

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев Михаил Геннадьевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 27.06.2025 20:38:56

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96433fb0e902bfb0

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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

# **ОСНОВЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ**

Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Профиль «Эксплуатация и ремонт агротехнических систем»

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 «09» 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, профиль «Эксплуатация и ремонт агротехнических систем».

## 1. Цель и задачи дисциплины

Цель – теоретическая и практическая подготовка студентов магистратуры в области агроинженерии; сформировать 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 технологическим типом задач профессиональной деятельности, на который ориентирована программа магистратуры, решает следующие задачи профессиональной деятельности:

- обеспечение эффективного использования и надежной работы сложных технических систем при производстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции;
- разработка технических заданий на проектирование и изготовление нестандартных средств механизации, электрификации, автоматизации и средств технологического оснащения.

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

### 2.1. Профессиональные компетенции

Задача профессиональной деятельности	Код и наименование профессиональной компетенции. Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) (код и наименование индикатора достижения компетенций*)
Обеспечение эффективного использования и надежной работы сложных технических систем при производстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции;	<b>ПК-2</b> – Способен обеспечить эффективное использование и надежную работу сложных технических систем при производстве сельскохозяйственной продукции;	ПК-2.1. Анализирует устойчивость сложных систем механизации; ПК-2.2. Анализирует устойчивость и качество систем автоматического управления сложными техническими системами при производстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции;
Разработка технических заданий на проектирование и изготовление нестандартных средств механизации, электрификации, автоматизации и средств технологического оснащения.	<b>ПК-3</b> – Способен разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных средств механизации сельскохозяйственного производства.	ПК-3.1. Разрабатывает математическое обоснование при проектировании и оптимизации средств механизации.

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование у выпускника следующих компетенций: общепрофессиональных и профессиональных (ОПК; ПК). Профессиональные компетенции формируются на основе профессиональных стандартов. В данном пункте компетенции указываются в соответствии с ФГОС ВО и ПООП. Компетенции, приведенные во ФГОС ВО, являются **обязательными**.

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательных отношений 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 ма-

гистратуры: «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», «Автоматические системы управления в электроэнергетике и агропромышленном комплексе», «Математические модели и методы при расчётах на электронных вычислительных машинах». В свою очередь, освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для дисциплины «Современная аппаратура управления и защиты электрооборудования, методики ее выбора», «Современные технические средства автоматизации технологических процессов», «Микропроцессорные системы контроля и управления», «Управление качеством технического обслуживания и ремонта машин», а также прохождения производственной практики.

### 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	Автоматические системы управления в электроэнергетике и агропромышленном комплексе	+	+
6	Математические модели и методы при расчётах на электронных вычислительных машинах	+	+
7	Логика и методология науки	+	+
8	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 со сроком 5 лет

№ п/п	Вид учебной работы	Всего, академ. 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) зач. ед.</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
		<b>2</b>	<b>2</b>

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

№ п/п	Наименование темы	Всего академ. часов	Лекции	Практические, семинарские занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>Модуль 1. «Устойчивость линейных систем»</b>						
Тема 1.1.	Основные понятия теории устойчивости	6	1	-	-	5
Тема 1.2.	Критерии устойчивости линейных систем	30	1	4	-	25
<b>Модуль 2. «Устойчивость нелинейных систем»</b>						
Тема 2.1	Методы определения устойчивости и теоремы Ляпунова А.М.	18	1	3	-	14
Тема 2.2	Точность и показатели качества систем управления	18	1	3	-	14
<b>Всего:</b>		<b>72</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>58</b>

**6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Основы теории устойчивости систем»**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (ПРО) соотношенные с индикаторами достижения компетенций	Наименование оценочных средств	Вид и форма контроля ПРО. Текущий контроль (опрос; собеседование; рецензия; выступление с докладом и тд.)	Вид и форма аттестации компетенции на основе ее индикаторов. Промежуточная аттестация (экзамен; зачет; защита курсовой работы (проекта); защита отчета по практике; защита отчета по НИР и др.)
<b>ПК-2</b> – Способен обеспечить эффективное использование и надежную работу сложных технических систем при производстве	ПК-2.1. Анализирует устойчивость сложных систем механизации; ПК-2.2. Анализирует устойчивость и качество систем автоматического управления сложными техническими системами при производстве, хранении и переработке сельскохозяй-	<b>знать</b> методы математического анализа и описания электрических схем, элементов систем управления и систем управления в целом, методы математического синтеза систем управления с опорой на определённые критерии устойчивости систем управления и необходимую точность управления; методы математического анализа устойчивости линейных, линеаризованных и нелинейных систем, методы математического описания элементов систем управления и систем управления в целом; ме-	Задача (практическое задание), собеседование, тест, разноуровневые задачи и задания	Отчет и тест по практическим работам, проверка выполнения заданий для самостоятельной и домашней работы, проверка конспекта, тесты по модулям, опрос на практическом занятии, устный ответ на практическом занятии, семинаре, собеседование на практическом занятии, решение тестов раз-	Зачёт, итоговое тестирование

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (ПРО) соотношенные с индикаторами достижения компетенций	Наименование оценочных средств	Вид и форма контроля ПРО. Текущий контроль (опрос; собеседование; рецензия; выступление с докладом и тд.)	Вид и форма аттестации компетенции на основе ее индикаторов. Промежуточная аттестация (экзамен; зачет; защита курсовой работы (проекта); защита отчета по практике; защита отчета по НИР и др.)
водстве сельскохозяйственной продукции.	зайственной продукции;	тоды функций Ляпунова; методы исследования устойчивости или неустойчивости движения; математический анализ результатов устойчивости в линейных и нелинейных системах; методы расчёта показателей качества и точности систем автоматического управления; методы оптимизации и настройки систем автоматического управления; методы построения и чтения структурных, функциональных и блок-схем систем управления и их элементов; современные методы синтеза и оптимизации систем автоматического управления; современные методы анализа точности и качества систем управления; 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; <b>уметь</b> выполнять расчётно-аналитические работы; формулировать выводы по работам, касающихся анализа и синтеза систем управления; вносить рекомендации по оптимизации и достижению необходимого качества систем управления; исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости систе-		личной сложности в ЭИОС	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (ПРО) соотношенные с индикаторами достижения компетенций	Наименование оценочных средств	Вид и форма контроля ПРО. Текущий контроль (опрос; собеседование; рецензия; выступление с докладом и тд.)	Вид и форма аттестации компетенции на основе ее индикаторов. Промежуточная аттестация (экзамен; зачет; защита курсовой работы (проекта); защита отчета по практике; защита отчета по НИР и др.)
		мы; 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;			
ПК-3 – Способен разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных средств	ПК-3.1. Разрабатывает математическое обоснование при проектировании и оптимизации средств механизации.	знать 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; методы математического описания систем управления и их элементов; методы исследования устойчивости систем; методы оценки качества систем автома-	Задача (практическое задание), собеседование, тест, разноуровневые задачи и задания	Отчет и тест по практическим работам, проверка выполнения заданий для самостоятельной и домашней работы, проверка конспекта, тесты по модулям, опрос на практическом занятии, устный ответ на практическом занятии, семинаре, собеседование на практическом занятии, решение тестов раз-	Зачёт, итоговое тестирование

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (ПРО) соотношенные с индикаторами достижения компетенций	Наименование оценочных средств	Вид и форма контроля ПРО. Текущий контроль (опрос; собеседование; рецензия; выступление с докладом и тд.)	Вид и форма аттестации компетенции на основе ее индикаторов. Промежуточная аттестация (экзамен; зачет; защита курсовой работы (проекта); защита отчета по практике; защита отчета по НИР и др.)
в механизации сельскохозяйственного производства.		тического управления; методы проведения оптимизации систем автоматического управления; способы использования моделей систем и их элементов при синтезе систем автоматического управления; <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.		личной сложности в ЭИОС	

## 6.2. Краткая характеристика оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Задача (практическое задание)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.	Комплект задач и заданий
2	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины, представленные в привязке к компетенциям, предусмотренным РПД
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяю-	Фонд тестовых за-



№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
		щая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	даний
4	Разноуровневые задачи и задания	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;	Комплект разноуровневых задач и заданий

### 6.3. Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

#### Оценки сформированности компетенций при сдаче зачета

Критерии сформированности компетенции	Оценки сформированности компетенций			
	неудовлетворительно не зачтено	удовлетворительно зачтено	хорошо зачтено	отлично зачтено
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.

Критерии сформированности компетенции	Оценки сформированности компетенций			
	неудовлетворительно не зачтено	удовлетворительно зачтено	хорошо зачтено	отлично зачтено
		практических задач.		
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

#### 6.4. Типовые контрольные задания или иные оценочные материалы, для оценки сформированности компетенций, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

##### 6.4.1. Задача (практическое задание)

1. Пусть правая часть  $x' = f(t, x)$  удовлетворяет условиям теоремы Коши-Пикара и  $f(t, 0) \equiv 0$ . Может ли нулевое решение этого уравнения быть устойчивым относительно начального момента  $t_0$  и не быть устойчивым относительно начального момента  $t_1 \neq t_0$ ?
2. Пусть правая часть  $x' = f(t, x)$  удовлетворяет условиям теоремы Коши-Пикара и  $T$ -периодична по  $t$ :  $f(t + T, x) \equiv f(t, x)$ . Пусть  $G = g_0^T$  – оператор сдвига за период. Докажите, что если  $G$  – сжимающий оператор (т. е.  $\|G(x) - G(y)\| \leq k\|x - y\|$  при некотором  $k < 1$  и всех  $x, y$ ), то любое решение этого уравнения асимптотически устойчиво в целом, а если  $G$  – растягивающий оператор (т. е.  $\|G(x) - G(y)\| \leq \|x - y\|$  при всех  $x, y$ ), то любое решение этого уравнения устойчиво по Ляпунову.
3. Покажите, что если скалярное уравнение  $x' = a(t)x$  устойчиво и  $a_1(t) \leq a(t)$  при всех  $t$ , то уравнение  $x' = a_1(t)x$  также устойчиво.
4. Докажите, что если  $a > 0$  и  $\int_0^{+\infty} |b(s)| ds < \infty$  ( $b: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  – непрерывная функция), то все решения скалярного уравнения  $x'' + [a + b(t)]x = 0$  ограничены на  $[0, +\infty)$ .
5. Докажите, что если на диагонали треугольной матрицы  $A$  стоят различные неположительные числа, то соответствующая линейная автономная однородная система  $x' = Ax$  устойчива.
6. Найдите какие-нибудь необходимые и достаточные условия, которым должна удовлетворять функция  $a(t)$ , чтобы скалярное уравнение  $x' = a(t)x$  было устойчивым (асимптотически устойчивым), функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
7. Докажите, что нулевое решение уравнения  $x' = a(t)x$  асимптотически устойчиво, если  $\lim_{t \rightarrow +\infty} a(t)$  (при  $t \rightarrow +\infty$ )  $< 0$  и неустойчиво, если  $\lim_{t \rightarrow +\infty} a(t)$  (при  $t \rightarrow +\infty$ )  $> 0$ , функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
8. Приведите пример уравнения  $x' = a(t)x$ , в котором  $a(t) < 0$  при всех  $t$ , а нулевое решение не является асимптотически устойчивым, функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
9. Докажите, что уравнение  $x' = a(t)x$  неустойчиво, если  $a(t)$  строго положительна и периодична, функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
10. Докажите, что уравнение  $x' = a(t)x$  асимптотически устойчиво, если  $a(t)$  – строго отрицательная периодическая функция, функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
11. Покажите, что если функция  $f: J \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$  непрерывно дифференцируема по совокупности переменных  $k$  раз, то  $g_{t_0}^t(x_0)$  непрерывно дифференцируемо по  $t$   $k+1$  раз.
12. Заменой переменных переведите параметр  $a$  из правой части уравнение в начальное значение:  $x' = ax + 1, x(0) = 0$ .
13. Заменой переменных переведите параметр  $a$  из начального момента в правую часть уравнения:  $x' = x + t, x(a + 1) = 0$ .
14. Оцените разность  $|g_0^1(0) - g_0^1(0.001)|$ , где  $g_0^t$  – оператор сдвига по траекториям уравнения  $x' = t + \sin x$ .

15. Оцените разность  $\|\varphi - \psi\|_{C[0,1]}$ , где  $\varphi$  и  $\psi$  – решения уравнения  $x' = t^2 + e^{-x}$ , отвечающие начальным условиям  $x(0) = 0$  и  $x(0) = 0.001$ , соответственно.
16. Пусть  $\varphi$  и  $\psi$  – решения уравнений  $x'' + \sin x = 0$  и  $x'' + x = 0$  соответственно, удовлетворяющие начальным условиям  $x(0) = 0$ ,  $x'(0) = 0.1$ . Оцените  $\|\varphi - \psi\|_{C[0,2]}$ .
17. Пусть  $\varphi(t, v)$  – решение задачи Коши  $x' = x + v(t + x^2)$ ,  $x(0) = 1$ . Найдите  $(\partial/\partial v)\varphi(t, v)|_{t=1, v=0}$ .
18. Пусть  $(\varphi(t, v), \psi(t, v))$  – решение задачи Коши  $x'_1 = vx_2^2$ ,  $x'_2 = 1 + vx_1$ ,  $x_1(0) = 0$ ,  $x_2(0) = 0$ . Найдите  $(\partial/\partial v)\varphi(t, v)|_{t=2, v=1}$  и  $(\partial/\partial v)\psi(t, v)|_{t=2, v=1}$ .
19. Пусть функция  $f: J \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$  удовлетворяет условиям теоремы Коши-Пикара, а уравнение  $x' = f(t, x)$  имеет решения  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , удовлетворяющие неравенствам  $\varphi_1(1) \geq \varphi_1(0) \geq \varphi_2(0) \geq \varphi_2(1)$ . Докажите, что это уравнение имеет решение  $\varphi$  такое, что  $\varphi(0) = \varphi(1)$ .
20. Пусть правая часть скалярного уравнения  $x'' = f(t, x, x')$  непрерывна на  $\mathbf{R}^3$  и удовлетворяет условию Липшица по  $x$  и  $x'$ . Докажите, что при достаточно малых  $T > 0$  это уравнение имеет решение, удовлетворяющее условиям  $x(0) = x(T) = 0$ .
21. Пусть  $g_0^t(x_0, \mu)$  – оператор сдвига за время от нуля до  $t$  по траекториям уравнения Ван дер Поля  $x'' + \mu x'(x^2 - 1) + x = 0$ . Найдите  $(\partial/\partial \mu)g_0^t(x_0, \mu)|_{\mu=0, x_0=0}$ .
22. Вычислите  $(\partial/\partial x_0)g_0^t(x_0)|_{x_0=0}$  для системы  $x'_1 = x_1(1 + x_2)$ ,  $x'_2 = x_2(1 + x_1)$ .
23. С помощью критерия Гурвица исследовать устойчивость систем управления, которые описываются следующими дифференциальными уравнениями ( $y$  – выход,  $u$  – вход):

$$\begin{aligned} \frac{d^4 y}{dt^4} + 3 \frac{d^3 y}{dt^3} + 3 \frac{d^2 y}{dt^2} + 3 \frac{dy}{dt} + 2y &= \frac{du}{dt} + 3u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 3 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 5 \frac{dy}{dt} + 2y &= 2 \frac{du}{dt} + u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 4 \frac{dy}{dt} + 4y &= 3 \frac{du}{dt} + u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 7 \frac{d^2 y}{dt^2} + 8 \frac{dy}{dt} + 4y &= 3u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 6 \frac{dy}{dt} + 4y &= 5 \frac{du}{dt} + 3u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 9 \frac{dy}{dt} + 7y &= 2 \frac{du}{dt} + 5u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + 8 \frac{dy}{dt} + 8y &= 3u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + 11 \frac{dy}{dt} + 14y &= 6 \frac{du}{dt} + 3u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 4 \frac{dy}{dt} + 3y &= 5 \frac{du}{dt} + 3u \\ \frac{d^4 y}{dt^4} + 5 \frac{d^3 y}{dt^3} + 6 \frac{d^2 y}{dt^2} + 12 \frac{dy}{dt} + 10y &= 7u \end{aligned}$$

24. С помощью критерия Михайлова исследовать устойчивость замкнутой системы управления, у которой передаточная функция в разомкнутом состоянии имеет вид:

$$\begin{aligned} & \frac{s+1}{s^3+2s^2+s+1} \\ & \frac{s+4}{s^3+2s^2+s+1} \\ & \frac{s+1}{s^3+3s^2+s} \\ & \frac{s+2}{s^3+0,5s^2+s+1} \\ & \frac{s+3}{s^3+6s^2+3s+2} \\ & \frac{s+10}{s^3+2s^2+3s} \\ & \frac{s+5}{s^3+3s^2+2s} \\ & \frac{s+5}{s^3+2s^2+s} \end{aligned}$$

$$\frac{s + 5}{s^3 + 2s^2 + 3s}$$

## 6.4.2. Собеседование

### Модуль 1. Устойчивость линейных систем

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?
8. Приведите теорему Харитонова.
9. В чём заключаются критерии устойчивости Найквиста?
10. Что такое асимптотическая устойчивость? Экспоненциальная устойчивость?
11. Что такое структурная устойчивость? Орбитальная устойчивость?
12. Какими свойствами обладают устойчивые системы?
13. Какие системы являются линейными? Каковы их свойства?
14. Какие существуют критерии устойчивости линейных систем?
15. Какие общие теоремы об устойчивости линейных систем Вам известны?
16. Какие используются методы анализа устойчивости линейных систем? В чём заключается необходимое условие устойчивости?
17. Что такое устойчивость тривиального решения?
18. Устойчивость линейных систем с постоянными коэффициентами.
19. Устойчивость линейной однородной системы с вещественной матрицей.
20. Устойчивость линейной однородной системы с комплексной матрицей.
21. Устойчивость линейных систем с постоянной матрицей.
22. В чём заключается критерий асимптотической устойчивости?
23. Устойчивость решений линейного уравнения n-го порядка.
24. Приведите теорему об асимптотической устойчивости.
25. Теорема Харитонова.
26. Лемма Гронуолла-Беллмана.
27. Лемма Бихари.
28. Необходимые условия устойчивости и асимптотической устойчивости.
29. Устойчивость линейных систем с переменной матрицей.
30. Как осуществляется исследование устойчивости линейных систем с помощью второго метода Ляпунова?
31. Теорема Ляпунова-Пуанкаре. Признак Пуанкаре.
32. Условная устойчивость. Как определяется запас устойчивости систем?
33. Какое состояние динамической системы называется невозмущённым движением?
34. Как получают дифференциальные уравнения возмущённого движения?
35. Как формулируется определение устойчивости невозмущённого движения по Ляпунову?
36. Как получают дифференциальные уравнения возмущённого движения в первом (линейном) приближении в задачах устойчивости?
37. Сформулируйте теорему Ляпунова об устойчивости автономной системы по первому приближению.
38. Сформулируйте теорему Ляпунова о неустойчивости автономной системы по первому приближению.

39. Какой случай в исследовании устойчивости по первому приближению является критическим?
40. Сколько детерминантных неравенств содержат критерии асимптотической устойчивости Рауса-Гурвица и Льенара-Шипара для системы порядка  $m$ ?
41. Поясните понятие асимптотического наблюдателя Люенбергера.
42. Сформулируйте определение решения, не являющегося устойчивым по Ляпунову (неустойчивого решения).
43. Приведите пример асимптотически, но не экспоненциально устойчивого решения дифференциального уравнения.
44. Приведите пример устойчивого по Ляпунову, но не асимптотически устойчивого решения дифференциального уравнения.

## Модуль 2. Устойчивость нелинейных систем

45. Каковы особенности нелинейных систем?
46. Что такое устойчивость по Ляпунову в малом? В большом? В целом?
47. Справедлив ли принцип суперпозиции для нелинейных систем?
48. Перечислите методы анализа нелинейных систем.
49. Дайте определение, описание и приведите классификацию нелинейных объектов и систем.
50. Что такое нелинейная система?
51. В какой форме описываются многомерные линейные системы методом переменных состояния?
52. В какой форме описываются многомерные нелинейные системы методом переменных состояния?
53. Какого типа бывают нелинейные системы?
54. Приведите пример автономной стационарной нелинейной системы.
55. Перечислите типовые нелинейные характеристики (кусочно-линейная аппроксимация).
56. Изобразите характеристику нелинейного элемента типа реле (усиление с жестким ограничением при  $b = 0$ ).
57. Изобразить характеристику нелинейного элемента типа усиление с ограничением и зоной нечувствительности.
58. Что такое статический режим работы системы автоматического управления (САУ)?
59. Как получается статическая характеристика всей САУ?
60. Назовите методы линеаризации нелинейных систем.
61. Что такое фазовый портрет?
62. Что такое особые точки и особые линии фазового портрета?
63. Сформулируйте понятие устойчивости.
64. Сформулируйте понятие абсолютной устойчивости.
65. Приведите пример системы с двумя положениями равновесия.
66. Назовите точные и приближенные методы исследования устойчивости и автоколебаний.
67. В чем суть построения фазового портрета методом изоклин?
68. В чем суть методов исследования систем с кусочно-линейными характеристиками.
69. В чем состоит исследование релейных систем методом припасовывания?
70. Стабилизация релейных систем автоматического регулирования (САР). Что такое скользящие режимы?
71. Каким образом осуществляется анализ периодических режимов методом точечных преобразований?
72. Что такое диаграмма точечного преобразования?
73. В чем суть метода точечного преобразования?
74. Какова суть второго метода Ляпунова анализа устойчивости нелинейных систем?
75. Что такое асимптотическая и экспоненциальная устойчивость?

76. Что такое функции Ляпунова (понятие о знакоопределенности и знакопостоянстве функций)?
77. Приведите пример функции Ляпунова.
78. Сформулируйте теорему Ляпунова об устойчивости.
79. Сформулируйте теорему Ляпунова о неустойчивости.
80. Какова область применения второго метода Ляпунова при анализе устойчивости нелинейной САР?
81. Каков порядок оценки устойчивости вторым методом Ляпунова?
82. Приведите пример выбора функций Ляпунова и исследования устойчивости нелинейной системы.
83. Сформулируйте критерий В.М. Попова.
84. Что такое абсолютная устойчивость?
85. К какому виду может быть приведена САР с одним нелинейным элементом?
86. Что такое модифицированная частотная характеристика В.М. Попова?
87. В чем состоит критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова?
88. Приведите примеры модифицированных частотных характеристик устойчивых и неустойчивых нелинейных систем с одним существенно нелинейным элементом в контуре.
89. Что такое гармоническая линеаризация?
90. Что такое амплитудная характеристика нелинейного элемента?
91. Что такое коэффициенты гармонической линеаризации нелинейных звеньев?
92. В чем смысл определения параметров автоколебаний нелинейной системы с помощью критерия Найквиста (метод Л.С. Гольдфарба)?
93. Каким образом осуществляется исследование устойчивости и автоколебаний нелинейной системы с помощью годографа Михайлова?
94. Приведите теорему об экспоненциальной устойчивости.
95. Дайте определение абсолютной устойчивости.
96. Приведите частотный критерий абсолютной устойчивости Попова. Дайте геометрическую интерпретацию.
97. Каким условиям должна удовлетворять нелинейность в случае, когда линейная часть системы нейтральна или неустойчива?
98. Как можно сравнить критерий Найквиста с критерием Попова?
99. Какие колебания называются нелинейными?
100. Какая характеристика восстанавливающей силы называется жесткой, и какая характеристика называется мягкой?
101. Какие фазовые траектории физического маятника соответствуют периодическим движениям?
102. Какие дифференциальные уравнения колебаний называются квазилинейными?
103. Почему в автоколебательной системе при действии диссипативных сил существуют устойчивые периодические колебания?
104. Как записываются условия существования и устойчивости автоколебаний в квазилинейной системе второго порядка с помощью приближенных уравнений, полученных методом медленно изменяющихся коэффициентов?
105. Какому условию должен удовлетворять асимптотический ряд по степеням малого параметра, представляющий решение квазилинейного уравнения колебаний?
106. Каким условиям должны удовлетворять координатные функции при нахождении приближенного периодического решения уравнения колебаний по методу Бубнова-Галеркина?
107. Как формулируется вариационное условие Бубнова-Галеркина?
108. Почему в области больших частот внешнего возбуждения нелинейной системы второго порядка существует проблема устойчивости амплитуды вынужденных колебаний?
109. Каким образом определяются статическая и динамическая точность систем управления?
110. Какие показатели качества систем управления Вы знаете?
111. Какие показатели качества переходного процесса в системах управления Вы знаете?

112. Что такое стохастические процессы? Какие стохастические процессы могут протекать в системах управления?
113. Каким образом моделируют случайные сигналы?
114. Каким образом осуществляется фильтрация помех в системах автоматического управления?
115. Что такое фильтр Винера? Какова частотная характеристика фильтра?
116. Какие функции Ляпунова А.М. Вы знаете? Что такое критерий Сильвестра?
117. Приведите теорему Ляпунова об устойчивости движения.
118. Приведите теоремы об асимптотической устойчивости. Каким образом рассчитывается асимптотическая устойчивость систем управления?
119. Приведите теоремы о неустойчивости движения, теорему Лагранжа.
120. Что такое устойчивость равновесия и стационарных движений консервативных систем?
121. Поясните, что такое стационарное движение и каковы условия его устойчивости?
122. Что такое устойчивость по первому приближению?
123. Как определяется устойчивость линейных автономных систем, устойчивость резонанса, устойчивость неавтономных систем?
124. Каким образом осуществляется исследование на асимптотическую устойчивость нулевого решения системы?
125. Каким образом строится годограф передаточной функции? Диаграммы Найквиста?
126. В чём заключается метод коррекции Солодовникова систем управления?
127. Как применяется прямой метод Ляпунова для исследования устойчивости систем автоматического регулирования?
128. Как осуществляется анализ устойчивости систем управления по логарифмическим частотным характеристикам?

#### 6.4.3. Тест

##### **1. Максимальное значение амплитудно-частотной характеристики колебательного звена называют:**

1. Показателем колебательности;
2. Показателем быстродействия;
3. Запасом устойчивости.

##### **2. Замкнутая система, содержащая объект в виде апериодического звена и интегральный регулятор, при любом положительном параметре настройки регулятора:**

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

##### **3. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы является:**

1. Расположение всех вещественных корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;
2. Расположение всех комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;
3. Расположение всех вещественных и комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости.

##### **4. Система, состоящая из последовательно и (или) параллельно соединённых устойчивых линейных звеньев, заведомо:**

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

##### **5. Показателями качества управления в переходном режиме работы системы являются:**

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

**6. Показателями качества управления в установившемся режиме работы системы являются:**

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

**7. Цифровое устройство, имеющее два устойчивых состояния равновесия и выполняющее роль электронного реле, называется:**

1. Триггером.
2. Регистром.
3. Счетчиком импульсов.

**8. Перемещение в левой полуплоскости в направлении от вещественной полуоси всех корней характеристического уравнения системы способствует увеличению её:**

1. Быстродействия;
2. Колебательности;
3. Инерционности.

**9. Соединение в виде двух последовательно включенных интегрирующих звеньев, охваченных единичной отрицательной обратной связью, представляет собой:**

1. Генератор незатухающих синусоидальных колебаний, то есть систему на границе устойчивости;
2. Аperiodическое звено;
3. Звено транспортного запаздывания.

**10. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы является:**

1. Расположение всех вещественных корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;
2. Расположение всех комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;
3. Расположение всех вещественных и комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости.

**11. Показателями качества управления в переходном режиме работы системы являются:**

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

**12. Показателями качества управления в установившемся режиме работы системы являются:**

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

**13. Какая формулировка соответствует частотному критерию устойчивости Михайлова?**

1. для того чтобы замкнутая непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы  $W(j\omega)$  при изменении частоты от нуля до  $+\infty$  охватывал точку с координатами  $[-1, +j0]$
2. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни её характеристического уравнения имели отрицательную вещественную часть
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 непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы если при возрастании частоты от нуля до  $+\infty$  характеристический вектор, полученный подстановкой  $j\omega$  в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол  $n\pi/2$ , где  $n$  – степень характеристического уравнения САУ

**14. Какая формулировка соответствует частотному критерию устойчивости Найквиста?**



1. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы если при возрастании частоты от нуля до  $+\infty$  характеристический вектор, полученный подстановкой  $j\omega$  в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол  $n\pi/2$ , где  $n$  – степень характеристического уравнения САУ
2. для того чтобы непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения имели отрицательную вещественную часть
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  $W(j\omega)$  при изменении частоты от нуля до  $+\infty$  охватывал точку с координатами  $[-1, +j0]$

**15. Приближение к мнимой оси комплексно-сопряжённых корней характеристического уравнения системы означает:**

1. Стремление к бесконечности резонансного пика в амплитудно-частотной характеристике системы;
2. Уменьшение резонансного пика в амплитудно-частотной характеристике системы;
3. Уменьшение колебательности системы.

**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:**

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**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:**

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**18. Годограф комплексной частотной характеристики САУ в разомкнутом состоянии проходит в комплексной плоскости через точку с координатами  $(-1; i0)$ . В замкнутом состоянии эта система:**

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**19. Что такое свободное движение линейной системы?**

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

**20. Что такое вынужденное движение линейной системы?**

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

**21. Какая формулировка соответствует общему критерию устойчивости по Ляпунову А.М.?**

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  $W(j\omega)$  при изменении частоты от нуля до  $+\infty$  охватывал точку с координатами  $[-1, +j0]$

2. 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 непрерывная (линейная) система управления была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы если при возрастании частоты от нуля до  $+\infty$  характеристический вектор, полученный подстановкой  $j\omega$  в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол  $n\pi/2$ , где  $n$  – степень характеристического уравнения САУ

**22. Какая формулировка соответствует алгебраическому критерию устойчивости Рауса-Гурвица?**

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  $+\infty$  характеристический вектор, полученный подстановкой  $j\omega$  в характеристическое уравнение, повернется на комплексной плоскости на угол  $n\pi/2$ , где  $n$  – 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  $W(j\omega)$  при изменении частоты от нуля до  $+\infty$  охватывал точку с координатами  $[-1, +j0]$

**23. Система с передаточной функцией  $M(s) = 5/(Ts + 1)$  при любых неотрицательных значениях коэффициента  $T$  :**

1. Устойчива;

2. Неустойчива;

3. Находится на границе устойчивости.

**24. Система с передаточной функцией  $M(s) = 5/(T^2 s^2 - s + 1)$  при любых вещественных значениях коэффициента  $T$  :**

1. Устойчива;

2. Неустойчива;

3. Находится на границе устойчивости.

**25. Система с передаточной функцией  $M(s) = 8/(2s + 1)$  :**

1. Устойчива;

2. Неустойчива;

3. Находится на границе устойчивости.

**26. Система с передаточной функцией  $M(s) = 8/(2s - 1)$  :**

1. Устойчива;

2. Неустойчива;

3. Находится на границе устойчивости.

**27. Система с передаточной функцией**  $M(s) = 8/(s^2 + 1)$ ;

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**28. Система с передаточной функцией**

$$M(s) = 8/[(s^2 + 1)(s + 2)(s + 3)];$$

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**29. Система с передаточной функцией**

$$M(s) = 8/[(s^2 + 1)(s - 2)(s + 3)];$$

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**30. Система с передаточной функцией**  $M(s) = 8/s$ ;

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Нейтральна.

**31. Система с передаточной функцией**  $M(s) = 8/(s^2 + 5s + 6)$ ;

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**32. Система с передаточной функцией**  $M(s) = 4/(s^3 + 6s^2 + 11s + 6)$ ;

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

**33. Система автоматического регулирования с передаточной функцией**

$M(s) = 1/(s^2 + s + 1)$  по каналу: задание – управляемая величина, имеет резонанс-

ную частоту  $\omega_p$ :

1.  $\omega_p = \sqrt{2}/2$ ;
2.  $\omega_p = 1$ ;
3.  $\omega_p = 2$ .

**34. Система автоматического регулирования с передаточной функцией**

$M(s) = 1/(s^2 + s + 1)$  по каналу: задание – управляемая величина, имеет резонанс-

ный пик  $M_m$ :

1.  $M_m = 2/\sqrt{3}$ ;
2.  $M_m = 2$ ;
3.  $M_m = 3/2$ .

### 35. Система автоматического регулирования с передаточной функцией

$M(s) = 1/(s^2 + 3s + 2)$  по каналу: задание – управляемая величина, резонансный

пик:

1. Не имеет;
2. Имеет ограниченный;
3. Имеет неограниченно большой.

### 36. С увеличением свободного члена характеристического полинома системы автоматического регулирования (САР) в области устойчивости:

1. Улучшаются её фильтрующие свойства в диапазоне частот  $0 \leq \omega < \omega_\Gamma$ , где  $\omega_\Gamma$  – граничная частота, обеспечивающая равенство  $\operatorname{Re} M(i\omega_\Gamma) = 0$ , причём  $M(i\omega)$  – комплексная частотная характеристика САР по каналу: задание – управляемая величина;
2. Ухудшаются её фильтрующие свойства в диапазоне частот  $0 \leq \omega < \omega_\Gamma$ , где  $\omega_\Gamma$  – граничная частота, обеспечивающая равенство  $\operatorname{Re} M(i\omega_\Gamma) = 0$ , причём  $M(i\omega)$  – комплексная частотная характеристика САР по каналу: задание – управляемая величина;
3. Её фильтрующие свойства не меняются.

### 37. Многокритериальный оптимум управления достигается при выполнении условия (где $\alpha_0$ – свободный член характеристического полинома системы; $M_m$ – показатель колебательности системы, а $M_\Pi$ – его предельно допустимое значение):

1.  $\alpha_0 = \max$  при ограничении  $M_m \leq M_\Pi$ ;
2.  $M_m = \max$ ;
3.  $M_m = M_\Pi$ .

#### 6.4.4. Разноуровневые задачи и задания

1. Может ли автономное уравнение  $x' = f(x)$  иметь асимптотически устойчивое непостоянное периодическое решение?
2. Выпишите систему уравнений возмущенного движения  $y' = F(t, y)$ , отвечающую решению  $\varphi(t) = \sin t$  уравнения  $x'' + x + x^2 = \sin^2 t$ .
3. Исследуйте устойчивость решений уравнения  $x' = -x(1 - x)$ .
4. Исследуйте устойчивость решений уравнения  $x'' + \lambda x = 0$ , ( $\lambda \in \mathbf{R}$ ).
5. Докажите, что все решения устойчивой линейной неоднородной системы ограничены или неограничены одновременно.
6. Покажите, что если система  $x' = Ax$  асимптотически устойчива, то система  $x' = -Ax$  неустойчива.
7. Докажите, что если система  $x' = Ax$  устойчива, то система  $x' = Ax - x$  асимптотически устойчива.
8. С помощью критерия Гурвица исследуйте устойчивость уравнения  $x''' + x'' + x' + 2x = 0$ .
9. С помощью критерия Михайлова исследуйте устойчивость уравнения  $x''' + 2x'' + 2x' + 3x = 0$ .
10. Проведите доказательство утверждения о приведенной системе: решение  $\varphi: [t_0, +\infty) \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$ , обладает одним из свойств устойчивости, если и только если соответствующим свойством обладает нулевое решение системы  $y' = F(t, y)$ .

11. Приведите пример системы  $x' = f(t, x)$ ,  $f: [t_0, +\infty) \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$ , нулевое решение которого устойчиво по Ляпунову, а все остальные решения неустойчивы.
12. Приведите пример двумерного автономного дифференциального уравнения  $x' = f(x)$  ( $f(0) = 0$ ) такого, что любое его решение стремится к нулю при  $t \rightarrow +\infty$ , а нулевое решение при этом не является устойчивым по Ляпунову.
13. Докажите, что пример двумерного автономного дифференциального уравнения  $x' = f(x)$  ( $f(0) = 0$ ) такого, что любое его решение стремится к нулю при  $t \rightarrow +\infty$ , а нулевое решение при этом не является устойчивым по Ляпунову, нельзя построить в случае скалярного дифференциального уравнения.
14. Покажите, что если в условиях теоремы Коши — Пикара все определенные на  $[0, +\infty)$  решения асимптотически устойчивы, то любое решение  $x' = f(t, x)$ ,  $f: [t_0, +\infty) \times \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$ , асимптотически устойчиво в целом.
15. Пусть в  $x' = f(t, x)$   $f(t, 0) \equiv 0$  и  $x' = f(t, x)$  имеет неограниченное на  $[0, +\infty)$  решение. Докажите, что это уравнение имеет неустойчивое решение.
16. Пусть правая часть  $x' = f(t, x)$  непрерывна на  $\mathbf{R} \times \mathbf{R}^n$  и однородна по  $x$ :  $f(t, \lambda x) \equiv \lambda f(t, x)$ . 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  $[0, +\infty)$ .
17. Пусть все собственные значения (т. е. такое комплексное число, при котором уравнение  $Ax = \lambda_k x$  имеет ненулевые решения [собственные векторы] относительно  $x$ ) матрицы  $A$  имеют отрицательную вещественную часть, а непрерывная матрица-функция  $B(t)$  такова, что  $\int_0^{+\infty} \|B(s)\| ds < \infty$ . Докажите, что система  $x' = [A + B(t)]x$  устойчива. Если же  $B(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow +\infty$ , то она асимптотически устойчива, функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
18. Пусть в линейной однородной системе  $x' = A(t)x$  непрерывная матрица  $A(t)$  удовлетворяет условию Лапко-Данилевского и существует предел

$$A_0 = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{t} \int_0^t A(s) ds.$$

19. Докажите, что если все собственные значения матрицы  $A_0$  имеют отрицательную вещественную часть, то линейная однородная система  $x' = A(t)x$  асимптотически устойчива, функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
20. Докажите, что оператор  $g_{t_0}^t$  сдвига по траекториям линейной однородной системы  $x' = A(t)x$  удовлетворяет оценке (функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна)
 
$$\exp \left( - \int_{t_0}^t \|A(s)\| ds \right) \leq \|g_{t_0}^t\| \leq \exp \left( \int_{t_0}^t \|A(s)\| ds \right) \quad (t \geq t_0).$$
21. На плоскости параметров  $(\alpha, \beta) \in \mathbf{R}^2$  найдите максимальное множество тех  $(\alpha, \beta)$ , при которых  $x'_1 = -x_1 + \alpha x_2 + \beta x_3$ ,  $x'_2 = -\alpha x_1 - x_2 + \alpha x_3$ ,  $x'_3 = -\beta x_1 - \alpha x_2 - x_3$  устойчива (это множество параметров называется *областью устойчивости системы*), функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
22. Покажите, что если какое-нибудь ненулевое решение линейной автономной однородной системы  $x' = Ax$  ограничено на  $(-\infty, 0]$ , то система не является асимптотически устойчивой, функция  $a: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  непрерывна.
23. Найдите особые точки (решения-константы  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) уравнения  $x' = x^3 - x$  и исследуйте их устойчивость.
24. Докажите устойчивость нулевой особой точки (решение-константа  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) уравнения  $x' = -x^3$ .

25. С помощью теоремы об устойчивости по первому приближению исследуйте на устойчивость нулевую особую точку (решение-константу  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) системы  $x'_1 = ax_1 - 2x_2 + x_1^2$ ,  $x'_2 = x_1 + x_2 + x_1x_2$  с вещественным параметром  $a$ .
26. Пусть правая часть уравнения  $x' = g(x)$ , где  $g: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$  – непрерывная функция, непрерывно дифференцируема на  $\mathbf{R}^m$ ,  $g(0) = 0$ , а его нулевая особая точка (решение-константа  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) устойчива, но не асимптотически устойчива. Докажите, что нулевая особая точка уравнения  $x' = g(x) + \varepsilon x$  неустойчива при любом положительном  $\varepsilon$ .
27. Пусть правая часть уравнения  $x' = g(x)$ , где  $g: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$  – непрерывная функция, непрерывно дифференцируема на  $\mathbf{R}^m$ ,  $g(0) = 0$ , а его нулевая особая точка (решение-константа  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) устойчива. Докажите, что нулевая особая точка уравнения  $x' = g(x) - \varepsilon x$  асимптотически устойчива при любом положительном  $\varepsilon$ .
28. Покажите, что если нулевая особая точка (решение-константа  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) уравнения  $x' = ax + \sin x$  асимптотически устойчива, то  $a \leq -1$ .
29. Докажите, что если система  $x' = Ax$  имеет решение вида  $\varphi(t) = ae^{-t} + be^t$  ( $a, b \in \mathbf{R}^m$ ,  $b \neq 0$ ), то нулевая особая точка (решение-константа  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) системы  $x' = Ax + c\|x\|^2$  ( $c \in \mathbf{R}^m$ ) неустойчива.
30. Докажите, что если двумерная система  $x' = Ax$  с вещественной матрицей  $A$  имеет комплексное решение вида  $\varphi(t) = ae^{(i-1)t}$  ( $a \in \mathbf{R}^2$ ,  $a \neq 0$ ), то нулевая особая точка (решение-константа  $\varphi(t) \equiv x^*$  при  $g(x^*) = 0$ ) системы  $x' = Ax + b\|x\|^4$  ( $b \in \mathbf{R}^2$ ) асимптотически устойчива.
31. Пусть  $\varphi(t, v)$  – решение задачи Коши  $x' = t + vx^2$ ,  $x(0) = v - 1$ . Найдите  $(\partial/\partial v)\varphi(t, v)|_{t=2, v=1}$ .

## 6.5 Требования к процедуре оценивания текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

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 сформированность компетенций.

Текущий контроль 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;

- решение тестов различной сложности в ЭИОС;

- тест по практическим работам;

- проверка конспекта;

- проверка выполнения заданий для самостоятельной работы.

Формы текущего контроля знаний на учебных занятиях:

- сообщение, доклад;

- опрос на лекции;

- опрос на практическом занятии;

- отчет и тест по практическим работам;

- собеседование на практическом занятии;

- 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).

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.

## 7. Материально-техническое обеспечение, необходимое 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.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ФГБОУ ВО РГАЗУ.

ФГБОУ ВО РГАЗУ обеспечена необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

### 7.1. Перечень учебных аудиторий для проведения учебных занятий, оснащенных оборудованием и техническими средствами обучения по дисциплине (модулю)

Виды учебных занятий	№ учебной аудитории и помещения для самостоятельной работы	Наименование учебной аудитории для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами, компьютерной техникой	Приспособленность учебных аудиторий и помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья
Занятия лекционного типа	201	Лекционная аудитория	Проектор BENQ MP61SP, экран на стойке рулонный CONSUL DRAPER	да
	203	Лекционная аудитория	Проектор SANYO PLC-XW250, экран настенный моторизированный SimSCREEN	да
	401	Лекционная аудитория	Проектор SANYO PLC-XW250, экран настенный моторизированный SimSCREEN	да
	501	Лекционная аудитория	Проектор SANYO PLC-XW250, экран настен-	да

Виды учебных занятий	№ учебной аудитории и помещения для самостоятельной работы	Наименование учебной аудитории для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами, компьютерной техникой	Приспособленность учебных аудиторий и помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья
			ный моторизированный SimSCREEN	
	514	Интерактивная лаборатория автоматике и электротехнологий	Проектор NEC V260X, экран на стойке рулонный CONSUL DRAPER	частично
Занятия практического (семинарского) типа	508	Лаборатория автоматизации технологических процессов АПК	Персональный компьютер на базе процессора Intel Core i5 – 10 шт., проектор SANYO PLC-XW250, экран переносной на треноге Da-Lite Picture King 127x, столик передвижной проекционный Projecta PT-1, лабораторный стенд «АСКУЭ промышленного потребителя на базе ИСС «Энергомера», лабораторный стенд «АСКУЭ коммунального потребителя на базе ИСС «Энергомера», комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства», ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	частично
	510	Лаборатория монтажа и эксплуатации электрооборудования	Лабораторный стенд «Исследование систем автоматике» - 2 шт., лабораторный стенд «Исследование аппаратуры защиты», электродвигатель АО-31 – 4 шт.	частично
	514	Интерактивная лаборатория автоматике и электротехнологий	Проектор NEC V260X, комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства», ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	частично



Виды учебных занятий	№ учебной аудитории и помещения для самостоятельной работы	Наименование учебной аудитории для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами, компьютерной техникой	Приспособленность учебных аудиторий и помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья
Самостоятельная работа студента	320	Компьютерный класс для тестирования и самостоятельной работы студентов	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	частично
	Читальный зал библиотеки (учебно – административный корпус)	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 видеопамяти GDDR5, объем видеопамяти 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	частично
Групповые и индивидуальные консультации, проведение текущего контроля и промежуточной аттестации	401	Лекционная аудитория	Проектор SANYO PLC-XW250, экран настенный моторизированный SimSCREEN	частично
	501	Лекционная аудитория	Проектор SANYO PLC-XW250, экран настенный моторизированный SimSCREEN	частично
	508	Лаборатория автоматизации технологических процессов АПК	Персональный компьютер на базе процессора Intel Core i5 – 10 шт., проектор SANYO PLC-XW250, экран переносной на треноге Da-Lite Picture King 127x, столик передвижной проекционный Projecta PT-1, лабораторный стенд «АСКУЭ» промышленно-	частично

Виды учебных занятий	№ учебной аудитории и помещения для самостоятельной работы	Наименование учебной аудитории для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами, компьютерной техникой	Приспособленность учебных аудиторий и помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья
ции			го потребителя на базе ИСС «Энергомера», лабораторный стенд «АСКУЭ коммунального потребителя на базе ИСС «Энергомера», комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства», ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	
	514	Интерактивная лаборатория автоматизации и электротехнологий	Проектор NEC V260X, комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства», ОАП1-Н-Р, инженерно-производственный центр «Учебная техника»	частично

## 8. Перечень лицензионного 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	Your Imagine Academy membership ID and program key 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	Сублицензионный договор №1872 от 31.10.2018 г. Лицензия: Dr.Web Enterprise Security Suite: 300 ПК (АВ+ЦУ), 8 ФС (АВ+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

№	Название программного обеспечения	№ лицензии	Количество, назначение
<b>Специализированное программное обеспечение</b>			
15.	Microsoft DreamSpark Premium (для учащихся, преподавателей и лабораторий) СОСТАВ: 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	1203725791 1203725948 1203725792 1203725947 1203725945 1203725944	Без ограничений
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
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

## 9. Перечень учебно-методического обеспечения 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. 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>

## 9.1. Перечень основной учебной литературы

1. Кузьмин, Л.Ю. Строительная механика : учебное пособие / Л.Ю. Кузьмин, В.Н. Сергиенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 296 с. — ISBN 978-5-8114-2117-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76273> (дата обращения: 05.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Егоров, В.В. Теоретические основы биологии с введением в термодинамику живых систем : учебное пособие / В.В. Егоров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-3016-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104870> (дата обращения: 05.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ващенко, А.В. Лабораторные петрографические исследования с применением методов онтогенетического анализа : учебно-методическое пособие / А.В. Ващенко, Е.Н. Афанасьева, Е.Г. Панова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 452 с. — ISBN 978-5-8114-3972-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118625> (дата обращения: 05.06.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 9.3. Перечень электронных учебных изданий и электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. 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>

2. 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)

3. Хрущев, Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. — Томск: ГОУ ВПО НИТПУ, 2010. — 168 с. // ФГБОУ ВО РГАЗУ. — Режим доступа: [http://window.edu.ru/resource/037/76037/files/u\\_p\\_empp.pdf](http://window.edu.ru/resource/037/76037/files/u_p_empp.pdf)

4. Бобцов, А.А. Адаптивное и робастное управление с компенсацией неопределенностей [Электронный ресурс] / А.А. Бобцов, А.А. Пыркин. — СПб.: СПНИУ ИТМО, 2013. — 135 с. — Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/687/79687/files/itmo1108.pdf>

5. 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>

## 9.4 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, 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>

№ п/п	Наименование интернет ресурса, его краткая аннотация, характеристика	Адрес в сети интернет
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-journals.ru/">http://www.energetik.energy-journals.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-journals.ru/">http://www.energetik.energy-journals.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/arhiv/montazh-ekspluatatsiya-i-remont-selskohozyaystvennogo-elektrooborudovaniya-28.html">http://forca.ru/knigi/arhiv/montazh-ekspluatatsiya-i-remont-selskohozyaystvennogo-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 Видеолекции на темы «Производная функции», «Неопределенный интеграл», «Дифференциальные уравнения первого порядка» Понятие неопределённого интеграла и методы его вычисления	<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> <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> <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> <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> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=tZ_rMl6MOE1&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=47">https://www.youtube.com/watch?v=tZ_rMl6MOE1&amp;list=PL7D808824986EBFD6&amp;index=47</a>
24.	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>
25.	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>
26.	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>
27.	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>
28.	Наука как познавательная деятельность	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=AXxTIT17-Eg&amp;index=58&amp;list=PL7D808824986EBFD6">https://www.youtube.com/watch?v=AXxTIT17-Eg&amp;index=58&amp;list=PL7D808824986EBFD6</a>

## 10. Оценка качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программе магистратуры

Качество образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программе магистратуры определяется в рамках системы внутренней оценки, а также системы внешней оценки, в которой университет принимает участие на добровольной основе.

В целях совершенствования программы магистратуры университет при проведении регулярной внутренней оценки качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программе магистратуры привлекает работодателей и их объединения.

В рамках внутренней системы оценки качества образовательной деятельности по программе магистратуры обучающимся предоставляется возможность оценивания условий, содержания, организации и качества образовательного процесса в целом и отдельных дисциплин (модулей) и практик.

Внешняя оценка качества образовательной деятельности по программе магистратуры в рамках процедуры государственной аккредитации осуществляется с целью подтверждения соответствия образовательной деятельности по программе магистратуры требованиям ФГОС ВО с учетом соответствующей ПООП.

Внешняя оценка качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программе магистратуры планируется осуществляться в рамках профессионально-общественной аккредитации, проводимой уполномоченными организациями, либо авторизованными национальными профессионально-общественными организациями, входящими в международные структуры, с целью признания качества и уровня подготовки выпускников, освоивших программу магистратуры, отвечающими требованиям профессиональных стандартов, требованиям рынка труда к специалистам соответствующего профиля.

## **11. Особенности организации образовательного процесса по дисциплине (модулю) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Реализация дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Для адаптации программы освоения дисциплины используются следующие методы:

- для лиц с нарушениями слуха используются методы визуализации информации (презентации, использование компьютера для передачи текстовой информации интерактивная доска, участие сурдолога и др);

- для лиц с нарушениями зрения используются такие методы, как увеличение текста, картинок (в программах Windows), программы-синтезаторы речи, в том числе в ЭБС звукозаписывающие устройства (диктофоны), компьютеры с соответствующим программным аппаратным обеспечением и портативные компьютеризированные устройства.

Для маломобильных групп населения имеется необходимое материально-техническое обеспечение (пандусы, оборудованные санитарные комнаты, кнопки вызова персонала, оборудованные аудитории для лекционных и практических занятий) возможно применение ассистивных технологий и средств.

Форма проведения текущего контроля и промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере в форме тестирования и т.п.), при необходимости выделяется дополнительное время на подготовку и предоставляются необходимые технические средства.

## ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочей программе дисциплины (модуле) \_\_\_\_\_  
(название дисциплины)

по направлению подготовки \_\_\_\_\_  
направленности/профилю

на 20\_\_/20\_\_ учебный год

1. В \_\_\_\_\_ вносятся следующие изменения  
(элемент рабочей программы)

1.1. ....;

1.2. ....;

....

1.9. ....

2. В \_\_\_\_\_ вносятся следующие изменения  
(элемент рабочей программы)

2.1. ....;

2.2. ....;

....

2.9. ....

3. В \_\_\_\_\_ вносятся следующие изменения  
(элемент рабочей программы)

3.1. ....;

3.2. ....;

....

3.9. ....

Составитель

подпись

расшифровка подписи

дата



Составитель: к.т.н., доцент



А.А. Переверзев

Рассмотрена на заседании кафедры электрооборудования и электротехнических систем, протокол № 10 «28» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой



В.М. Расторгуев

Одобрена методической комиссией факультета электроэнергетики и технического сервиса, протокол № 1 «27» августа 2019 г.

Председатель методической комиссии факультета электроэнергетики и технического сервиса



О.А. Липа

И.о. начальника управления по информационным технологиям, дистанционному обучению и региональным связям «27» августа 2019 г.



А.В. Закабунин

Директор научной библиотеки «27» августа 2019 г.



Я.В. Чупахина