> непрерывно дифференцируема по совокупности переменных <math>k</math> раз, то <math>g_0^k(x_0)</math> непрерывно дифференцируем по <math>t</math> <math>k+1</math> раз.</p> <p>12. Заменой переменных переведите параметр <math>a</math> из правой части уравнение в начальное значение: <math>x' = ax + 1</math>, <math>x(0) = 0</math>.</p> <p>13. Заменой переменных переведите параметр <math>a</math> из начального момента в правую часть уравнения: <math>x' = x + t</math>, <math>x(a+1) = 0</math>.</p> <p>14. Оцените разность <math> g_0'(0) - g_0'(0.001) </math>, где <math>g_0'</math> – оператор сдвига по траекториям уравнения <math>x' = t + \sin x</math>.</p> <p>15. Оцените разность <math>\ \varphi - \psi\ _{C[0,1]}</math>, где <math>\varphi</math> и <math>\psi</math> – решения уравнения <math>x' = t^2 + e^{-x}</math>, отвечающие начальным условиям <math>x(0) = 0</math> и <math>x(0) = 0.001</math>, соответственно.</p> <p>16. Пусть <math>\varphi</math> и <math>\psi</math> – решения уравнений <math>x'' + \sin x = 0</math> и <math>x'' + x = 0</math> соответственно, удовлетворяющие начальным условиям <math>x(0) = 0</math>, <math>x'(0) = 0.1</math>. Оцените <math>\ \varphi - \psi\ _{C[0,2]}</math>.</p> <p>17. Пусть <math>\varphi(t, v)</math> – решение задачи Коши <math>x' = x + v(t + x^2)</math>, <math>x(0) = 1</math>. Найдите <math>(\partial/\partial v)\varphi(t, v) _{t=1, v=0}</math>.</p> <p>18. Пусть <math>(\varphi(t, v), \psi(t, v))</math> – решение задачи Коши <math>x'_1 = vx_2^2</math>, <math>x'_2 = 1 + vx_1</math>, <math>x_1(0) = 0</math>, <math>x_2(0) = 0</math>. Найдите <math>(\partial/\partial v)\varphi(t, v) _{t=2, v=1}</math> и <math>(\partial/\partial v)\psi(t, v) _{t=2, v=1}</math>.</p> <p>19. Пусть функция <math>f: J \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math> удовлетворяет условиям теоремы Коши-Пикара, а уравнение <math>x' = f(t, x)</math> имеет решения <math>\varphi_1</math> и <math>\varphi_2</math>, удовлетворяющие неравенствам <math>\varphi_1(1) \geq \varphi_1(0) \geq \varphi_2(0) \geq \varphi_2(1)</math>. Докажите, что это уравнение имеет решение <math>\varphi</math> такое, что <math>\varphi(0) = \varphi(1)</math>.</p> <p>20. Пусть правая часть скалярного уравнения <math>x'' = f(t, x, x')</math> непрерывна на <math>\mathbf{R}^3</math> и удовле-</p>

Коды компетенции	Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания	Этапы формирования (указать конкретные виды занятий, работ)	Оценочные средства	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
				<p>творяет условию Липшица по <math>x</math> и <math>x'</math>. Докажите, что при достаточно малых <math>T &gt; 0</math> это уравнение имеет решение, удовлетворяющее условиям <math>x(0) = x(T) = 0</math>.</p> <p>21. Пусть <math>g_0'(x_0, \mu)</math> – оператор сдвига за время от нуля до <math>t</math> по траекториям уравнения Ван дер Поля <math>x'' + \mu x'(x^2 - 1) + x = 0</math>. Найдите <math>(\partial/\partial \mu)g_0'(x_0, \mu) _{\mu=0, x_0=0}</math>.</p> <p>22. Вычислите <math>(\partial/\partial x_0)g_0'(x_0) _{x_0=0}</math> для системы <math>x_1' = x_1(1 + x_2)</math>, <math>x_2' = x_2(1 + x_1)</math>.</p> <p>23. С помощью критерия Гурвица исследовать устойчивость систем управления, которые описываются следующими дифференциальными уравнениями (<math>y</math> – выход, <math>u</math> – вход):</p> $\frac{d^4 y}{dt^4} + 3 \frac{d^3 y}{dt^3} + 3 \frac{d^2 y}{dt^2} + 3 \frac{dy}{dt} + 2y = \frac{du}{dt} + 3u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 3 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 5 \frac{dy}{dt} + 2y = 2 \frac{du}{dt} + u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 4 \frac{dy}{dt} + 4y = 3 \frac{du}{dt} + u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 7 \frac{d^2 y}{dt^2} + 8 \frac{dy}{dt} + 4y = 3u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 6 \frac{dy}{dt} + 4y = 5 \frac{du}{dt} + 3u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 9 \frac{dy}{dt} + 7y = 2 \frac{du}{dt} + 5u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + 8 \frac{dy}{dt} + 8y = 3u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + 11 \frac{dy}{dt} + 14y = 6 \frac{du}{dt} + 3u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 4 \frac{dy}{dt} + 3y = 5 \frac{du}{dt} + 3u$ $\frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 6 \frac{d^2 y}{dt^2} + 12 \frac{dy}{dt} + 10y = 7u$ <p>24. С помощью критерия Михайлова исследовать устойчивость замкнутой системы управления, у которой передаточная функция в разомкнутом состоянии имеет вид:</p> $\frac{s + 1}{s^3 + 2s^2 + s + 1}$ $\frac{s^3 + 2s^2 + s + 1}{s + 4}$ $\frac{s^3 + 2s^2 + s + 1}{s + 1}$ $\frac{s^3 + 3s^2 + s}{s + 2}$ $\frac{s^3 + 0,5s^2 + s + 1}{s + 3}$ $\frac{s^3 + 6s^2 + 3s + 2}{s + 3}$ $\frac{s^3 + 2s^2 + 3s}{s + 10}$ $\frac{s^3 + 3s^2 + 2s}{s + 5}$ $\frac{s^3 + 2s^2 + s}{s + 5}$ $\frac{s^3 + 2s^2 + 3s}{s + 5}$

Текущий контроль осуществляется на каждом практическом занятии в ходе обсуждения проблематики темы, анализа индивидуальных и групповых заданий студентов, выполнения расчётных работ и отчётов по ним. Контрольные вопросы для подготовки и тестовые задания для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации, итоговой аттестации, а

также задания для самостоятельной работы студента по отдельным разделам дисциплины приведены в полном объеме в «Методических указаниях по изучению дисциплины», кроме того, представлены на ресурсах электронной информационно-образовательной среды по адресу <http://edu.rgazu.ru>. Для текущего контроля успеваемости студентов также используются:

а) отчёт по самостоятельной работе студента в межсессионный период, который включает:

1. Письменные ответы на контрольные вопросы по каждой теме, приведённые в «Методических указаниях по изучению дисциплины». Краткий конспект представляется студентом для проверки на лабораторно-экзаменационной сессии.

2. Выполненные в письменном виде задания для самостоятельной работы (упражнения и задачи) по каждой теме дисциплины, приведённые в «Методических указаниях по изучению дисциплины».

б) отчёт по аудиторной работе студента:

В письменной форме предоставляются конспект лекций, решение задач на занятиях и/или вебинарах, выполненные домашние задания, а также оформленные отчёты по пройденным практическим работам.

Итоговая оценка по дисциплине формируется исходя из набранных студентом баллов в течение всего курса обучения, включая работу в межсессионный период.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Система оценивания результатов обучения студентов в университете подразумевает проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в соответствии с утвержденными в установленном порядке учебными планами по направлениям подготовки.

Для текущего контроля знаний и промежуточной аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующих основных профессиональных образовательных программ создаются фонды оценочных средств, позволяющие оценить знания, умения и освоенные компетенции.

Текущий контроль знаний и умений студентов предусматривает систематическую проверку качества полученных студентами знаний, умений и навыков по всем изучаемым дисциплинам (модулям).

Формы текущего контроля знаний в межсессионный период:

- модульно-рейтинговая система с использованием тестовых инструментов информационной образовательной среды (на платформе электронной информационной образовательной платформы (ЭИОС));

- тесты по модулям;

- тест по практическим работам;

- проверка конспекта;

- проверка выполнения заданий для самостоятельной работы.

Формы текущего контроля знаний на учебных занятиях:

- сообщение, доклад, эссе, реферат;

- опрос на лекции;

- отчет и тест по практическим работам;

- проверка выполнения заданий для домашней работы;

- устный ответ на практическом занятии, семинаре;

- устный, письменный опрос (индивидуальный, фронтальный);

- итоговое тестирование.

Помимо перечисленных форм, могут быть установлены другие формы текущего контроля знаний студентов. Перечень форм текущего контроля знаний, порядок их проведения, используемые инструменты и технологии, критерии оценивания отдельных форм текущего контроля знаний устанавливаются преподавателем, ведущим дисциплину (модуль), и фиксируются в рабочей программе дисциплины (модуля).

В рамках балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов, действующей в университете, по результатам текущего контроля знаний студент должен набрать не менее 35 баллов и не более 60 баллов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины (модуля), а также для оценивания эффективности организации учебного процесса.

Формы промежуточной аттестации:

- зачёт.

Зачёт проводится в форме тестирования, в том числе и компьютерного, устного и письменного опроса, по тестам или билетам, в соответствии с программой учебной дисциплины (модуля).

Рекомендуемые формы проведения зачёта:

- устный зачёт по билетам;

- письменный зачёт по вопросам, тестам;

- компьютерное тестирование.

В рамках балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов результаты зачёта оцениваются в 20-40 баллов.

Максимальный рейтинговый показатель по дисциплине (модулю), который может быть достигнут студентом, равен 100 баллам, который состоит из рейтингового показателя полученного по итогам текущего контроля знаний (максимум - 60 баллов) и рейтингового показателя полученного на зачёте (максимум - 40 баллов).

Вид контроля	Виды занятий	Перечень компетенций	Оценочные средства	Объем баллов	
				мин.	макс.
Текущий контроль, от 35 до 60 баллов	Лекционные занятия	ОК-1 ОПК-4 ПК-6	Опрос на лекции, проверка конспекта, решение задач	0	5
	Лабораторные занятия	-	-	-	-
	Практические и семинарские занятия	ОК-1 ОПК-4 ПК-6	Отчет по практическим работам, решение типовых задач	15	25
	Самостоятельная работа студентов	ОК-1 ОПК-4 ПК-6	-	-	-
Тесты по модулям на ЭИОС, решение задач, задания для самостоятельной и домашней работы			20	30	
Промежуточная аттестация, от 20 до 40 баллов	Зачет	ОК-1 ОПК-4 ПК-6	Билеты для проведения зачёта, итоговый тест на ЭИОС	20	40
<b>Итого:</b>				<b>55</b>	<b>100</b>

#### Шкала перевода итоговой оценки

Кол-во баллов за текущую успеваемость		Кол-во баллов за итоговый контроль (экзамен, зачет)		Итоговая сумма баллов	
Кол-во баллов	Оценка	Кол-во баллов	Оценка	Кол-во баллов	Оценка
55-60	отлично	35-40	отлично	90-100	отлично
45-54	хорошо	25-34	хорошо	70-89	хорошо
35-44	удовл.	20-24	удовл.	55-69	удовл.
25-34	неудовл.	10-19	неудовл.	54 и ниже	неудовл.

## Основные критерии при формировании оценок

1. Оценка «отлично» ставится обучающемуся, овладевшему элементами компетенции «знать», «уметь» и «владеть», проявившему всесторонние и глубокие знания программного материала, освоившему основную и дополнительную литературу, обнаружившему творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании усвоенных знаний.

2. Оценка «хорошо» ставится обучающемуся, овладевшему элементами компетенции «знать» и «уметь», проявившему полное знание программного материала, освоившему основную рекомендованную литературу, обнаружившему стабильный характер знаний и умений и способному к их самостоятельному применению и обновлению в ходе последующего обучения и практической деятельности.

3. Оценка «удовлетворительно» ставится обучающемуся, овладевшему элементами компетенции «знать», т.е. проявившему знания основного программного материала в объеме, необходимом для последующего обучения и предстоящей практической деятельности, знакомому с основной рекомендованной литературой, допустившему неточности в ответах (работах), но в основном обладающему необходимыми знаниями для их устранения при корректировке со стороны экзаменатора.

4. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся, не овладевшему ни одним из элементов компетенции, т.е. обнаружившему существенные пробелы в знании основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки при применении теоретических знаний, которые не позволяют ему продолжить обучение или приступить к практической деятельности без дополнительной подготовки.

5. Оценка «зачтено» соответствует критериям оценок от «отлично» до «удовлетворительно».

6. Оценка «не зачтено» соответствует критерию оценки «неудовлетворительно».

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 8.1. Основная учебная литература

1. Замалетдинова, Л.Я. Системы автоматического управления / Л.Я. Замалетдинова. – Казань: ФГБОУ ДПО ТИПКА, 2014. – 122 с. [-Текст](#) электронный// Электронно – библиотечная система «Agrilib»: сайт.-Балашиха, 2012.- URL: <http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/3610>. (дата обращения :29.06. 2019).- Режим доступа : для зарегистрир. пользователей.

2. Хрущев, Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. – Томск: ГОУ ВПО НИТПУ, 2010. – 168 с. . [-Текст](#) электронный// Электронно – библиотечная система «Agrilib»: сайт.-Балашиха, 2012.- URL: <http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/3610>. (дата обращения :29.06. 2019).- Режим доступа : для зарегистрир

### 8.2. Дополнительная учебная литература

3. Хрущев, Ю.В. Методы расчета устойчивости энергосистем / Ю.В. Хрущев. – Томск: ГОУ ВПО НИТПУ, 2005. – 176 с. [-Текст](#) электронный// Электронно – библиотечная система «Agrilib»: сайт.-Балашиха, 2012.- URL: <http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/3610>. (дата обращения :29.06. 2019).- Режим доступа : для зарегистрир

4. Бобцов, А.А. Адаптивное и робастное управление с компенсацией неопределенностей / А.А. Бобцов, А.А. Пыркин. – СПб.: СПНИУ ИТМО, 2013. – 135 с. [-Текст](#) электронный// Электронно – библиотечная система «Agrilib»: сайт.-Балашиха, 2012.- URL: <http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/3610>. (дата обращения :29.06. 2019).- Режим доступа : для зарегистрир

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

№ п/п	Наименование интернет ресурса, его краткая аннотация, характеристика	Адрес в сети интернет
1	2	3
1.	Электронно-библиотечная система (ЭБС) ФГБОУ ВО РГАЗУ «AgriLib», раздел: «Агроинженерия»	<a href="http://ebs.rgazu.ru/">http://ebs.rgazu.ru/</a>
2.	Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) ФГБОУ ВО РГАЗУ	<a href="http://edu.rgazu.ru/">http://edu.rgazu.ru/</a>
3.	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>
4.	Электронно-библиотечная система «eLIBRARY»	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
5.	ФГБНУ «Росинформагротех», документальная база данных "Инженерно-техническое обеспечение АПК"	<a href="http://www.rosinformagrotech.ru/databases/document">http://www.rosinformagrotech.ru/databases/document</a>
6.	Министерство энергетики Российской Федерации	<a href="http://minenergo.gov.ru/">http://minenergo.gov.ru/</a>
7.	Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов	<a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>
8.	Федеральный портал «Российское образование»	<a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a>
9.	Электричество. Фирма Знак	<a href="http://www.vib.ustu.ru/electr">http://www.vib.ustu.ru/electr</a>
10.	Промышленная энергетика. Энергопрогресс	<a href="http://www.promen.energy-journals.ru">http://www.promen.energy-journals.ru</a>
11.	Энергетика за рубежом. Энергоатомиздат	<a href="http://www.energetik.energy-journais.ru/">http://www.energetik.energy-journais.ru/</a>
12.	Академия Энергетики. Президент-Нева	<a href="http://www.energoacademy.ru">http://www.energoacademy.ru</a>
13.	Электрооборудование. Панорама	<a href="http://www.oborud.promtransizdat.ru/">http://www.oborud.promtransizdat.ru/</a>
14.	Энергетик. Энергопрогресс	<a href="http://www.energetik.energy-journais.ru/">http://www.energetik.energy-journais.ru/</a>
15.	Энергосбережение. АВОК ПРЕСС	<a href="http://www.abok.ru">http://www.abok.ru</a>
16.	Энерго-Info. РуМедиа	<a href="http://www.energo-info.ru">www.energo-info.ru</a>
17.	Энергетика. Оборудование. Документация	<a href="http://forca.ru/knigi/arhivy/montazh-ekspluatatsiya-i-remont-selskhozaystvennogo-elektrooborudovaniya-28.html">http://forca.ru/knigi/arhivy/montazh-ekspluatatsiya-i-remont-selskhozaystvennogo-elektrooborudovaniya-28.html</a>
18.	Блог электромеханика	<a href="http://www.electroengineer.ru/2011/07/blog-post_08.html">http://www.electroengineer.ru/2011/07/blog-post_08.html</a>
19.	Научно-популярный проект	<a href="http://www.membrana.ru/">http://www.membrana.ru/</a>
20.	Новости из мира науки, технологий	<a href="https://nplus1.ru/">https://nplus1.ru/</a>
21.	Интеллектуальные конференции для распространения уникальных идей TED (Technology Entertainment Design)	<a href="http://www.ted.com/talks">http://www.ted.com/talks</a>
22.	Электроэнергетика в РФ и за рубежом	<a href="http://energo.polpred.com/">http://energo.polpred.com/</a>
Наименование и адреса учебных видеофильмов на видеоканале ФГБОУ ВО РГАЗУ		
23.	Цикл видеолекций по высшей математике	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=QqN0rL88ubg&amp;index=1&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=QqN0rL88ubg&amp;index=1&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>
24.	Видеолекции на темы «Производная функции», «Неопределенный интеграл», «Дифференциальные уравнения первого порядка»	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Zli5rTJ0JJO&amp;index=4&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=Zli5rTJ0JJO&amp;index=4&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>
25.	Понятие неопределённого интеграла и методы его вычисления	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=BTIPec1zul8&amp;index=13&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=BTIPec1zul8&amp;index=13&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>
26.	Лекция «Конструктивные особенности трансформатора», Мамедов Ф.А.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=9_URGsEsTg&amp;index=14&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=9_URGsEsTg&amp;index=14&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>
27.	Матрица	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=tZ_rMl6MOEI&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=47">https://www.youtube.com/watch?v=tZ_rMl6MOEI&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=47</a>
28.	Лекция «Конструктивные особенности трансформатора», Мамедов Ф.А.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=VNspxQ2-4k&amp;index=6&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=VNspxQ2-4k&amp;index=6&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>
29.	Специальные и нанoeлектротехнологии в АПК	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=CFyUby6UW90&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=36">https://www.youtube.com/watch?v=CFyUby6UW90&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=36</a>
30.	Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=BvgJcFeUezw&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=48">https://www.youtube.com/watch?v=BvgJcFeUezw&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=48</a>
31.	Moodle + Adobe Connect для преподавателя	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=kRtf8XoHKDw&amp;index=50&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=kRtf8XoHKDw&amp;index=50&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>



№ п/п	Наименование интернет ресурса, его краткая аннотация, характеристика	Адрес в сети интернет
28.	Наука как познавательная деятельность	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=AXxTtI7-Eg&amp;index=58&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=AXxTtI7-Eg&amp;index=58&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>

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

### 10.1. Методические указания для обучающихся

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Занятия лекционного типа	Написание конспекта лекций: кратко, схематично; последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические и семинарские занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Домашние / индивидуальные задания	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Самостоятельная работа	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, прохождение обучающих тестов, выполнение домашних заданий и заданий для самостоятельной работы, проработка необходимых вопросов по основной и дополнительной литературе и др.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

В своей работе по освоению дисциплины студент должен руководствоваться требованиями и рекомендациями, изложенными в «Основы теории устойчивости систем: методические указания по изучению дисциплины», а также «Основы теории устойчивости систем: методические указания по выполнению практических работ».

В силу специфики заочного обучения более 70 % времени, отводимого на освоение дисциплины, приходится на самостоятельную работу студента в межсессионный период.

Все виды самостоятельной работы увязываются с графиком изучения соответствующих разделов на аудиторных занятиях, завершаются обязательным контролем со стороны преподавателя, результаты которого учитываются при сдаче зачёта по дисциплине.

Подробно контрольные вопросы по дисциплине и рекомендации по организации самостоятельной работы изложены в методических указаниях по изучению дисциплины.

Рекомендуется последовательное изучение тем каждого модуля дисциплины, опираясь на количество часов для самостоятельной работы. Для освоения материала по дисциплине рекомендуется изучить информацию, выложенную на ресурсах электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), самостоятельно изучить каждый раздел и тему по приведённым в методических указаниях вопросам для самоконтроля (также см. таблицу, содержащую



модули и темы дисциплины), при этом рекомендуется использовать литературу, предлагаемую в библиографическом списке, допускается использовать альтернативные источники. Целесообразно вести краткий конспект изучаемого материала. Кроме того, необходимо выполнить задания для самостоятельной работы ко всем разделам, предлагаемые в методических указаниях, результаты выполнения которых учитываются в виде баллов при итоговой рейтинговой оценке знаний студента.

Аудиторная работа студента включает лекционный курс, практические занятия. Итоговый контроль проходит в виде тестирования и/или зачёта. К зачёту допускаются студенты, отработавшие материал практических занятий с преподавателем и сдавшие письменный отчёт по самостоятельной работе.

При необходимости консультации, пожалуйста, обращайтесь на кафедру электрооборудования и автоматики ФГБОУ ВО РГАЗУ по телефону 8-(495)-521-24-70, аудитория 411 инженерного корпуса или пишите на электронную почту [rgazu.eia@mail.ru](mailto:rgazu.eia@mail.ru). По вопросам наличия основной, дополнительной и современной альтернативной литературы, по возможности и правилам её использования обращайтесь в библиотеку ФГБОУ ВО РГАЗУ по телефону 8-(495)-521-49-21.

## **10.2. Методические рекомендации преподавателю**

В программе дисциплины предусмотрена работа, выполняемая студентами под непосредственным руководством преподавателя в аудитории или в лаборатории (контактная самостоятельная работа) и внеаудиторная самостоятельная работа при выполнении домашних заданий, рефератов, научно-исследовательской работы, проработки учебного материала с использованием учебников, учебных пособий, дополнительной методической литературы.

Формы организации самостоятельной работы студентов:

1. Самостоятельная работа студентов с обучающими программами в компьютерных классах. Обучающие программы ориентированы на проработку наиболее сложных разделов курса: новых разделов, не нашедших своевременного освещения в учебной литературе, на изучение методики постановки и решения задач по управлению качеством с определением числовых значений параметров.

2. Самостоятельная работа, ориентированная на подготовку к проведению семинаров, практических занятий, самостоятельной работы под руководством преподавателя.

3. Подготовка рефератов и докладов по отдельным вопросам, не нашедших надлежащего освещения при аудиторных занятиях. Темы рефератов выбираются студентом самостоятельно или рекомендуются преподавателем. Студентам даются указания о привлекаемой научной и учебной литературе по данной тематике.

4. Проведение самостоятельной работы в аудитории или лаборатории под непосредственным руководством преподавателя в форме разработки алгоритмов решения задач, прохождения тестов, выполнение экспериментов (лабораторных работ) и т.д.

5. Проведение бесед типа "круглого стола" с ограниченной группой студентов 4-5 человек для углубленной проработки, анализа и оценки разных вариантов решения конкретных задач проектирования и принятия решений в условиях многовариантных задач.

6. Проведение научных исследований под руководством преподавателя, завершается научным отчетом, докладом, рукописью статьи для публикации.

В своей деятельности преподаватель должен, прежде всего, руководствоваться требованиями федерального закона Российской Федерации об образовании, требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки и рабочим учебным планом по направлению подготовки, одобренным Учёным Советом ФГБОУ ВО РГАЗУ.

Для формирования необходимых знаний, умений и навыков следует применять различные технологии обучающей деятельности, включая как традиционные формы (лекции, практические и лабораторные занятия), так и интерактивные методы.

Изучение должно строиться на междисциплинарной интегративной основе. Обучение должно быть направлено на комплексное развитие когнитивной, информационной, социокультурной, профессиональной и общекультурной компетенций студентов.

Преподаватель должен учитывать следующие принципы при организации изучения дисциплины:

- принцип культурной и педагогической целесообразности основывается на тщательном отборе тематики курса, теоретического и практического материала, а также на типологии заданий и форм работы с учётом возраста, возможного контекста деятельности и потребностей студентов.

- принцип интегративности предполагает интеграцию знаний из различных предметных дисциплин, одновременное развитие как собственно теоретических, так и профессионально-практических, информационных и академических умений.

- принцип нелинейности предполагает не последовательное, а одновременное использование различных источников получения информации, ротацию ранее изученной информации в различных разделах курса для решения новых задач.

- принцип автономии студентов реализуется открытостью информации для студентов о структуре курса, требованиях к выполнению заданий, содержании контроля и критериях оценивания разных видов работы, а также о возможностях использования системы дополнительного образования для корректировки индивидуальной траектории учебного развития. Организация аудиторной и самостоятельной работы обеспечивают высокий уровень личной ответственности студента за результаты учебного труда, одновременно обеспечивая возможность самостоятельного выбора последовательности и глубины изучения материала, соблюдения сроков отчётности и т.д. Особую роль в повышении уровня учебной автономии призвано сыграть использование балльно-рейтинговой системы контроля.

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

№	Название программного обеспечения	№ лицензии	Количество, назначение
<b>Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)</b>			
1.	Adobe Connect v.8 (для организации вебинаров при проведении учебного процесса с использованием элементов дистанционных образовательных технологий)	8643646	Авторизованный доступ обучающихся и сотрудников РГАЗУ. Используется при проведении лекционных и других занятий в режиме вебинара
2.	Электронно-библиотечная система AgriLib	Зарегистрирована как средство массовой информации "Образовательный интернет-портал Российского государственного аграрного заочного университета". Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77 - 51402 от 19 октября 2012 г. Свидетельство о регистрации базы данных № 2014620472 от 21 марта 2014г.	Обучающиеся, сотрудники РГАЗУ и партнеров База учебно-методических ресурсов РГАЗУ и вузов-партнеров
3.	Электронная информационно-образовательная среда Moodle, доступна в сети интернет по адресу <a href="http://www.edu.rgazu.ru">www.edu.rgazu.ru</a> .	ПО свободно распространяемое, Свидетельство о регистрации базы данных №2014620796 от 30 мая 2015 года «Система дистанционного обучения ФГБОУ ВПО РГАЗУ»	Авторизованный доступ обучающихся и сотрудников РГАЗУ База учебно-методических ресурсов (ЭУМК) по дисциплинам

№	Название программного обеспечения	№ лицензии	Количество, назначение
4.	Система электронного документооборота «GS-Ведомости»	Договор №Гс19-623 от 30 июня 2016	Обучающиеся и сотрудники РГАЗУ 122 лицензии Веб-интерфейс без ограничений
5.	Видеоканал РГАЗУ <a href="http://www.youtube.com/rgazu">http://www.youtube.com/rgazu</a>	Открытый ресурс	Без ограничений
<b>Базовое программное обеспечение</b>			
6.	Неисключительные права на использование ПО Microsoft Imagine Premium Renewed Subscription (3 year) (для учащихся, преподавателей и лабораторий) СОСТАВ: Операционные системы: Windows; Средства для разработки и проектирования: Visual Studio Community (для учащихся и преподавателей) Visual Studio Professional (для лабораторий) Visual Studio Enterprise (для учащихся, преподавателей и лабораторий) Windows Embedded Приложения (Visio, Project, OneNote) Office 365 для образования	<b>Your Imagine Academy membership ID and program key</b> Institution name: FSBEI HE RGAZU Membership ID: 5300003313 Program key: 04e7c2a1-47fb-4d38-8ce8-3c0b8c94c1cb	без ограничений На 3 года по 2020 С26.06.17 по 26.06.20
7.	Dr. WEB Desktop Security Suite	<b>Сублицензионный договор №1872 от 31.10.2018 г.</b> Лицензия: Dr. Web Enterprise Security Suite: 300 ПК (AB+ЦУ), 8 ФС (AB+ЦУ) 12 месяцев продление (образ./мед.) [LBW-AC-12M-300-B1, LBS-AC-12M-8-B1]	300
8.	7-Zip	Свободно распространяемая	Без ограничений
9.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемая	Без ограничений
10.	Adobe Acrobat Reader	Свободно распространяемая	Без ограничений
11.	Opera	Свободно распространяемая	Без ограничений
12.	Google Chrome	Свободно распространяемая	Без ограничений
13.	Учебная версия Tflex	Свободно распространяемая	Без ограничений
14.	Thunderbird	Свободно распространяемая	Без ограничений
<b>Специализированное программное обеспечение</b>			
15.	Неисключительные права на использование ПО Microsoft Imagine Premium Renewed Subscription (3 year) (для учащихся, преподавателей и лабораторий) СОСТАВ: Операционные системы: Windows; Средства для разработки и проектирования: Visual Studio Community (для учащихся и преподавателей) Visual Studio Professional (для лабораторий) Visual Studio Enterprise (для учащихся, преподавателей и лабораторий) Windows Embedded Приложения (Visio, Project, OneNote) Office 365 для образования	<b>Your Imagine Academy membership ID and program key</b> Institution name: FSBEI HE RGAZU Membership ID: 5300003313 Program key: 04e7c2a1-47fb-4d38-8ce8-3c0b8c94c1cb	без ограничений На 3 года по 2020 С26.06.17 по 26.06.20
16.	Adobe Design Standart (320 – компьютерный класс)	8613196	10
17.	AnyLogic (факультет ЭиОВР)	2746-0273-9218-4915	Без ограничений
18.	Учебная версия КОМПАС 3D	Свободно распространяемая	Без ограничений
19.	Консультант Плюс	Интернет версия	Без ограничений

№	Название программного обеспечения	№ лицензии	Количество, назначение
20.	Система OrCAD PSpice Designer Lite для моделирования аналоговых и смешанных электрических цепей	Свободно распространяемая	Без ограничений
21.	National Instruments Multisim - программный пакет, позволяющий моделировать электронные схемы и разводить печатные платы	Интернет версия: <a href="https://beta.multisim.com/get-started/">https://beta.multisim.com/get-started/</a>	Без ограничений

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

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются компьютерные классы, специализированные аудитории и фонд библиотеки.

В специализированных лабораториях размещены лабораторные стенды, содержащие амперметры, вольтметры, ваттметры и необходимую элементную базу, а также приборы, устройства, приспособления, наглядные пособия, необходимые для проведения занятий по дисциплине.

Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями основной учебной литературы по всем дисциплинам направления подготовки из расчета не менее 50 экземпляров таких изданий на 100 обучающихся.

Фонд дополнительной литературы включает официальные, справочно-библиографические и специализированные периодические издания в расчете не менее 25 экземпляров на 100 обучающихся.

Электронно-библиотечная система обеспечивает возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет.

### 12.1. Перечень специальных помещений, представляющие собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского, практического типа, лабораторных работ, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы

#### Учебные аудитории для занятий лекционного типа

Номер аудитории	Наименование оборудования	Модель оборудования	Количество
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1)			
201	Проектор	BENQ MP61SP	1
	Экран на стойке рулонный	CONSUL DRAPER	1
203	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
401	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1
501	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1
514	Проектор	NEC V260X	1
	Интерактивная доска	Smart Board SB685	1

### Учебные аудитории для занятий практического (семинарского) типа

Номер аудитории	Наименование оборудования	Модель оборудования	Количество
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1)			
508 Лаборатория автоматизации технологических процессов АПК	Персональный компьютер	На базе процессора Intel Core i5	10
	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран переносной на треноге	Da-Lite Picture King 127x	1
	Столик передвижной проекционный	Projecta PT-1	1
	Лабораторный стенд «АСКУЭ промышленного потребителя на базе ИСС «Энергомера»	ЭНЕРГОМЕРА	1
	Лабораторный стенд «АСКУЭ коммунального потребителя на базе ИСС «Энергомера»	ЭНЕРГОМЕРА	1
	Комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства»	ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	1
510 Лаборатория монтажа и эксплуатации электрооборудования	Лабораторный стенд «Исследование систем автоматизации»		2
	Лабораторный стенд «Исследование аппаратуры защиты»		1
	Электродвигатель	АО-31	4
514 Интерактивная лаборатория автоматизации и электротехнологий	Проектор	NEC V260X	1
	Интерактивная доска	Smart Board SB685	1
	Комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства»	ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	1

### Учебные аудитории для самостоятельной работы

Номер аудитории	Название оборудования	Марка	Количество, шт.
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1)			
№ 320 (инж. к.)	Персональный компьютер	ASUSP5KPL-CM/2048 RAM/DDR2/Intel Core 2Duo E7500, 2,9 MHz/AtiRadeon HD 4350 512 Mb/HDD 250/Win7-32/MSOffice 2010/Acer V203H	11

Номер аудитории	Название оборудования	Марка	Количество, шт.
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1)			
Чит. зал библиотеки (уч. адм. к.)	Персональный компьютер	ПК на базе процессора AMD Ryzen 7 2700X, Кол-во ядер: 8; Дисплей 24", разрешение 1920 x 1080; Оперативная память: 32Гб DDR4; Жесткий диск: 2 Тб; Видео: GeForce GTX 1050, тип видеопамати GDDR5, объем видеопамати 2Гб; Звуковая карта: 7.1; Привод: DVD-RW интерфейс SATA; Акустическая система 2.0, мощность не менее 2 Вт; ОС: Windows 10 64 бит, MS Office 2016 - пакет офисных приложений компании Microsoft; мышка+клавиатура	11

**Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**

Номер аудитории	Наименование оборудования	Модель оборудования	Количество
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1)			
508	Персональный компьютер	Intel Core i5-2310; 2,9MHz/4GB DDR3/500HDD/ASROCK H61M-GS/Beng GL 951A 19"/Win7-64/ Office 2010	10
	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран переносной на треноге	Da-Lite Picture King 127x	1
	Столик передвижной проекционный	Projecta PT-1	1
	Лабораторный стенд «АСКУЭ промышленного потребителя на базе ИСС «Энергомера»	ЭНЕРГОМЕРА	1
	Лабораторный стенд «АСКУЭ коммунального потребителя на базе ИСС «Энергомера»	ЭНЕРГОМЕРА	1
	Комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства»	ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	1
514	Проектор	NEC V260X	1
	Интерактивная доска	Smart Board SB685	1
	Комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства»	ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	1
501	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1
401	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1

**Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования**

Номер аудитории	Наименование оборудования	Модель оборудования	Количество, шт.
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1)			
415	Паяльник	ЭПСН 80Вт/220В	1
	Набор отверток	STANDARD STAYER 25078-H6	1

Номер аудитории	Наименование оборудования	Модель оборудования	Количество, шт.
	Молоток слесарный	KMH 200W Kolner кн200вкмх	1
	Плоскогубцы	STAYER STANDARD 2205-1-16	1
	Слесарные тиски	STURM 1075-01-100	1
	Мультиметр	CEM DT-101 481608	1

**Перечень технических средств для обучения, установленных в аудиториях (стационарно)**

Номер аудитории	Наименование оборудования	Модель оборудования	Количество, шт
Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) 143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1			
201	Проектор	BENQ MP61SP	1
	Экран на стойке рулонный	CONSUL DRAPER	1
203	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
401	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1
501	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1
514	Проектор	NEC V260X	1
	Интерактивная доска	Smart Board SB685	1
Актовый зал	Проектор	SANYO PLC-XM100L	1
	Экран настенный	SimSCREEN	1
Учебно-административный корпус (143907, Московская область, г. Балашиха, ш. Энтузиастов, Д-50)			
129	Проектор	EPSON EB-1880	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
135	Проектор	EPSON EB-1880	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
335	Проектор	EPSON EB-1880	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
341	Проектор	EPSON EB-1880	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
125	Проектор	SANYO PLC-XV	1
	Экран настенный рулонный	SimSCREEN	1
222	Проектор	NEC V260X	1
	Интерактивная доска	Smart Board SB685	1
246	Проектор	NEC V260X	1
	Интерактивная доска	Smart Board SB685	1
305	Проектор	SANYO PLC-XW250	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
338	Проектор	Acer x1130p	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
439	Проектор	Acer x1130p	1
	Экран настенный моторизированный	SimSCREEN	1
442	Проектор	Acer P7270i	1
	Экран настенный рулонный	PROJECTA	1
Зал заседаний ученого	Проектор	Acer x1130p	1
	Проектор	EPSON EB-1880	1
	Экран настенный	SimSCREEN	1

<b>Номер аудитории</b>	<b>Наименование оборудования</b>	<b>Модель оборудования</b>	<b>Коли- чество, шт</b>
совета			



Модули (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование модуля (раздела) дисциплины	Лекции, час.	Прак. зан., час.	Сам. раб. студ., час.	Всего, час.
1	2	3	4	5	6
1.	<b>Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>36</b>
	Тема 1.1. Основные понятия теории устойчивости	1	-	5	6
	Тема 1.2. Критерии устойчивости линейных систем	1	4	25	30
2.	<b>Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>36</b>
	Тема 2.1. Методы определения устойчивости и теоремы Ляпунова А.М.	1	3	14	18
	Тема 2.2. Точность и показатели качества систем управления	1	3	14	18
<b>Всего:</b>		<b>4</b>	<b>10</b>	<b>58</b>	<b>72</b>