

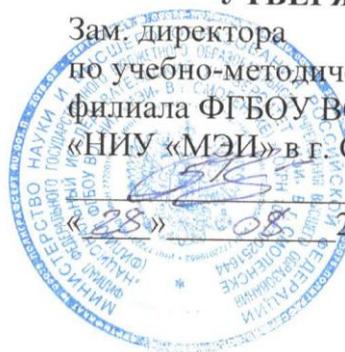
**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
по учебно-методической работе  
филиала ФГБОУ ВО  
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

В.В. Рожков

«28» 08 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: **09.03.01. «Информатика и вычислительная техника»**

Профиль **«Автоматизированные системы обработки информации и управления»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2019**

Программа составлена с учетом ФГОС ВО – бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 929

**Программу составил:**

**к.т.н., доцент**

**Н.П. Прокуденков**

« 25 » \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2019 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры « Вычислительная техника»

« 26 » \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2019 г., протокол № 10 \_\_\_\_\_

**Заведующий кафедрой вычислительной техники**

**д.т.н., профессор**

**А.С. Федулов**

« 02 » \_\_\_\_\_ 07 \_\_\_\_\_ 2019 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе**

**с ЛОВЗ и инвалидами**

**Е.В. Зуева**

« 02 » \_\_\_\_\_ 07 \_\_\_\_\_ 2019 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины: подготовка обучающихся по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков..

**Задачи:** изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач, касающихся разработки и исследования моделей объектов, систем и процессов;

- классификации систем управления;

- методологии разработки моделей объектов, систем и процессов;

- математического аппарата качественного и количественного исследования систем управления.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

**ПК-2** - способности с использованием методов анализа данных разрабатывать и исследовать модели объектов, систем и процессов.

**ПК-8** - Способен проводить работы по проектированию и исследованию автоматизированных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Информатика и вычислительная техника» для профиля подготовки «Автоматизированные системы обработки информации и управления».

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

Б1.В.ДВ.04.01 Методы анализа данных

Б1.В.ДВ.04.02 Прикладная статистика

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

Б1.В.09 Введение в цифровую обработку сигналов

Б1.В.10 Моделирование

Б1.В.14 Преобразователи первичной информации

Б1.В.15 Проектирование АСОИУ

Б1.В.ДВ.02.01 Искусственные нейронные сети

Б1.В.ДВ.02.02 Основы нечеткого логического вывода

Б1.В.ДВ.05.01 Основы теории надежности

Б1.В.ДВ.05.02 Надежность и диагностика технических средств

Б2.В.02(П) Проектно-технологическая практика

Б2.В.04(Пд) Преддипломная практика

Б3.01 Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
<p><i>ПК-2.-Способен, с использованием методов анализа данных, разрабатывать и исследовать модели объектов, систем и процессов</i></p>	<p>ПК-2.1 Разрабатывает с использованием методов анализа данных модели объектов, систем и процессов</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физические и математические модели основных элементов электрических схем;</li> <li>- требования к системе; методы построения моделей;</li> <li>- языки поведенческого описания цифровых компонентов и логических функций;</li> <li>- методы построения и анализа статических и динамических моделей объектов и систем управления</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать цели, исходя из анализа проблем, потребностей и возможностей;</li> <li>- формулировать задачи и требования к результатам аналитических работ и методам их выполнения;</li> <li>- создавать поведенческие модели;</li> <li>- проводить описание моделей стандартных элементов на поведенческом языке;</li> <li>- разрабатывать статические и динамические модели объектов и систем управления.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками измерения основных статических характеристик;</li> <li>- навыками измерения основных динамических характеристик;</li> <li>- навыками определения значимых показателей деятельности объекта автоматизации, на изменение которых направлен проект;</li> <li>- навыками определения критериев качества требований к подсистеме;</li> <li>- навыками установки целевых</li> </ul>

		значений показателей деятельности объекта автоматизации;
	ПК-2.2 Исследует с использованием методов анализа данных модели объектов, систем и процессов	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы проведения статического временного анализа;</li> <li>- методы анализа данных при построении динамических моделей объектов и систем управления;</li> <li>- процедуру управления изменениями требований;</li> <li>- оценку влияния возможных изменений на качество системы и интересы заинтересованных лиц;</li> <li>- выбор наиболее эффективного варианта реализации запроса совместно с разработчиком и автором запроса;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- владеть методами проведения статического временного анализа;</li> <li>- использовать техническую документацию и современные информационные технологии для решения поставленных задач;</li> <li>- анализировать статические и динамические модели объектов и систем управления, проводить описание поведенческих моделей объектов и систем управления</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками определения значения задержек, значений времен установления и удержания сигнала стандартных ячеек;</li> <li>- навыками разработки поведенческого описания моделей стандартных ячеек библиотеки;</li> <li>- навыками разработки тестовых воздействий для проверки функционирования стандартных ячеек библиотеки;</li> <li>- навыками исследования и идентификации статических и динамических моделей объектов и систем управления.</li> </ul>
<i>ПК-8 -Способен проводить работы по проектированию и исследованию автоматизированных</i>	ПК-8.1 Проектирует автоматизированные системы	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандарты оформления технических заданий;</li> <li>- методы концептуального проектирования;</li> </ul>

<p>систем</p>		<p>- Методы целеполагания  <b>Умеет:</b>                  - формулировать цели, исходя из анализа проблем, потребностей и возможностей;                  - разрабатывать технико-экономическое обоснование.  <b>Владеет:</b>                  - навыками описания общих требований к системе;                  - навыками представления и защиты технического задания на систему</p>
	<p>ПК-8.2 Исследует автоматизированные системы</p>	<p><b>Знает:</b>                  - оценку влияния возможных изменений на качество системы и интересы заинтересованных лиц;                  - выбор наиболее эффективного варианта реализации запроса совместно с разработчиком и автором запроса.  <b>Умеет:</b>                  - использовать методы проведения статического временного анализа;                  - анализировать статические и динамические модели объектов и систем управления.  <b>Владеет:</b>                  - навыками разработки тестовых воздействий для проверки функционирования стандартных ячеек библиотеки;</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.12. Теория автоматического управления

№	Индекс	Наименование	Семестр 5											Семестр 6											Итого за курс											Каф.	Семестры			
			Контроль	Академических часов									з.е.	Неделя	Контроль	Академических часов									з.е.	Неделя	Контроль	Академических часов										з.е.	Неделя	
				Всего	Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль	Всего				Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль	Всего	Кон такт.				Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль	Всего	Кон такт.					Лек
9	Б1.В.12	Теория автоматического управления	ЗаО РГР	180	50	34	16				121	9	5		Экз ЗаО 2 РГР	180	44	30		14			100	36	5		Экз ЗаО 2 РГР	360	94	64	16	14		221	45	10		15	56	

#### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

##### Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз - экзамен;

ЗаО - зачет с оценкой;

За – зачет;

##### Виды работ:

Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. – лекционные занятия;

Лаб.– лабораторные работы;

Пр. – практические занятия;

КРП – курсовая работа (курсовой проект);

РГР – расчетно-графическая работа (реферат);

СР – самостоятельная работа студентов;

з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

5 семестр

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия 17 шт. по 2 часа:</p> <p>1.1. Основные понятия о системах автоматического управления. Классификация систем управления, элементы систем управления, информация и принципы управления, примеры объектов и систем управления. Структурная схема типовой САУ. Виды регулирования.</p> <p>1.2. Статическая характеристика типового звена САУ. Статический коэффициент передачи. Понятие статизма регулирования. Методы расчета САУ в установившемся режиме по заданной точности регулирования. Расчет статической и астатической систем регулирования напряжения генератора постоянного тока.</p> <p>1.3. Общая характеристика соединений звеньев. Последовательное, параллельное согласное и встречное соединение звеньев. Преобразование структурных схем. Правила переноса звеньев по и против направления ветвления схемы.</p> <p>1.4. Передаточная функция САУ. Пример нахождения передаточной функции для пассивного RC-контура. Переходная функция САУ. Пример нахождения <math>h(t)</math> для инерционного звена. Методы определения постоянной времени инерционного звена.</p> <p>1.5. Комплексный коэффициент передачи. Годограф комплексного коэффициента передачи. Пример построения годографа системы с <math>W(p)=k/(1+pT)</math>. Частотные характеристики САУ. Логарифмические частотные характеристики. Правила построения асимптотической ЛАЧХ. Теорема Боде.</p> <p>1.6. Понятие устойчивости САУ. Необходимое и достаточное условия устойчивости САУ. Необходимое условие устойчивости Анализ устойчивости систем 1-го, и 2-го. порядков. Критерий Гурвица.</p> <p>1.7. Анализ устойчивости системы 3-го порядка. Нахождение <math>K_{рпред}</math> для статической системы 3-го порядка. Расчет <math>K_{рпред}</math> для астатической системы 3-го порядка. Методы повышения <math>K_{рпред}</math></p> <p>1.8. Частотные критерии устойчивости. Принцип аргумента. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста для систем устойчивых и нейтральных в разомкнутом состоянии. Критерий Найквиста для систем неустойчивых в разомкнутом состоянии.</p> <p>1.9. Анализ устойчивости САУ с запаздыванием. Практический критерий Найквиста. Критерий Найквиста для логарифмических частотных характеристик.</p> <p>1.10. Определение запаса устойчивости по амплитуде и фазе по годографу разомкнутой системы. Определение запасов устойчивости по логарифмическим характеристикам САУ. Метод корневого годографа.</p> <p>1.11. Показатели качества регулирования. Точные и косвенные методы оценки качества регулирования. Частотные методы оценки качества регулирования. Точность регулирования. Статическая ошибка регулирования. Кинетическая ошибка регулирования. Динамическая ошибка регулирования.</p> <p>1.12. Определение показателей качества по кривой переходного процесса Косвенные методы оценки качества переходного процесса. Оценка качества регулирования САУ по ЛАЧХ.</p>

	<p>1.13. Оценка качества переходного процесса по показателю колебательности. САР. Интегральные критерии качества. Методы повышения качества САР.</p> <p>1.14. Синтез минимально-фазовых систем. Способы включения корректирующих устройств. Методы синтеза. Синтез САР с последовательным корректирующим контуром по логарифмическим характеристикам.</p> <p>1.15. Типовые законы регулирования, типовые регуляторы. Устойчивость систем регулирования с типовыми регуляторами Методы оптимальной настройки регуляторов.</p> <p>1.16. Понятие адаптивных систем управления. Классификация адаптивных систем управления. Адаптивное управление с эталонной моделью 1-го порядка.</p> <p>1.17. Оптимальное управление. Гамильтонова формулировка условия оптимальности. Оптимальное управление САР с квадратичным функционалом.</p>
2	<p>Лабораторные работы 4 шт. по 4 часа</p> <p><b>Лабораторная работа 2.1.</b>  <i>Изучение универсального лабораторного стенда.</i>              Работа выполняется фронтальным методом одновременно на шести стендах. Во время проведения лабораторной работы требуется изучить типовые структуры САР, ознакомиться с работой генераторов гармонического и прямоугольного импульсов, провести с использованием осциллографа тестовые измерения заданных параметров</p> <p><b>Лабораторная работа 2.2.</b>  <i>Статические характеристики элементов линейных систем автоматического регулирования.</i>              Работа выполняется фронтальным методом одновременно на шести стендах. Требуется снять статические характеристики звеньев входящих, в состав реализуемых на стенде САР. По полученным данным необходимо рассчитать статические коэффициенты передачи каждого звена и всей системы в целом</p> <p><b>Лабораторная работа 2.3.</b>  <i>Статические характеристики систем автоматического регулирования.</i>              Работа выполняется фронтальным методом одновременно на шести стендах. Требуется снять статические характеристики по управлению разомкнутых и замкнутых систем регулирования скорости вращения вала двигателя и напряжения генератора постоянного тока. По полученным данным необходимо рассчитать коэффициенты передачи разомкнутых и замкнутых структур.</p> <p><b>Лабораторная работа 2.4.</b>  <i>Динамические характеристики элементов САР.</i>              Работа выполняется фронтальным методом одновременно на шести стендах. Необходимо определить с помощью осциллографа постоянные времени динамических звеньев входящих в состав исследуемых САР, а также снять амплитудно-частотную характеристику одного из звеньев системы.</p>
	<p>Расчетно-графическая работа</p> <p><b>Определение динамических параметров линейных систем.</b>              Дана функциональная схема системы стабилизации третьего порядка (6 структур). Для каждого обучающегося заданы индивидуально параметры звеньев, входящих в состав системы. Требуется найти передаточную функцию отдельных звеньев и системы в целом, оценить устойчивость системы по критерию Гурвица, а также по годографу разомкнутой системы и по ЛАЧХ и ЛФЧХ Рассчитать и построить графики выходной величины и ошибки регулирования.</p>

5	Самостоятельная работа студентов: 5.1. Подготовка к защите лабораторных работ. 5.2. 3 контрольных опроса после 4-й, 9-й, 15-й лекций. 5.3. Выполнение расчетно-графической работы 5.4. Подготовка к зачету по дисциплине (оценочные материалы приведены в разделе 6 настоящей РПД).
---	--

### 6 семестр

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	Лекционные занятия 15 шт. по 2 часа: 2.1 Основные понятия о дискретных системах. Классификация дискретных САР. Математическая сущность процесса преобразования непрерывного сигнала в импульсный. Структурная схема САР с АИМ. 2.2 Понятие о решетчатой функции. Спектры дискретных сигналов. Дискретное преобразование Лапласа (D- преобразование). Z – преобразование. Модифицированное Z – преобразование. Обратное Z-преобразование. 2.3 Основные теоремы дискретного операционного исчисления. Теорема разложения. Способы нахождения дискретного изображения по заданному непрерывному изображению. 2.4 Модель импульсной системы в виде структурной схемы.. Понятие конечных разностей. Математические модели импульсных систем в виде системы разностных уравнений. 2.5 Комплексные коэффициенты передачи и передаточные функции. Дискретная передаточная функция разомкнутых и замкнутых импульсных САР. 2.6 Получение передаточных функций и комплексных коэффициентов передачи разомкнутых и замкнутых импульсных систем. 2.7 Логарифмические частотные характеристики импульсных систем автоматического регулирования. Построение асимптотических частотных характеристик. 2.8 Переходная характеристика. Частотные характеристики импульсных САР. Теорема Котельникова-Шеннона. Аналог критерия устойчивости Гурвица. 2.9 Переходная характеристика. Частотные характеристики импульсных САР. Теорема Котельникова-Шеннона. Аналог критерия устойчивости Гурвица. 2.10 Цифровые системы управления. Обобщенная структурная схема цифровой САР. Передаточная функция АЦП. Передаточная функция ЦАП. Структурная схема цифровой линейризованной системы регулирования. 2.11 Показатели точности функционирования систем с цифровыми регуляторами. Запасы устойчивости. Показатели точности функционирования цифровых систем. 2.12 Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов. 2.13 Нелинейные системы, основные понятия. Структура обобщенной нелинейной САУ. Типовые нелинейные характеристики. Методы линеаризации нелинейных моделей. Методы построения фазовых портретов. Исследование нелинейных САУ на фазовой плоскости

	<p>2.14 Понятие устойчивости нелинейных систем. Первый метод Ляпунова. Второй метод Ляпунова. Метод гармонического баланса. Критерий абсолютной устойчивости равновесия.</p> <p>2.15 Анализ качества процессов управления с помощью метода гармонической линеаризации. Расчет переходных процессов в кусочно-линейных системах.</p>
2	<p>Практические занятия 7шт по 2 часа</p> <p>2.1 <math>Z</math> – преобразование. По заданной функции <math>x(t)</math> найти выражение для <math>x(j\omega)</math>. По заданной <math>F(Z)</math> определить решетчатую функцию-оригинал <math>f(n)</math> или <math>f(n, \sigma)</math> по ее <math>Z</math>-преобразованию тремя способами: в виде бесконечного ряда, разложением на элементарные дроби и при помощи интеграла обратного преобразования.</p> <p>2.2 Обратное <math>Z</math> – преобразование. По заданной <math>F(Z)</math> определить решетчатую функцию-оригинал <math>f(n)</math> или <math>f(n, \sigma)</math> по ее <math>Z</math>-преобразованию тремя способами: в виде бесконечного ряда, разложением на элементарные дроби и при помощи интеграла обратного преобразования.</p> <p>2.3 Модель импульсной системы задана в виде структурной схемы. Вычислить <math>Z</math>-преобразование для функции времени, изображение Лапласа которой имеет вид:</p> $L\{f(t)\} = \frac{k}{p^2(T_1 p + 1)},$ <p>используя: разложение изображения на простые дроби; основные теоремы операционного исчисления; таблицу <math>Z</math>-преобразований.</p> <p>2.4 Определение передаточных функций разомкнутых и замкнутых импульсных систем с непрерывной линейной частью.</p> <p>2.5 Анализ устойчивости импульсных систем с использованием алгебраических и частотных критериев устойчивости.</p> <p>2.6 Основные типовые нелинейности. Соединение и преобразование нелинейных элементов.</p> <p>2.7 Исследование устойчивости нелинейных систем методом фазовой плоскости.</p>
3	<p>Расчетно-графическая работа</p> <p><b>Определение динамических параметров импульсных систем.</b></p> <p>Дана функциональная схема системы стабилизации третьего порядка (6 структур). Для каждого обучающегося заданы индивидуально параметры звеньев, входящих в состав системы. Требуется используя преобразование Тастина найти дискретную передаточную функцию отдельных звеньев и системы в целом, оценить устойчивость импульсной системы по критерию Шур-Кона, а также по аналогу критерия Найквиста для разомкнутой импульсной системы и по ЛАЧХ и ЛФЧХ. Рассчитать и построить графики выходной величины и ошибки регулирования.</p>
4	<p>Самостоятельная работа студентов:</p> <p>5.1 Подготовка к контрольным опросам на практических занятиях (на 4-м и 7-м занятиях).</p> <p>5.2. Выполнение расчетно-графической работы.</p> <p>5.3. Подготовка к экзамену по дисциплине.          (оценочные материалы приведены в разделе 6 настоящей РПД).</p>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
	Лекции (5-й и 6-й семестр)	Классическая (традиционная, информационная) лекция в формате мультимедийных презентаций
	Лабораторные работы (5 семестр)	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде)
	Практические занятия (6 семестр)	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
	Контроль: <b>5 семестр -</b> (промежуточная аттестация: <b>зачет с оценкой</b> ). <b>6 семестр –</b> (промежуточная аттестация: <b>экзамен</b> )	Технология устного опроса

## **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 средства текущего контроля успеваемости:

### **5 семестр**

#### **Примеры вопросов для защиты лабораторной работы 1**

1. Что Вы понимаете под функциональной схемой системы автоматического регулирования? Приведите пример.
2. Как системы автоматического регулирования классифицируются по виду задания на регулирования?
3. Какие виды регулирования Вы знаете?
4. Как системы автоматического регулирования классифицируются по характеру динамических процессов?
5. Что Вы понимаете под регулятором автоматической системы?
6. Как объекты управления классифицируются по степени устойчивости?
7. Что является возмущающим воздействием в системе стабилизации скорости вращения вала двигателя.

8. Что является возмущающим воздействием в системе стабилизации напряжения генератора постоянного тока.

### **Примеры вопросов для защиты лабораторной работы 2**

1. Что такое статический режим работы САР?
2. Чем характеризуются звенья системы в режиме статики?
3. Как получить статическую характеристику звена экспериментальным путем?
4. Как по статической характеристике звена рассчитать его коэффициент передачи?
5. Дать определение коэффициента передачи разомкнутой системы?
6. Как экспериментально рассчитать  $K_p$ ?
7. В чем отличие астатических систем регулирования от статических?
8. Что такое системы стабилизации?
9. Какова размерность  $K_p$  в статической системе?
10. Какова размерность коэффициентов передачи отдельных звеньев: УР, УМ, устройства Дв-Г, двигателя по скорости, датчика скорости?

### **Примеры вопросов для защиты лабораторной работы 3**

1. Дать определение статической системе регулирования.
2. Дать определение статизму системы.
3. Дать определение астатической системе регулирования.
4. Почему в статической системе принципиально невозможно выполнение условия равенства ошибки  $=0$ ?
5. Что такое астатическое звено САР?
6. Что такое статизм объекта?
7. Что следует предпринять для повышения точности системы стабилизации?
8. Что такое напряжение трогания двигателя Утр? Как найти Утр, приведенное ко входу двигателя.
9. Что произойдет с регулируемой величиной  $\omega$  при изменении коэффициента передачи УР, УМ.
10. Что произойдет с регулируемой величиной  $\omega$  при изменении коэффициента передачи ДС.

### **Примеры вопросов для защиты лабораторной работы №4**

1. Дать определение передаточной функции и комплексного коэффициента передачи звена.
2. Дать определение переходной функции звена.
3. Дать определение АЧХ и ФЧХ звена.
4. Как определить постоянную времени инерционного звена по его переходной характеристике?
5. Дать определение ЛАЧХ и ЛФЧХ звена.
6. Как построить асимптотическую ЛАЧХ для инерционного звена?
7. Как построить ЛФЧХ по известной ЛАЧХ для инерционного звена

### **Примеры вопросов к контрольному опросу после 4-й лекции:**

1. Основные понятия и определения ТАУ (объект, регулятор, регулируемая величина, заданное значение).
2. Классификация САУ.
3. Определение устойчивости САУ. Что является необходимым условием устойчивости САР.
4. Что является достаточным условием устойчивости САР.

5. . Функциональная схема. Назовите основные принципы регулирования.
6. Типовые звенья САУ: устойчивое инерционное звено.
7. Типовые звенья САУ: идеальное и реальное интегрирующее звенья.
8. Типовые звенья САУ: пропорциональное, интегрирующее.
9. Определение Кпр для астатической системы 3-го порядка.
10. Определение Кпр для статической системы 3-го порядка.

#### **Примеры вопросов к контрольному опросу после 9-й лекции:**

1. Какие виды частотных характеристик вы знаете?
2. Сформулируйте критерий Михайлова.
3. Логарифмические частотные характеристики. Асимптотические ЛАЧХ.
4. Сформулируйте критерий Найквиста для устойчивых систем в разомкнутом состоянии.
5. Сформулируйте критерий Найквиста для нейтральных систем в разомкнутом состоянии.
6. Сформулируйте практический критерий Найквиста для годографов.
7. Сформулируйте практический критерий Найквиста для ЛЧХ.
8. Что такое запасы устойчивости? Как они подразделяются?
9. Как определить запас устойчивости по ЛЧХ.

#### **Примеры вопросов к контрольному опросу после 15-лекции:**

1. Точность процесса регулирования: статическая ошибка.
2. Точность процесса регулирования: кинетическая ошибка.
3. Точность процесса регулирования: динамическая ошибка.
4. Определение качества регулирования по логарифмическим частотным характеристикам.
5. Определение качества регулирования по переходной функции.
6. Задачи и методы синтеза линейных САУ.
7. Корректирующие устройства. Синтез САУ по ЛАЧХ.
8. Формирование желаемой ЛАЧХ.
9. Синтез последовательного стабилизирующего устройства по ЛАЧХ.

#### **Краткое содержание РГР:**

Дана функциональная схема системы стабилизации третьего порядка (6 структур). Для каждого обучающегося заданы индивидуально параметры звеньев, входящих в состав системы. Требуется найти передаточную функцию отдельных звеньев и системы в целом, оценить устойчивость системы по критерию Гурвица, а также по годографу разомкнутой системы и по ЛАЧХ и ЛФЧХ. Рассчитать и построить графики выходной величины и ошибки регулирования.

#### **Примеры вопросов к защите РГР:**

1. Какую систему вы исследуете – статическую или астатическую?
2. Объясните принцип работы вашей системы в динамическом режиме- (т.е. при изменении момента нагрузки)
3. Какой функциональный элемент обязательно присутствует в астатической системе?
4. Каким звеном описывается работа генератора напряжения?
5. Как рассчитать передаточную функцию двигателя по углу поворота?
6. Как вы рассчитали коэффициент передачи разомкнутой системы?
7. Устойчива ли ваша исходная система, если нет то почему?
8. Как вы оценивали устойчивость исходной системы по ЛЧХ?
9. Какие действия вы предприняли, чтобы рассматриваемая система стала устойчивой?
10. Как вы находили выражение для ошибки регулирования?
11. К чему стремиться установившееся значение переходной функции в вашей системе?

#### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### Примеры вопросов к зачету по дисциплине:

1. Основные понятия и определения ТАУ (объект, регулятор, регулируемая величина, заданное значение).
2. Определение устойчивости САУ. Необходимое условие устойчивости.
3. Классификация САУ.
4. Достаточное условие устойчивости.
5. . Функциональная схема. Принципы регулирования.
6. Запасы устойчивости САУ.
7. Типовые звенья САУ: устойчивое инерционное звено.
8. Определение Кпр для статической системы.
9. Типовые звенья САУ: идеальное и реальное интегрирующее звенья.
10. Определение Кпр для статической системы 3-го порядка.
11. Типовые звенья САУ: пропорциональное, интегрирующее.
12. Устойчивость систем первого и второго порядков.
13. Комплексный коэффициент передачи.
14. Практический критерий Найквиста.
15. Основные теоремы преобразования Лапласа.
16. Критерий устойчивости Гурвица.
17. Передаточная функция. Характеристическое уравнение.
18. Критерий Гурвица для систем 3-го порядка.
19. Способы определения постоянной времени инерционного звена.
20. Правила преобразования структурных схем: последовательное, параллельное – согласное.
21. Определение Кпр для астатической системы 3-го порядка.
22. Комплексный коэффициент передачи. Годограф ККП.
23. Принцип аргумента.
24. Частотные характеристики.
25. Критерий Михайлова.
26. Логарифмические частотные характеристики. Асимптотические ЛАЧХ.
27. Критерий Найквиста для устойчивых систем в разомкнутом состоянии.
28. Критерий Найквиста для нейтральных систем в разомкнутом состоянии.
29. Практический критерий Найквиста для годографов и ЛЧХ.
30. Точность процесса регулирования: статическая ошибка.
31. Точность процесса регулирования: кинетическая ошибка.
32. Определение качества регулирования по переходной функции.

### 6 семестр

#### Примеры вопросов к контрольному опросу на 4-м практическом занятии:

1. Сформулируйте определение дискретных систем. Какова структура и классификация импульсных систем?
2. Какие виды модуляции вы знаете?
3. Что такое решетчатая функция ?
4. Как найти D-изображение сигнала по известному оригиналу?
5. Свойства дискретного преобразования Лапласа.
6. Как найти D-изображение сигнала по известному L-изображению?
7. Как найти функцию оригинал по известному D-изображению?
8. В чем состоит математическая сущность преобразования непрерывного сигнала в

импульсный?

9. Что такое идеальный импульсный элемент?
10. Введите понятие конечных разностей ?
11. Как с использованием разностных уравнений можно составить модель импульсных систем?

#### **Примеры вопросов к контрольному опросу на 7-м практическом занятии:**

1. Поясните методы определения передаточных функций импульсных систем.
2. Что такое формирующее устройство?
3. Запишите передаточную функцию формирующего устройства.
4. Что позволяет сделать преобразование Тастина?
5. В чем принципиальное отличие частотных характеристик импульсных систем от непрерывных?
6. Каким образом определяются частотные характеристики импульсных систем?
7. Какими способами определяются переходные процессы в дискретных системах?
8. Сформулируйте условия устойчивости импульсных систем.
9. Сформулируйте критерий Найквиста для импульсных систем.
10. Как период дискретизации ИЭ влияет на устойчивость импульсной системы?

#### **Краткое содержание РГР:**

*Определение динамических параметров импульсных систем.*

Дана функциональная схема системы стабилизации третьего порядка (6 структур). Для каждого обучающегося заданы индивидуально параметры звеньев, входящих в состав системы. Требуется используя преобразование Тастина найти дискретную передаточную функцию отдельных звеньев и системы в целом, оценить устойчивость импульсной системы по критерию Шур-Кона, а также по аналогу критерия Найквиста для разомкнутой импульсной системы и по ЛАЧХ и ЛФЧХ. Рассчитать и построить графики выходной величины и ошибки регулирования.

#### **Примеры вопросов к защите РГР:**

1. Что такое решетчатая функция ?
2. Как найти D-изображение сигнала по известному оригиналу?
3. Что такое формирующее устройство?
4. Что позволяет сделать преобразование Тастина?
5. Как вы находили передаточную функцию разомкнутой импульсной системы?
6. Как вы находили передаточную функцию замкнутой импульсной системы?
7. Как вы оценили устойчивость полученной импульсной системы?
8. Каким образом вы выполнили модернизацию исходной системы.
9. В чем принципиальное отличие частотных характеристик непрерывных и импульсных систем?
10. Сравните устойчивость исходной непрерывной системы и полученной импульсной. Объясните результат.

Оценочные средства для промежуточной аттестации:

#### **Примеры вопросов к теоретической части экзамена:**

Первый и второй вопрос в экзаменационном билете – вопрос по лекционному материалу (вопросы 1-42). Третий вопрос – задача на тему, близкую к разбираемому на практических занятиях и в процессе выполнения расчетно-графической работы .

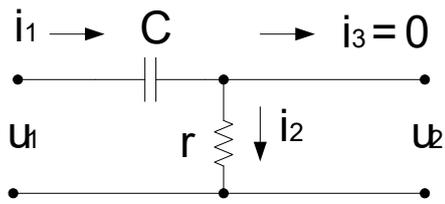
1. Типовые звенья САР: устойчивое инерционное звено.
2. Определение  $K_{пр}$  для статической системы.
3. Типовые звенья САР: идеальное и реальное интегрирующее звено.

4. Определение  $K_{пр}$  для статической системы 3-го порядка.
5. Типовые звенья САР: пропорциональное, интегрирующее.
6. Устойчивость систем первого и второго порядков.
7. Комплексный коэффициент передачи.
8. Практический критерий Найквиста.
9. Критерий устойчивости Гурвица.
10. Передаточная функция. Характеристическое уравнение.
11. Критерий Гурвица для систем 3-го порядка.
12. Способы определения постоянной времени инерционного звена.
13. Определение  $K_{пр}$  для астатической системы 3-го порядка.
14. Комплексный коэффициент передачи. Годограф ККП.
15. Принцип аргумента.
16. Частотные характеристики.
17. Критерий Михайлова.
18. Логарифмические частотные характеристики. Асимптотические ЛАЧХ.
19. Критерий Найквиста для устойчивых систем в разомкнутом состоянии.
20. Критерий Найквиста для нейтральных систем в разомкнутом состоянии.
21. Практический критерий Найквиста для годографов и ЛЧХ.
22. Точность процесса регулирования: статическая ошибка.
23. Классификация дискретных СУ.
24. Цифровые системы управления.
25. Изображения дискретных сигналов.
26. Свойства дискретного изображения.
27. Способы нахождения D-изображения по заданному L-изображению.
28. Способы нахождения функции оригинала по заданному D-изображению.
29. Особенности математического описания цифровых систем управления.
30. Преобразование Тастина.
31. Передаточная функция разомкнутой импульсной системы.
32. Передаточная функция замкнутой импульсной системы.
33. Алгебраический критерий устойчивости импульсных САР.
34. Частотные критерии устойчивости импульсных САР.
35. Построение ЛАЧХ импульсных САР.
36. Нелинейные модели систем управления.
37. Методы линеаризации нелинейных моделей.
38. Типовые нелинейности.
39. Анализ поведения систем управления на фазовой плоскости.
40. Фазовый портрет.
41. Понятие устойчивости нелинейных систем. Первый метод Ляпунова.
42. Второй метод Ляпунова. Метод гармонического баланса.

#### **Примеры задач к практической части экзамена:**

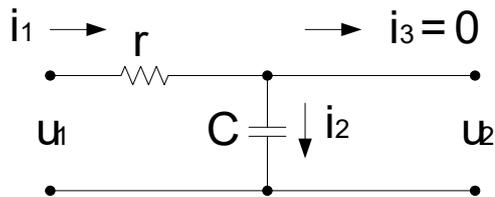
1. По представленной схеме устройства составить уравнения динамики и, перейдя к операционной форме записи, получить передаточную функцию для указанных входного и выходного сигналов.

$U_1$  – вход и  $U_2$  – выход

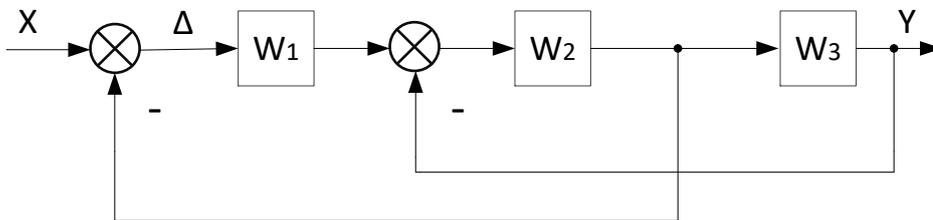


2. По представленной схеме устройства составить уравнения динамики и, перейдя к операционной форме записи, получить передаточную функцию для указанных входного и выходного сигналов.

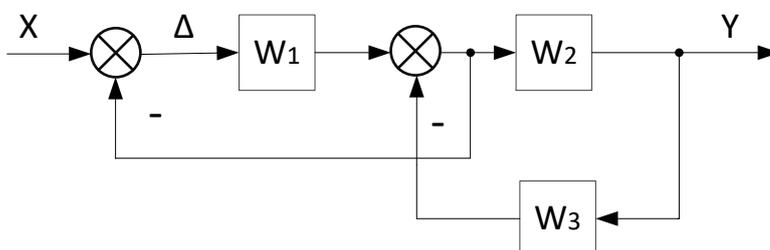
$U_1$  – вход и  $U_2$  – выход



3. Установить связь между сигналами X и Y по структурной схеме, используя правила преобразования структурных схем для операционной формы записи уравнений.



4. Установить связь между сигналами X и Y по структурной схеме, используя правила преобразования структурных схем для операционной формы записи уравнений.



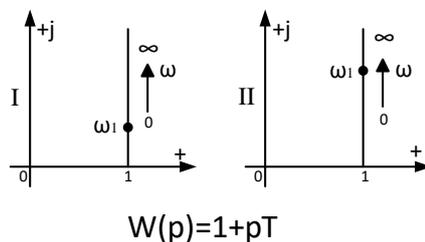
5. По заданной передаточной функции САР записать комплексный коэффициент передачи, найти его модуль и аргумент, а затем построить амплитудно-фазовые характеристики.

$$w(p) = \frac{10}{p^2(1+2p)}$$

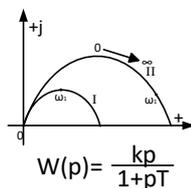
6. По заданной передаточной функции САР записать комплексный коэффициент передачи, найти его модуль и аргумент, а затем построить амплитудно-фазовые характеристики.

$$w(p) = \frac{10}{p(1+2p)^2}$$

7. Даны амплитудно-фазовые характеристики двух устройств с одинаковыми передаточными функциями. У какого из них параметр Т больше и почему?



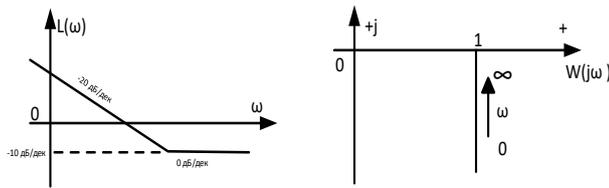
8. Даны амплитудно-фазовые характеристики двух устройств с одинаковыми передаточными функциями. У какого из них параметр Т больше и почему?



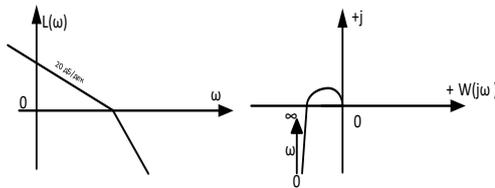
9. По заданной передаточной функции САР записать выражения и построить графики логарифмических частотных характеристик  $L(\omega)$  и  $\varphi(\omega)$ .

$$w(p) = \frac{30}{p(1+2p)(1+0,02p)}$$

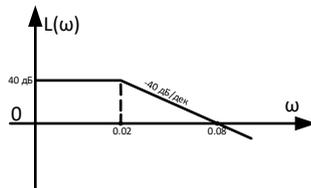
10. Установить правильность соответствия друг другу приведенных пар частотных характеристик минимально-фазовых устройств (привести пояснения).



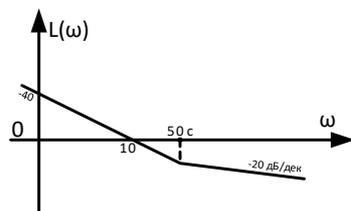
11. Установить правильность соответствия друг другу приведенных пар частотных характеристик минимально-фазовых устройств (привести пояснения)



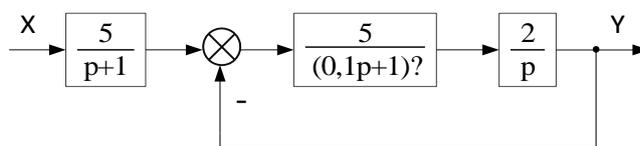
12. По графику  $L(\omega)$  построить на основании теоремы Боде приближенный график  $\varphi(\omega)$ , а затем по двум графикам дать амплитудно-фазовую характеристику устройства (качественно).



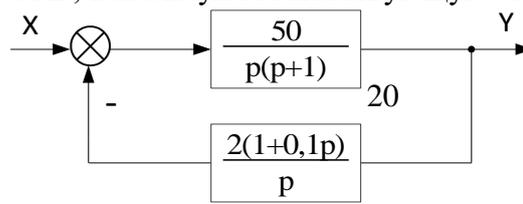
13. По графику  $L(\omega)$  записать передаточную функцию устройства.



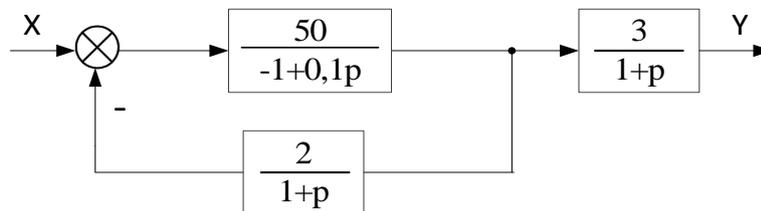
14. По заданной структурной схеме САУ составить характеристический полином разомкнутой и замкнутой системы.



15. С помощью критерия Найквиста для логарифмических частотных характеристик, оценить устойчивость САУ, используя соответствующую структурную схему.



16. С помощью критерия Найквиста для логарифмических частотных характеристик, оценить устойчивость САУ, используя соответствующую структурную схему.



17. Вычислить Z-преобразование для функции времени, изображение Лапласа которой:

$$L\{f(t)\} = \frac{k}{p^2(T_1 p + 1)}$$

(Разложить изображение на простые дроби. Использовать таблицу Z-преобразований.)

18. Дано W-преобразование дискретной функции времени  $F^*(w) = \frac{aT_0^2(1-w^2)w}{4w^3}$ , где  $a = 5c^{-2}$ ;  $T_0 = 1c$ . определить исходную дискретную функцию времени.

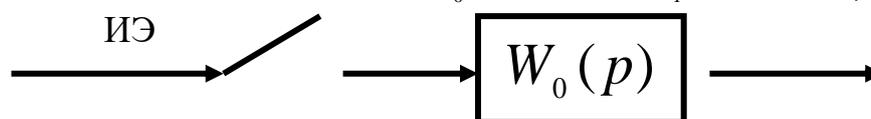
(Использовать подстановку  $w = \frac{z-1}{z+1}$ .)

19. Вычислить Z-преобразование и W-преобразование для функции времени  $f(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ , определенной для  $t \geq 0$ . Период дискретности  $T_0 = 0.1c$ . Значения коэффициентов:  $a_0 = 1$ ;  $a_1 = 2c^{-1}$ ;  $a_2 = 4c^{-2}$ .

(Использовать таблицу Z-преобразований и подстановку  $w = \frac{z-1}{z+1}$ .)

20. Для импульсного фильтра построить логарифмические амплитудную и фазовую характеристики. Передаточная функция непрерывной части  $W_0(p) = \frac{K}{(1+T_1 p)}$ .

Исходные данные:  $K = 100c^{-1}$ ,  $T_0 = 0.05c$ ,  $T_1 = 0.2c$ ,  $\gamma = 0.1$ .



21. Передаточная функция замкнутой импульсной системы регулирования равна:

$$\Phi(z) = \frac{0.11z}{z^2 - 1.67z + 0.78}$$

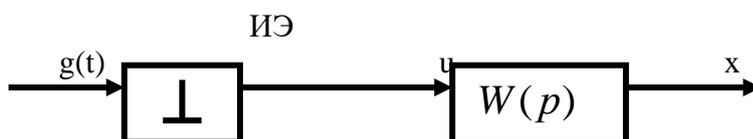
Определить устойчивость этой системы.

22. Передаточная функция замкнутой импульсной системы регулирования равна:

$$\Phi(z) = \frac{0.11z}{z^2 - 1.67z + 0.78}$$

Определить устойчивость этой системы.

23. Построить амплитудно-фазовую частотную характеристику импульсной системы, построить логарифмические амплитудную и фазовую характеристики.



Данные: 
$$W(p) = \frac{K}{p(1+T_1p)(1+T_2p)}$$

$$K = 100c^{-1}, \quad T_0 = 0.05c, \quad T_1 = 0.2c, \quad T_2 = 0.01c \quad \gamma = 0.01.$$

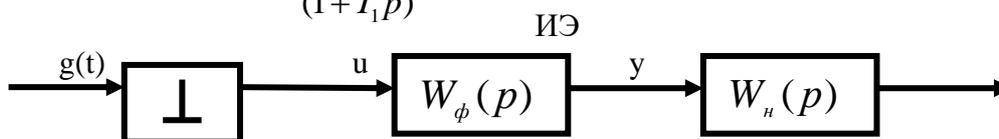
24. Передаточная функция замкнутой импульсной системы регулирования равна:

$$\Phi(z) = \frac{0.1}{z^2 - 1.5z + 0.6}$$

Определить устойчивость этой системы.

25. Построить логарифмические амплитудную и фазовую характеристики, если

$$W(p) = \frac{K}{(1+T_1p)}$$



$$K = 100c^{-1}, \quad T_0 = 0.05c, \quad T_1 = 0.2c, \quad \gamma = 0.1.$$

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

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине: **5-й семестр – зачет с оценкой; 6-й семестр - 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)»/	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«зачтено»	<p>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 выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».</p>
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	<p>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 выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».</p>
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы 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..</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».</p>
«неудовлетворительно»/ не зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные 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.</p> <p>Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Для лекций и практических занятий:

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

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Лабораторные работы по данной дисциплине проводятся в учебной лаборатории № В-308 «Автоматическое управление» (оснащена 6 лабораторными стендами).

В основное оборудование указанных лабораторий входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Теория автоматического управления» и «Основы теории управления».

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

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

### Программное обеспечение:

Операционная система OS Windows 10; офисный пакет Microsoft Office – для работы над РПД и методическим обеспечением к ней;

MathCad, MATLAB – на практических занятиях и при выполнении РГР.

## 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;

- зачёт проводится 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;

- зачёт проводится 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;

- зачёт проводится 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. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0995-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/68460> (дата обращения: 16.01.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-5816-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145842> (дата обращения: 16.01.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Певзнер, Л. Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 604 с. — ISBN 978-5-8114-2161-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75516> (дата обращения: 16.01.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Прокуденков Н.П. Сборник лабораторных работ по курсу «Основы теории управления» / Н.П. Прокуденков. – Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ» в г. Смоленске, 2015. – 28 с.

5. Прокуденков Н.П. Методические указания к расчетно-графической работе по курсу «Основы теории управления» / Н.П. Прокуденков. – Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ» в г. Смоленске, 2016. – 32 с.

**Дополнительная учебная литература**

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Спб.: Профессия, 2004. – 747 с.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10