

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль «Робототехника в электромеханических системах»
РПД Б1.В.07 «Теория автоматического управления»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**



УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора филиала ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент
В.В. Рожков
«06» 03 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория автоматического управления

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): **13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Профиль: **«Робототехника в электромеханических системах»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2026**

Смоленск

Программа составлена с учетом ОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Роголевым 20.12.2023.

Программу составил:



подпись

д.т.н., профессор В.В. Льготчиков
ФИО

« 24 » февраля 2026 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электромеханических систем»
« 25 » февраля 2026 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Электромеханических систем»:



подпись

к.т.н., доцент В.В. Рожков
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**



подпись

зам. начальника УУ Е.В. Зуева
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины является решение обучающимися проектных задач профессиональной деятельности в области описания, анализа и синтеза динамических электротехнических устройств с заданными качественными параметрами работы, овладение для этой цели современными математическими методами операторного счисления, частотным анализом, модульным моделированием, программными пакетами символьной математики.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Теория автоматического управления относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Электротехника и основы электроники;
- Электромеханические системы;
- Ознакомительная практика.

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

- Электрический привод;
- Мехатронные узлы;
- Электроприводы роботов и манипуляторов;
- Гидро- и пневмоприводы роботов.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2. Способен принимать участие в проектировании робототехнических систем (их компонентов) в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблю-	ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет альтернативные варианты технических решений робототехнических систем (их компонентов)	Знает: терминологию, базовые понятия, языковую среду проектирования систем управления робототехническими системами; Умеет: формулировать задачу анализа и синтеза робототехнических устройств; Владеет: приёмами отладки замкнутых и многосвязных устройств, управляющих роботами и манипуляторами.

<p>дая различные технические, энергоэффективные и экологические требования</p>	<p>ПК-2.2 Обосновывает выбор наиболее целесообразного решения при проектировании робототехнических систем (их компонентов) в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, энергоэффективных и экологических требований</p>	<p>Знает: приёмы сопоставления по эффективности варианты аппаратных реализаций устройств; Умеет: оценивать эффективность алгоритмических решений при управлении элементами робототехнических систем в реальном масштабе времени; Владеет: приёмами улучшения потребительских свойств робототехнических устройств, как динамических систем.</p>
--	---	--

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия:</p> <p>1.1. Система автоматического регулирования (САР). Основные определения. Классификация САР по характеру изменения уставки. Принципы регулирования. Общая функциональная схема САР;</p> <p>1.2. Астатическая САР. Пример. Уравнение движения линейной системы. Принцип линеаризации. Пример линеаризации уравнения движения генератора постоянного тока. Передаточная функция. Определение. Связь между уравнением движения и передаточной функцией. Способы определения передаточной функции. Структурный метод анализа САР. Звено направленного действия. Правила преобразования структурных схем. Передаточная функция параллельно и последовательно соединённых звеньев направленного действия. Передаточная функция для соединения звеньев типа «обратная связь»;</p> <p>1.3. Фазо-частотные характеристики. Определение. Пример. Амплитудно-фазовые частотные характеристик. Определение. Пример. Логарифмические характеристики. Пример;</p> <p>1.4. Упругое дифференцирующее звено, его характеристики. Упругое интегрирующее звено, его характеристики. Минимально-фазовые системы, их свойства. Теорема Боде. Применение теоремы для построения полу бесконечной ЛАЧХ. Построение логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ) по известной ЛАЧХ минимально-фазовой системы;</p> <p>1.5. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии устойчива. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии неустойчива;</p> <p>1.7. Точность САР. Передаточная функция по ошибке. Статическая ошибка САР. Кинетическая ошибка в астатической САР (астатизм первого порядка). Динамическая ошибка. Максимальное значение динамической ошибки;</p> <p>1.8. Нелинейная система. Определение. Пример. Основные виды нелинейных характеристик. Принцип гармонической линеаризации. Гипотеза фильтра. Уравнение гармонического баланса. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи. Метод Гольдфарба для систем с однозначными нелинейностями.</p>
2	<p>Лабораторные работы:</p> <p>2.1. Изучение принципов работы стенда операционных усилителей, изучение схем настройки коэффициентов. Состав аналогово-вычислительного комплекса;</p> <p>2.2. Анализ статических режимов работы структур САР;</p> <p>2.3. Сборка типовых звеньев САР, анализ и снятие их характеристик;</p> <p>2.4. Сборка следящей САР с заданным качеством регулирования.</p>
3	<p>Практические занятия:</p> <p>3.1. Статические режимы САР. Статическая характеристика САР. Виды соединения звеньев САР. Определение коэффициента передачи для последовательно и параллельно соединённых звеньев. Зависимость выходного сигнала САР от величины входного сигнала и возмущающего воздействия в установившемся режиме. Статическая САР. Определение статизма системы;</p> <p>3.2. Обобщённая структурная схема системы в динамике. Связь между передаточной функцией замкнутой и разомкнутой системы. Комплексный коэффициент передачи (ККП). Определение. Связь между ККП и передаточной функцией. Амплитудно-частотные характеристики. Определение. Пример;</p> <p>3.3. Построение асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ). Пример. Переходная характеристика. Определение. Пример. Связь между переходной характеристикой и передаточной функцией. Частный случай теоремы разложения. Отсутствуют кратные и нулевые корни. Пример. Частный случай теоремы разложе-</p>

	<p>ния. Существует один нулевой корень. Пример. Типовые звенья линейных САР. Инерционное звено, его характеристики. Интегрирующее звено, его характеристики. Реальное дифференцирующее звено, его характеристики;</p> <p>3.4. Устойчивость линейной САР. Необходимое условие устойчивости. Критерий Гурвица. Пример. Принцип аргумента. Критерий Михайлова. Пример. Способы построения годографа Михайлова. Следствия из критерия Михайлова;</p> <p>3.5. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии нейтральна. Общая формулировка критерия Найквиста. Применение критерия Найквиста для логарифмических характеристик;</p> <p>3.6. Метод коэффициентов ошибки. Оценка качества системы по переходной характеристике. Интегральные оценки качества системы. Оценка качества системы по АЧХ замкнутой системы. Метод трапеций. Оценка качества САР по ЛАЧХ и ЛФЧХ. Последовательная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик. Параллельная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик;</p> <p>3.7. Нелинейная система. Метод Гольдфарба для систем с неоднозначными нелинейностями. Фазовая плоскость. Определение. Свойства фазовых траекторий. Способы построения фазовых траекторий (исключая метод изоклин). Метод изоклин. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейная система. Нелинейность – трёхпозиционное реле без гистерезиса. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом (пассивное и активное звено). Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости при введении отрицательной обратной связи по производной регулируемой величины. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом.</p>
4	<p>Расчётно-графическая работа на следующие темы:</p> <p>4.1. Классификация предложенных в индивидуальных заданиях САР, описание принципа их работы;</p> <p>4.2. Поэтапное преобразование структурных схем с графическим изображением этапов работы с целью упрощения анализа качества САР;</p> <p>4.3. Программное обеспечение к применению алгебраического критерия устойчивости САР;</p> <p>4.4. Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Михайлова (программная реализация);</p> <p>4.5. Частотный критерий анализа устойчивости САР. Критерий Найквиста (программная реализация);</p> <p>4.6. Получение графических результатов, подтверждающих вид определителей, особенности годографов, соответствующих критериям устойчивости (программная реализация).</p>
5	<p>Самостоятельная работа студентов:</p> <p>5.1. Аналитический расчёт, упрощение структурных схем с использованием правил преобразования. Выполнение соответствующего пункта РГР (4.2) с индивидуальными заданиями по вариантам;</p> <p>5.2. Алгебраический критерий. Анализ на устойчивость САР (4.3);</p> <p>5.3. Частотный критерий. Критерий Михайлова. Поиск корней характеристического уравнения, с индивидуальными заданиями по РГР (4.4);</p> <p>5.4. Частотный критерий. Критерий Найквиста. Поиск корней характеристического уравнения, с индивидуальными заданиями по РГР (4.5);</p> <p>5.5. Построение переходных процессов в замкнутой САР по результатам последовательной и параллельной коррекции (4.5).</p>

Текущий контроль: защита лабораторных работ и соответствующих пунктов РГР (по написанию после выполнения каждого из разделов 4.1-4.6).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств. Включается проведение интерактивных лекций: лекция с заранее запланированными ошибками, лекция визуализация.

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция; Интерактивная лекция (лекция-визуализация); Лекция, составленная на основе результатов научных исследований;
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений Технологии проведения практических занятий в форме семинара: тематический семинар, проблемный семинар; Технология проблемного обучения на основе анализа ситуаций и имитационных моделей: групповая дискуссия.
3	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде); Игровые технологии: деловые игры; Технология проблемного обучения на основе анализа результатов лабораторной работы: индивидуальный опрос, собеседование в малой группе (бригаде).
4	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
5	Контроль (промежуточная аттестация: экзамен)	Технология устного опроса; Рейтинговая система контроля.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные материалы текущего контроля:

В процессе защиты лабораторных работ задаётся 2 вопроса из примерного перечня:

1. Какие элементы САР из типичного их набора включены в состав блоков комплекса АВК-31М?
2. Какова методика настройки коэффициентов операционных усилителей (ОУ)?
3. В чём особенность настройки ОУ в зависимости от типа реализуемого элемента САР?
4. Что такое статизм САР и от чего он зависит?
5. Как рассчитывается коэффициент усиления ОУ, какие допущения при этом делаются?
6. Почему усилитель назван операционным?
7. Как поставить в соответствие передаточную функцию элемента САР схеме включения ОУ?
8. Какие преимущества в моделировании структур САР даёт масштабирование независимой переменной (времени)?
9. Какой ценой в ПИД регуляторе САР на ОУ можно выделить все составляющие закона регулирования?
10. Какие типовые звенья при реализации на АВК-31М не требуют использования навесных элементов, подключаемых на плате пользователя, а какие требуют?
11. Перечислите типовые нелинейности САР.
12. Как работает элементарный нелинейный узел: опорное напряжение – диод?
13. В чём отличие «однозначной» нелинейности от «неоднозначной»?
14. Какова полная формулировка критерия устойчивости Найквиста?
15. Каков полный сдвиг фазы в разомкнутой САР, состоящей из трёх инерционных звеньев?
16. Как влияет соотношение величин постоянных времени трёх инерционных звеньев, составляющих САР, на её устойчивость?
17. Как влияет соотношение коэффициентов усиления трёх инерционных звеньев, составляющих САР, на её устойчивость?
18. Как проверить на АВК-31М величину кинетической ошибки САР?
19. Как проверить на АВК-31М величину статической ошибки САР?
20. Как проверить на АВК-31М величину динамической ошибки САР?
21. Как обеспечивается на АВК-31М выполнение условий применения гипотеза «фильтра» для анализа нелинейных САР?
22. Какой режим возможен в нелинейной САР и невозможен в линейной?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе её формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

В процессе защиты расчётно-графической работы и тем практических занятий (методические указания к выполнению расчётно-графической работы представлены в приложении к РП) студентам задаётся 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Какова классификация САР по задачам регулирования?
2. Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример.
3. В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения?
4. Как формулируется алгебраический критерий устойчивости?
5. Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка?

6. Как формулируется критерий устойчивости Михайлова?
 7. Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова?
 8. Какие критерии устойчивости называются частотными?
 9. В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР?
 10. Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста?
 11. Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?
 12. Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?
 13. Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ?
 14. В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР?
 15. Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР?
 16. Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?
 17. Какова цель использования фазовой плоскости при анализе нелинейных САР?
 18. Что такое изоклина?
- Оценка уровня компетенции аналогична.

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной:

1. Система автоматического регулирования (САР). Основные определения.
2. Классификация САР по характеру изменения уставки.
3. Принципы регулирования.
4. Общая функциональная схема САР.
5. Статические режимы САР. Статическая характеристика САР.
6. Виды соединения звеньев САР. Определение коэффициента передачи для последовательно и параллельно соединённых звеньев.
7. Зависимость выходного сигнала САР от величины входного сигнала и возмущающего воздействия в установившемся режиме.
8. Зависимость изображения выходного сигнала САР от изображения входного сигнала и возмущающего воздействия.
9. Статическая САР. Определение статизма системы.
10. Астатическая САР. Пример.
11. Уравнение движения линейной системы. Принцип линеаризации.
12. Пример линеаризации уравнения движения генератора постоянного тока.
13. Передаточная функция. Определение. Связь между уравнением движения и передаточной функцией.
14. Способы определения передаточной функции.
15. Структурный метод анализа САР. Звено направленного действия.
16. Правила преобразования структурных схем.
17. Передаточная функция параллельно и последовательно соединённых звеньев направленного действия.
18. Передаточная функция для соединения звеньев типа «обратная связь».
19. Обобщённая структурная схема системы в динамике.
20. Связь между передаточной функцией замкнутой и разомкнутой системы.
21. Комплексный коэффициент передачи (ККП). Определение.
22. Связь между ККП и передаточной функцией.
23. Амплитудно-частотные характеристики. Определение. Пример.
24. Фазо-частотные характеристики. Определение. Пример.

25. Амплитудно-фазовые частотные характеристик. Определение. Пример.
26. Логарифмические характеристики. Пример.
27. Построение асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ). Пример.
28. Переходная характеристика. Определение. Пример.
29. Связь между переходной характеристикой и передаточной функцией.
30. Частный случай теоремы разложения. Отсутствуют кратные и нулевые корни. Пример.
31. Частный случай теоремы разложения. Существует один нулевой корень. Пример.
32. Типовые звенья линейных САР.
33. Инерционное звено, его характеристики.
34. Интегрирующее звено, его характеристики.
35. Реальное дифференцирующее звено, его характеристики.
36. Упругое дифференцирующее звено, его характеристики.
37. Упругое интегрирующее звено, его характеристики.
38. Минимально-фазовые системы, их свойства.
39. Теорема Боде. Применение теоремы для построения полу бесконечной ЛАЧХ.
40. Построение логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ) по известной ЛАЧХ минимально-фазовой системы.
41. Устойчивость линейной САР. Необходимое условие устойчивости.
42. Критерий Гурвица. Пример.
43. Принцип аргумента.
44. Критерий Михайлова. Пример.
45. Способы построения годографа Михайлова.
46. Следствия из критерия Михайлова.
47. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии устойчива.
48. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии неустойчива.
49. Критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии нейтральна.
50. Общая формулировка критерия Найквиста.
51. Применение критерия Найквиста для логарифмических характеристик.
52. Точность САР. Передаточная функция по ошибке.
53. Статическая ошибка САР.
54. Кинетическая ошибка в астатической САР (астатизм первого порядка).
55. Динамическая ошибка. Максимальное значение динамической ошибки.
56. Метод коэффициентов ошибки.
57. Оценка качества системы по переходной характеристике.
58. Интегральные оценки качества системы.
59. Оценка качества системы по АЧХ замкнутой системы.
60. Метод трапеций.
61. Оценка качества САР по ЛАЧХ и ЛФЧХ.
62. Последовательная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик.
63. Параллельная коррекция САР с помощью логарифмических характеристик.
64. Нелинейная система. Определение. Пример.
65. Основные виды нелинейных характеристик.
66. Принцип гармонической линеаризации. Гипотеза фильтра.
67. Уравнение гармонического баланса.
68. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи.
69. Метод Гольдфарба для систем с однозначными нелинейностями.
70. Метод Гольдфарба для систем с неоднозначными нелинейностями.
71. Фазовая плоскость. Определение. Свойства фазовых траекторий.
72. Способы построения фазовых траекторий (исключая метод изоклин).

73. Метод изоклин.
74. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле без гистерезиса.
75. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом (пассивное и активное звено).
76. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости при введении отрицательной обратной связи по производной регулируемой величины. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом.
77. Понятие устойчивости нелинейных САР в малом, в большом и в целом.
78. Критерий абсолютной устойчивости Попова В.М. Формулировка.
79. Критерий абсолютной устойчивости Попова В.М. Геометрическая интерпретация. Прямая Попова.

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам)

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

Оценочные материалы промежуточной аттестации:

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (**вопросы к экзамену**)

Первый вопрос в экзаменационном билете студента – вопрос по лекционному материалу. Второй вопрос – задача на тему, близкую к разбираемым на практических занятиях и в процессе выполнения расчётно-графической работы.

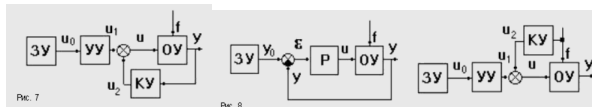
1. Система автоматического регулирования (САР). Основные определения.

2. Классификация САР по характеру изменения уставки.
3. Принципы регулирования.
4. Общая функциональная схема САР.
5. Статические режимы САР. Статическая характеристика САР.
6. Виды соединения звеньев САР. Определение коэффициента передачи для последовательно и параллельно соединённых звеньев.
7. Зависимость выходного сигнала САР от величины входного сигнала и возмущающего воздействия в установившемся режиме.
8. Зависимость изображения выходного сигнала САР от изображения входного сигнала и возмущающего воздействия.
9. Статическая САР. Определение статизма системы.
10. Астатическая САР. Пример.
11. Уравнение движения линейной системы. Принцип линеаризации.
12. Пример линеаризации уравнения движения генератора постоянного тока.
13. Передаточная функция. Определение. Связь между уравнением движения и передаточной функцией.
14. Способы определения передаточной функции.
15. Структурный метод анализа САР. Звено направленного действия.
16. Правила преобразования структурных схем.
17. Охарактеризовать передаточную функцию параллельно и последовательно соединённых звеньев направленного действия.
18. Получить передаточную функцию для соединения звеньев типа «обратная связь».
19. Предоставить обобщённую структурную схему системы в динамике.
20. Указать связь между передаточной функцией замкнутой и разомкнутой системы.
21. Комплексный коэффициент передачи (ККП). Определение.
22. Выявить связь между ККП и передаточной функцией.
23. Амплитудно-частотные характеристики. Определение. Пример.
24. Фазо-частотные характеристики. Определение. Пример.
25. Амплитудно-фазовые частотные характеристик. Определение. Пример.
26. Определить логарифмические характеристики. Пример.
27. Сформулировать алгоритм построения асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ).
28. Дать определение переходной характеристики. Привести пример.
29. Показать связь между переходной характеристикой и передаточной функцией.
30. Сформулировать частный случай теоремы разложения. Отсутствуют кратные и нулевые корни. Пример.
31. Сформулировать частный случай теоремы разложения. Существует один нулевой корень. Пример.
32. Привести типовые звенья линейных САР.
33. Рассмотреть инерционное звено, его характеристики.
34. Рассмотреть интегрирующее звено, его характеристики.
35. Реальное дифференцирующее звено, его характеристики.
36. Рассмотреть упругое дифференцирующее звено, его характеристики.
37. Рассмотреть упругое интегрирующее звено, его характеристики.
38. Дать определение минимально-фазовым системам, описать их свойства.
39. Теорема Боде. Применение теоремы для построения полу бесконечной ЛАЧХ.
40. Осуществить построение логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ) по известной ЛАЧХ минимально-фазовой системы.
41. Рассмотреть устойчивость линейной САР: сформулировать необходимое условие устойчивости.

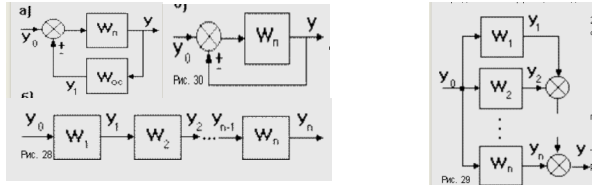
42. Определить назначение критерия Гурвица. Пример.
43. Сформулировать принцип аргумента.
44. Указать область применения критерий Михайлова. Пример.
45. Дать способы построения годографа Михайлова.
46. Сформулировать следствия из критерия Михайлова.
47. Сформулировать критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии устойчива.
48. Сформулировать критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии неустойчива.
49. Сформулировать критерий Найквиста. Частный случай: система в разомкнутом состоянии нейтральна.
50. Дать общую формулировку критерия Найквиста.
51. Обосновать возможность применения критерия Найквиста для логарифмических характеристик.
52. Оценка точности САР. Передаточная функция по ошибке.
53. Определить статическую ошибку САР.
54. Определить кинетическую ошибку в астатической САР (астатизм первого порядка).
55. Определить динамическую ошибку. Максимальное значение динамической ошибки.
56. Сформулировать алгоритм использования метода коэффициентов ошибки.
57. Дать оценку качества системы по переходной характеристике.
58. Сформулировать интегральные оценки качества системы.
59. Дать алгоритм оценки качества системы по АЧХ замкнутой системы.
60. Сформулировать суть метода трапеций.
61. Привести алгоритм оценки качества САР по ЛАЧХ и ЛФЧХ.
62. Показать использование последовательной коррекции САР с помощью логарифмических характеристик.
63. Показать использование параллельной коррекции САР с помощью логарифмических характеристик.
64. Дать определение нелинейной системы. Пример.
65. Указать основные виды нелинейных характеристик.
66. Сформулировать принцип гармонической линеаризации. Гипотеза фильтра.
67. Привести уравнение гармонического баланса.
68. Дать определение эквивалентному комплексному коэффициенту передачи.
69. Сформулировать метод Гольдфарба для анализа систем с однозначными нелинейностями.
70. Сформулировать метод Гольдфарба для анализа систем с неоднозначными нелинейностями.
71. Дать определение фазовой плоскости. Перечислить свойства фазовых траекторий.
72. Алгоритм анализа нелинейных САР способом построения фазовых траекторий (исключая метод изоклин).
73. Алгоритм использования метода изоклин для анализа САР.
74. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле без гистерезиса.
75. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом (пассивное и активное звено).
76. Исследование нелинейной системы с помощью фазовой плоскости при введении отрицательной обратной связи по производной регулируемой величины. Нелинейность – трёхпозиционное реле с гистерезисом.
77. Дать понятие устойчивости нелинейных САР в малом, в большом и в целом.
78. Сформулировать критерий абсолютной устойчивости Попова В.М.

79. Дать геометрическую интерпретацию критерия абсолютной устойчивости Попова В.М.
 Прямая Попова.

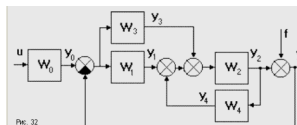
80. Назвать все сигналы.
 Охарактеризовать структуру.



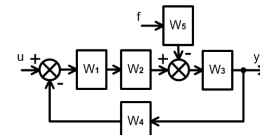
81. Упростить структуры.
 Свести их по отдельности к одному блоку.



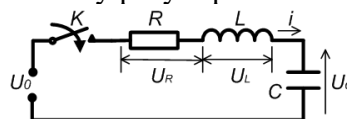
82. Упростить структуру.
 Свести её к одному блоку



83. Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования.

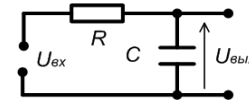


84. Составит уравнение движения для представленной схемы.



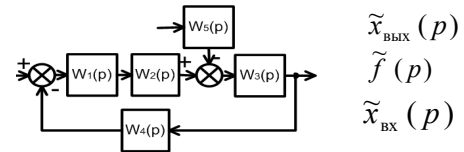
85. Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение $U_2 = f(U_0)$). Считать нелинейной зависимость $\Phi_v = f(I_v)$.

86. Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.

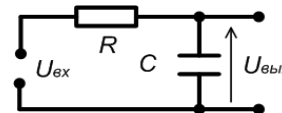


87. Составить уравнение движения САУ генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.

88. Составить передаточные функции по управляющему, возмущающему воздействию (обозначения приведены). Предложить алгоритм анализа ошибки регулирования.



89. Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.



90. Построение точной и асимптотической ЛАЧХ для структуры с передаточной функцией, аналитическое обоснование.

$$W(j\omega) = \frac{k}{1 + j\omega T}$$

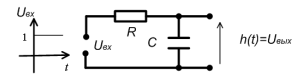
91. Построение точной и асимптотической ЛАЧХ для структуры с передаточной функцией.

$$W(j\omega) = \frac{100 \cdot (1 + 0.1j\omega)}{(1 + 0.2 \cdot 10^{-1} j\omega) \cdot (1 + 0.1 \cdot 10^{-1} j\omega) \cdot (1 + 0.5 \cdot 10^{-2} j\omega)}$$

92. Построение точной и асимптотической ЛАЧХ для структуры с передаточной функцией.

$$W(j\omega) = \frac{100}{j\omega \cdot (1 + 0.1 \cdot j\omega)}$$

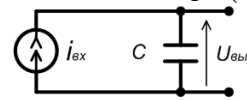
93. Получить аналитическое выражение для переходной характеристики предложенной схемы. Что изменится при включении параллельно с С активного сопротивления?



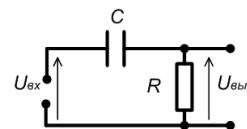
94. Получить аналитическое выражение для переходной характеристики предложенной структуры. Построить график.

$$W(p) = \frac{k}{p \cdot (1 + pT)}$$

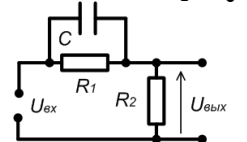
95. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



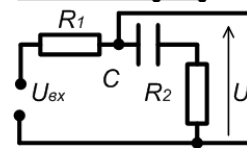
96. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



97. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



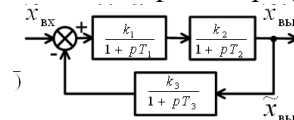
98. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.



99. Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.

$$W(p) = \frac{k}{p^2 T^2 + p 2\xi T + 1}$$

100. Применить критерий Гурвица для анализа устойчивости структуры. Сделать обобщающие выводы для соотношения постоянных времени.



101. Применить критерий Гурвица для анализа устойчивости структуры с характеристическим уравнением.

$$p^4 + 8p^3 + 3p^2 + 5 = 0;$$

102. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Михайлова.

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{10}{p(1+p)(1+9p)}$$

103. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста. Качественно. Годограф.

$$W_{\text{раз}}(j\omega) = \frac{k}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)(1 + j\omega T_3)}$$

104. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{60}{(-1 + 6p)(1 + p)}$$

105. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{60}{(1 + 6p)(-1 + p)}$$

той системы при помощи критерия Найквиста.

106. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{10}{j\omega(1+5j\omega)}$$

107. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{10}{(j\omega)^2(1+5j\omega)}$$

108. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{10}{(j\omega)^3(1+5j\omega)}$$

109. Оценить устойчивость системы с представленной передаточной функцией разомкнутой системы при помощи критерия Найквиста. Качественно. ЛАЧХ-ЛФЧХ.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{k}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)}$$

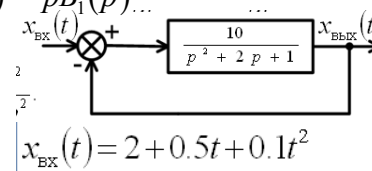
110. Качество системы. Оценить статическую ошибку для системы с передаточной функцией.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{k}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)}$$

111. Качество системы. Оценить кинетическую ошибку для системы с передаточной функцией.

$$W_{раз}(p) = \frac{k}{p(1+pT_2)(1+pT_3)} = \frac{A(p)}{pB_1(p)}$$

112. Оценить погрешность в замкнутой системе регулирования при указанной передаточной функции разомкнутой системы и известном входном воздействии. Метод коэффициента ошибки.



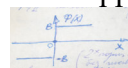
113. Показать к чему приводит коррекция систем при введения жёсткой отдельно положительной и отрицательной обратной связи для интегрирующего и инерционного звеньев.

114. Показать к чему приводит коррекция систем при введения гибкой отдельно положительной и отрицательной обратной связи для интегрирующего и инерционного звеньев.

115. Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.

115. Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.

117. Используя алгебраический критерий устойчивости предложить алгоритм определения параметров автоколебаний нелинейной САР. Передаточная функция линейной части, эквивалентный коэффициент передачи однозначной нелинейности заданы.



$$W_{нч}(A) = \frac{4B}{\pi A}$$

$$W_{лч}(j\omega) = \frac{k_{лч}}{j\omega(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$$

118. Используя метод Гольдфарба предложить алгоритм определения параметров автоколе-



$$q = \frac{4B}{\pi A} \sqrt{1 - \frac{c^2}{A^2}} \text{ при } A > c$$

баний нелинейной САР. Передаточная функция линейной части, эквивалентный коэффициент передачи однозначной нелинейности заданы.

$$W_{\text{лч}}(j\omega) = \frac{k_{\text{лч}}}{j\omega(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)}$$

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – **экзамен**.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не за-	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьёзные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и допол-

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
чтено	нительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащённая:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: ноутбуком; стационарным проектором.

Учебная аудитория для проведения практических занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащённая:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: ноутбуком; стационарным проектором.

Учебная аудитория для лабораторных работ - специализированная лаборатория: лаборатория Б-110 «Общепромышленные механизмы», расположенная по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (лабораторный корпус № 2).

Лаборатория оснащена десятью лабораторными стендами с аналоговыми вычислительными комплексами АВК-31М, цифровым регистрирующим осциллографом.

В основное оборудование лаборатории входят комплекты операционных усилителей для сбора и настройки узлов систем автоматического регулирования. Блок программного управления, обеспечивающий выполнение команд оператора, регистрирующие цифровые и стрелочные приборы.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащённое:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины:

1. Федосов Б.Т. Моделирование. ТАУ. Рудненский индустриальный институт, Рудный, Казахстан, 2002 – 2012. Информационно-справочное издание, обновлено автором 23.09.2012. Режим доступа: <http://www.modelexponenta.ru/>

2. Решение задач по ТОЭ, ОТЦ, Высшей математике, Физике, Программированию...[электронный ресурс]. Курс лекций. Теория автоматического управления. Education Banner Network – Образовательная Сеть. Режим доступа: <http://www.toehelp.ru/>

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Иванов, В. А. Теория дискретных систем автоматического управления: учебное пособие: в 2 частях / В. А. Иванов, М. А. Голованов. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 1 — 2010. — 100 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/584>
2. Нос, О. В. Теория автоматического управления. Теория управления особыми линейными и нелинейными непрерывными системами: учебное пособие / О. В. Нос. — Новосибирск: НГТУ, 2019. — 166 с. — ISBN 978-5-7782-3889-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152232>
3. Казанцев, В. П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления: учебное пособие / В. П. Казанцев. — Пермь: ПНИПУ, 2007. — 166 с. — ISBN 978-5-88151-687-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160419>

Дополнительная литература.

1. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для вузов. – М.: Наука, 1989. – 389 с.

Список авторских методических разработок.

1. Льготчиков В.В. Линейные и нелинейные САР в упражнениях. Методическая разработка по дисциплине «Теория автоматического управления» (Учебно-методическое издание). Методическая разработка. – Смоленск РИО филиала ФГБУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2018. – 104 с.
2. Льготчиков В.В. Линейные и нелинейные САР на операционных усилителях. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория автоматического управления» (Учебно-методическое издание). Методические указания. – Смоленск РИО филиала ФГБУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2018. – 56 с.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10