

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08

(индекс дисциплины)

**Метрология, сертификация, технические измерения и
автоматизация теплотехнологических процессов**

(Наименование дисциплины)

Кафедра:

32

Код

Автоматизации технологических процессов и производств

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования: Бакалавриат

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	216		216
	Аудиторные занятия	85		20
	Лекции	34		8
	Лабораторные занятия	17		
	Практические занятия	34		12
	Самостоятельная работа	95		187
	Промежуточная аттестация	36		9
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	6		6
	Зачет			
	Контрольная работа			6
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		6		6

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная						6				
Очно-заочная										
Заочная						6				

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № b130301-3_20
z130301-3_20

Кафедра-разработчик: Автоматизации технологических процессов и производств

Заведующий кафедрой: Ковалев Д.А.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей (ТСУ и ТД)
Промышленной теплоэнергетики (ПТЭ)

Заведующий кафедрой: ТСУ и ТД Злобин В.Г.
ПТЭ Смородин С.Н.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области метрологии, сертификации, технических измерениях и автоматизации тепловых процессов

1.3. Задачи дисциплины

- Научить студентов формулировать требования к выбору измерительных средств и средств автоматизации для конкретной задачи из имеющихся стандартных, правильно оценивать погрешности средств и результатов измерений в технике и научных исследованиях.
- решать вопросы информационного обеспечения АСУТП ТЭС.
- формулировать требования к разрабатываемым системам автоматизации.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-8	Готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования.	1
Планируемые результаты обучения Знать: 1) работу по автоматизации технологических процессов и производств. Уметь: 1) обеспечивать технологические процессы и производства средствами автоматизации и управления. Владеть: 1) современными методами и средствами автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (ПК-8)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Основы теории измерений			
Тема 1. Основные понятия метрологии. Понятие величины измерения и результата измерений. Система СИ. Классификация измерений и методов измерений. Погрешности, систематизация погрешностей, погрешности измерительных устройств, классы точности приборов.	14		16
Тема 2. Основные сведения из информационной теории измерений. Квантование и дискретизация измерительных сигналов.	10		16
Тема 3. Государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП) Разработка современных методов нормирования метрологических	20		16

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
характеристик систем измерения и управления и методы их аттестации.			
Текущий контроль 1 (опрос)	1		
Учебный модуль 2. Методы измерения температуры, уровня, давления, расхода			
Тема 4. Общие сведения о температурных шкалах и единицах измерения температуры. Классификация приборов измеряющих температуру. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термометры сопротивления. Термоэлектрические термометры. Приборы, работающие в комплекте с термометрами сопротивления и термопарами, стандартные градуировки.	20		22
Тема 5. Измерение давления, уровня, расхода. Единицы измерения давления. Жидкостные манометры и дифманометры. Манометры с упругими чувствительными элементами. Преобразователи давления. Системы дистанционной передачи сигналов. Электроконтактные манометры. Манометры с тензопреобразователями. Основные сведения об установке манометров и дифманометров. Принцип действия и конструкция тягопаромеровки. Измерение уровня: классификация методов измерения уровня. Измерение уровня. В сосудах находящихся под давлением, буйковые, поплавковые, емкостные, пьезометрические уровнемеры. Основы теории измерения расхода расходомерами переменного перепада давления. Виды сужающих устройств. Расходомеры постоянного перепада давления, тахометрические и индукционные расходомеры.	24		26
Текущий контроль 2 (опрос)	1		
Учебный модуль 3. Методы анализа газов и растворов. Информационно-измерительные системы в теплоэнергетике (ИИС).			
Тема 6. Сведения о методах анализа газов, единицы. Разновидности газоанализаторов, объемные химические газоанализаторы. Термокондуктометрические, термохимические и магнитные газоанализаторы. Хроматографические газоанализаторы для анализа многокомпонентных газовых смесей. Классификация методов, используемых для анализа растворов. Кондуктометрические методы анализа, схемы и принцип действия контактных и бесконтактных кондуктометров. Потенциометрические методы анализа растворов. Измерительная схема pH-метра	20		26
Тема 7. Принципы построения ИИС. Алгоритмы обработки измерительной информации. Принципы построения систем централизованного контроля теплоэнергетическими объектами. Применение микропроцессоров в измерительной технике.	24		22
Текущий контроль 3 (опрос)	1		
Учебный модуль 4. Основы теории автоматического управления теплоэнергетическими процессами			
Тема 8. Основные понятия теории управления и регулирования. Задачи и методы исследования САУ. Структурные схемы. Статические и динамические характеристики. Передаточные функции. Частотные характеристики. Математическое описание объектов управления. Типовые, линейные звенья. Классификация АСР.	14		14
Тема 9. Основные задачи и этапы проектирования САУ. Критерии устойчивости. Критерии качества. Типовые законы регулирования. Расчет настроек регуляторов. Оптимальные настройки. Исполнительные и регулирующие устройства АСР. Примеры технической реализации САУ.	20		14
Тема 10. Автоматизация барабанных и прямоточных котлов. Особенности динамики, основные регулируемые участки: регулирование горения, питания температуры, разряжения давления. Особенности автоматизации энергоблоков. Параллельная работа парогенераторов. Схемы автоматизации вспомогательного оборудования ТЭС	10		20
Текущий контроль 4 (опрос)	1		
Текущий контроль 1-4 (контрольная работа)			15
Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)	36		9
ВСЕГО:	216		216

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	6	4			6	1
2	6	4			6	0,5
3	6	3			6	0,5
4	6	3			6	1
5	6	3			6	0,5
6	6	4			6	0,5
7	6	4			6	1
8	6	3			6	1
9	6	3			6	1
10	6	3			6	1
ВСЕГО:		34				8

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
3	Расчет погрешностей при измерении температуры	6	10			6	4
8	Преобразование структур САУ. Проектирование АСК и АСР	6	10			6	4
9	Расчет настроек САУ. Функциональные схемы автоматизации теплоэнергетических процессов. Составление спецификации на технические средства для функциональной схемы. Автоматическое управление содорегенерационным агрегатом. Автоматическое управление парогенератором. Автоматическое управление водогрейным котлом	6	14			6	4
ВСЕГО:		34				12	

3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Изучение и исследование прибора алгебраического суммирования ПФ1.1	6	4				
3	Изучение и исследование мембранного пневматического привода МПП-16	6	4				
4	Изучение и исследование нормирующего преобразователя ПТ-ТС-68	6	4				
6	Изучение и исследование пневмоэлектрического ППЭ-2 и электропневматического ЭПП-63 преобразователей	6	5				

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
ВСЕГО:			17				

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3,4	опрос	6	4				
1-4	контрольная работа					6	1

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	6	33			6	86
Подготовка к практическим занятиям	6	32			6	86
Подготовка к лабораторным занятиям	6	30				
Выполнение контрольной работы					6	15
Подготовка к экзамену	6	36			6	9
ВСЕГО:		131				196

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Практические занятия	Разбор конкретных ситуаций, принятие решений в условиях не полной определенности	14		4

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Николаев, М.И. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством [Электронный ресурс]/ М.И.Николаев. — М.: ИНТУИТ, 2016.— 115с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16706>. — ЭБС «IPRbooks».

2. Голуб, О.В. Стандартизация, метрология и сертификация [Электронный ресурс]: учеб. пособ./ О.В.Голуб, И.В.Сурков, В.М.Позняковский. — Саратов: Вузовское образование, 2014. - 334с. .— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4151>— ЭБС «IPRbooks».

б) дополнительная учебная литература

3. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации / И.В.Бондаренкова, Г.А.Кнодель, Г.А.Кондрашкова, А.В.Черникова, В.П.Яковлев. - СПб.: СПГТУРП, 2013.-101с.— Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/praktikumsertifikazii.htm>. — ЭБ ВШТЭ.

4. Ким, К.К. Электрические измерения неэлектрических величин [Электрон. ресурс]: учеб.пособ./ К.К.Ким, Г.Н.Анисимов. —М.: ФГБОУ, 2014. -134с. .— Режим доступа: <http://www.knigafund/books/173450>.— ЭБС «КнигаФонд».

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Не предусмотрено

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Издательский дом МЭИ- publish@mpei.ru, publish@mpei-publishers.ru.
2. Электронная библиотека СПб ГУПТД - <http://www.iprbookshop.ru>.
3. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД - http://nizrp.narod.ru/ebmu_m.htm.

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1.
2. Microsoft Office Professional 2013.

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет.
3. Специализированная лаборатория.

8.6. Иные сведения и (или) материалы

1. Компьютерные презентации.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий и основных положений в области систем управления базами данных. Информация берется из энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии и др.
Лабораторные занятия	Проведение учебного эксперимента на лабораторной установке под руководством преподавателя для снятия динамических характеристик элементов САУ. Расчет погрешностей технических средств автоматизации.
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, с текстами из списка основной и дополнительной учебной литературы, подготовка ответов к контрольным вопросам, опросам, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение материала дисциплины на занятиях с использованием компьютерных технологий, интернет-источников.
Самостоятельная работа	Расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и рекомендуемой литературе; выполнения контрольной работы для студентов заочной формы обучения, а также подготовки к опросам. Самостоятельная работа выполняется индивидуально или под руководством и при участии преподавателя.

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
	При подготовке к экзамену необходимо проработать теоретический материал, рекомендуемую литературу. Проанализировать результаты выполнения практических занятий.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-8 (1)	1. Обладает навыками работы по автоматизации технологических процессов и производств. 2. Способен обеспечивать технологические процессы и производства средствами автоматизации и управления 3. Разбирается в современных методах и средствах автоматизации контроля диагностики испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (30 вопросов) 2. Перечень практических заданий (15 задач)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
отлично	Отлично знает принцип работы тепловой электрической станции, знает перечень технических средств автоматизации и основного оборудования ТЭС, знает принцип работы каждого элемента в отдельности, отлично знает сущность физических процессов, протекающих в технических средствах автоматизации ТЭС. Способен быстро и грамотно оценить влияние внешних условий на протекание процессов и оценить взаимное влияние процессов друг на друга. Владеет методикой теплового расчета ТЭС. Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией. Способен легко ориентироваться при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
хорошо	Хорошо знает принцип работы тепловой электрической станции, допускает незначительные ошибки при определении комплекса технических средств автоматизации ТЭС. Хорошо знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭС.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Допускает незначительные погрешности при применении

	Способен оценить влияние внешних условий на протекание процессов и оценить взаимное влияние процессов друг на друга с допущением незначительных ошибок. Способен логично мыслить, способен системно излагать материал, излагает его, не допуская существенных неточностей. Способен эффективно применять теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем.	математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
удовлетворительно	Имеет слабое представление о принципах работы тепловой электрической станции, допускает ошибки при определении технических средств автоматизации ТЭС. Имеет слабое представление о сущности физических процессов, протекающих на ТЭС. Способен применить знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Имеются затруднения с выводами. Способен к решению конкретных практических задач из числа предусмотренных рабочей программой.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
неудовлетворительно	Не знает принцип работы тепловой электрической станции, не знает технических средств автоматизации ТЭС. Не знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭС. Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение.

** Существенные ошибки – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).*

** Несущественные ошибки – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.*

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Погрешности измерения	1
2	Измерение уровня. Механические уровнемеры.	2
3	Основные понятия метрологии. Характеристика автоматических средств измерения	3
4	Измерение температуры. Термометры расширения	4
5	Манометрические термометры	4
6	Термопреобразователи сопротивления	4
7	Ротаметры	4
8	Гидростатические и электрические уровнемеры	4
9	Измерение давления.	5
10	Измерение расхода. Расходомеры переменного перепада давления.	5
11	Измерение уровня. Механические уровнемеры.	5
12	Измерение концентраций пыли в газоходах	5
13	Измерение концентраций пыли в воздухе. Пылемеры	5

14	Измерение состава и свойств газов. Газоанализаторы.	6
15	Передаточные функции соединений динамических звеньев.	7
16	Передаточная функция соединения с обратной связью.	7
17	Исполнительные устройства.	7
18	Типовые звенья САУ	8
19	Передаточная функция	8
20	Основные элементы структурных схем	8
21	Структурная схема одноконтурной САУ	8
22	Релейные и непрерывные регуляторы. П-регулятор.	8
23	Передаточные функции САУ	9
24	Устойчивость САУ. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица	9
25	Критерий устойчивости Михайлова	9
26	Прямые и косвенные показатели качества САУ.	9
27	Методика построения графических условных обозначений средств автоматизации.	9
28	Критерий устойчивости Найквиста	10
29	Соединения динамических звеньев	10
30	Функциональные схемы автоматизации.	10

Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/ п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1	<p>Тема 7. Принципы построения ИИС. Задача: Преобразовать структурную схему САУ и определить ее передаточную функцию.</p>	<p>Решение: 1. $W'(p)$ – передаточная функция внутреннего контура САУ.</p> $W'(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)}$ <p>2. Передаточная функция всей САУ</p> $W(p) = \frac{W'(p)}{1 - W'(p)} = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) - W_1(p)}$
2	<p>Тема 8. Основные понятия теории управления и регулирования. Задача: Определить передаточную функцию динамического звена по значениям его входного и выходного сигналов.</p> <p>$W(p) = ?$</p>	<p>Решение: $x(t) = t^3; y(t) = e^{6t};$ $x(p) = \frac{3!}{p^4} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{p^4} = \frac{6}{p^4};$ $y(p) = \frac{1}{p + 6};$ $W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{1 \cdot p^4}{(p + 6) \cdot 6} = \frac{p^4}{(p + 6) \cdot 6}$</p>

3	<p>Тема 9. Основные задачи и этапы проектирования САУ. Задача 3: Найти аналитические выражения для АФЧХ, АЧХ и ФЧХ динамического звена с передаточной функцией</p> $W(p) = \frac{p^4}{(p+6) \cdot 6}$	<p>Решение: АФЧХ:</p> $W(i\omega) = \frac{(i\omega)^4}{(i\omega + 6) \cdot 6} = \frac{\omega^4}{6 \cdot (i\omega + 6)} =$ $= U(\omega) + iV(\omega)$ $W(i\omega) = \frac{\omega^4}{36\omega^4 - 6i\omega^5} \cdot \frac{36 - 6i\omega}{36 - 6i\omega} =$ $= \frac{1296 + 36\omega^2}{6\omega^5} - i \cdot \frac{1296 + 36\omega^2}{\omega^4}, \text{ где}$ $U(\omega) = \frac{216 + 6\omega^2}{\omega^5}$ $V(\omega) = -\frac{1296 + 36\omega^2}{\omega^4}$ <p>АЧХ:</p> $A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} =$ $= \sqrt{\left(\frac{\omega^4}{36 + \omega^2}\right)^2 + \left(-\frac{\omega^5}{216 + 6\omega^2}\right)^2} =$ $= \sqrt{\left(\frac{\omega^4}{36 + \omega^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega^5}{216 + 6\omega^2}\right)^2}$ <p>ФЧХ:</p> $\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} =$ $= \text{arctg} \frac{-216 + 6\omega^2}{\omega^4} =$ $\text{arctg} \left(-\frac{6i\omega + 36}{\omega^5 \cdot (36 + \omega^2)} \right) =$ $\text{arctg} \left(-\frac{\omega \cdot (36 + \omega^2)}{216 + 6\omega^2} \right)$
---	---	---

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная

10.3.3. Особенности проведения экзамена

- Возможность пользоваться нормативной литературой, калькулятором;
- Время на подготовку ответа по билету 45 минут.