

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.21**

Метрология, технологические измерения и автоматизация

Учебный план: ФГОС3++z130301-23\_21-15.plx

Кафедра: **32** Автоматизации технологических процессов и производств

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
3	УП	6	4	4	157	9	5	Экзамен
	РПД	6	4	4	157	9	5	
Итого	УП	6	4	4	157	9	5	
	РПД	6	4	4	157	9	5	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

доцент

Рожков В.И.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизации  
технологических процессов и производств

Ковалев Д.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморodin С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области метрологии, технических измерений и автоматизации.

### 1.2 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 АСУ ТП ТЭС.
- формулировать требования к разрабатываемым системам автоматизации

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Электротехника и электроника

Физика

Математика

Информационные технологии

Котельные установки и парогенераторы

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-5: Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники</b>
---

<b>Знать:</b> Методы и средства измерений, цифровые измерительные приборы; назначение и принцип действия средств измерения; оценку погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами.
---

<b>Уметь:</b> Выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.
--

<b>Владеть:</b> Навыками проведения измерений величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.
---

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Основы теории измерений	3					
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		0,5			20	
Тема 2. Государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП). Разработка современных методов нормирования метрологических характеристик систем измерения и		0,5			20	
Раздел 2. Методы измерения температуры, уровня, давления, расхода						
Тема 3. 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. Лабораторная работа: "Изучение и исследование прибора алгебраического суммирования ПФ1.1".		0,5		1	20	

<p>Тема 4. 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</p>		1	2		20	ИЛ
<p>Раздел 3. Методы анализа газов и растворов. Информационно- измерительные системы в теплоэнергетике (ИИС).</p>						
<p>Тема 5. Принципы построения ИИС.  Алгоритмы обработки измерительной информации. Принципы построения систем централизованного контроля теплоэнергетическими объектами. Применение микропроцессоров в измерительной технике.</p>		0,5			20	
<p>Тема 6. Сведения о методах анализа газов, единицы. Разновидности газоанализаторов, объемные химические газоанализаторы. Термокондукто- метрические, 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.  Лабораторная работа: "Изучение и исследование мембранного пневматического привода МПП-16".</p>		1		1	20	ИЛ

Раздел 4. Основы теории автоматического управления теплоэнергетическими процессами					
Тема 7. 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.	1			15	
Тема 8. 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. Лабораторная работа: "Изучение и исследование пневмоэлектрического ППЭ- 2 и электро-пневматического ЭПП-63 преобразователей".	1	2	2	22	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	6	4	4	157	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)	2,5			6,5	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	16,5			163,5	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-5	Излагает методы измерений, принцип действия средств измерения; оценивает погрешности при измерениях. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники. Использует навыки проведения измерений величин для решения конкретных задач на объектах теплоэнергетического комплекса.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (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	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.

	<p>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.</p>	
4 (хорошо)	<p>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. 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.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Допускает незначительные погрешности при решении задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>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</p>	<p>Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Допускает незначительные погрешности при решении задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>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.</p>	<p>Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Или получил неправильный ответ.</p>

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 3	
1	Функциональные схемы автоматизации.
2	Соединения динамических звеньев
3	Критерий устойчивости Найквиста
4	Построение схем автоматизации с использованием графических условных обозначений.
5	Прямые и косвенные показатели качества САУ.
6	Критерий устойчивости Михайлова
7	Критерий устойчивости Рауса-Гурвица
8	Понятие устойчивости САУ.
9	Передаточные функции САУ
10	ПИ- и ПИД-регуляторы. Сфера применения в теплоэнергетике
11	Релейные и непрерывные регуляторы. П-регулятор.
12	Структурная схема одноконтурной САУ
13	Основные элементы структурных схем
14	Передаточная функция
15	Типовые звенья САУ
16	Исполнительные устройства.
17	Передаточная функция соединения с обратной связью.
18	Передаточные функции соединений динамических звеньев.
19	Тепловизоры: типы, конструктивные особенности ,способы применения в теплоэнергетике и ЖКХ
20	Типы газоанализаторов.
21	Способы измерение состава и свойств газов.
22	Измерение концентраций пыли в воздухе. Пылемеры
23	Измерение концентраций пыли в газоходах
24	Механические, ультразвуковые и другие типы уровнемеров
25	Способы измерение уровня
26	Вихревые расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
27	Тахометрические расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
28	Расходомеры ультразвуковые: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
29	Электромагнитные расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
30	Расходомеры переменного перепада давления.
31	Способы измерение расхода.
32	Датчики и первичные преобразователи давления
33	Способы измерение давления.
34	Гидростатические и пьезоэлектрические уровнемеры
35	Тягонапорометры
36	Ротаметры
37	Измерение уровня. Механические уровнемеры. Электронные уровнемеры
38	Термопреобразователи сопротивления
39	Манометрические термометры
40	Измерение температуры. Термометры расширения
41	Основные понятия метрологии.
42	Измерение температуры. Термометры расширения
43	Основные понятия метрологии. Характеристика автоматических средств измерения
44	Погрешности измерения



## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы) находятся в Приложении к данной РПД.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

В течение семестра выполняется контрольная работа.

Время на подготовку ответа по экзаменационному билету - 45 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Радкевич, Я. М., Схиртладзе, А. Г., Лактионов, Б. И.	Метрология, стандартизация и сертификация	Саратов: Вузовское образование	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/79771.html">http://www.iprbookshop.ru/79771.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
И.В. Бондаренкова [и др.]	Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации [Текст]: учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2013	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/praktikumsertifikazii.htm">http://www.nizrp.narod.ru/praktikumsertifikazii.htm</a>
Г.А. Кондрашкова, И.В. Бондаренкова, Е.П. Дятлова	Метрология. Стандартизация. Сертификация. Квалиметрия. Практикум [Текст] : учебно-методическое пособие	М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : ВШТЭ СПб ГУПТД	2019	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafinfizmtex/2019_04_27_01.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafinfizmtex/2019_04_27_01.pdf</a>
И.В. Бондаренкова [и др.]	Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2009	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metrstandsertif.htm">http://www.nizrp.narod.ru/metrstandsertif.htm</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронная библиотека СПб ГУПТД [Электронный ресурс] URL:- <http://www.iprbookshop.ru>.
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс] URL:- [http://nizrp.narod.ru/ebmu\\_m.htm](http://nizrp.narod.ru/ebmu_m.htm).

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

PTC Mathcad 15

Adobe: Lightroom 6 AcademicEdition License International English Multiple Platforms

MicrosoftOfficeProfessional 2013

**6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Аудитория	Оснащение
Б-407а	Пневматические стенды для работы с ПЭП и ЭПП, мембранным приводом, прибором простейших арифметических операций, стенд для работы с преобразователем сопротивления в унифицированный токовый сигнал
Б-401	Лабораторные стенды для работы с контроллерами Ремикон, Контар, Омрон, Минитерм, Simens, специализированная мебель, доска, мультимедийное оборудование
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска

Приложение

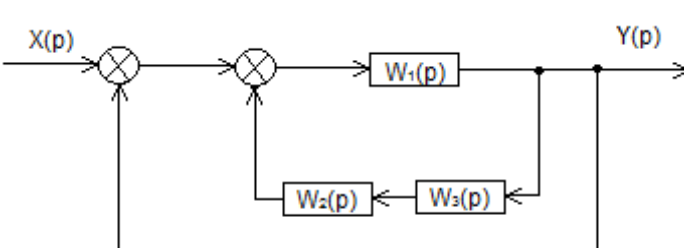
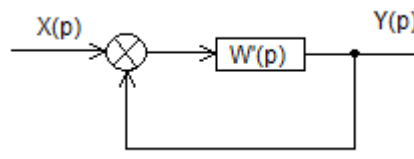
рабочей программы дисциплины Метрология, технологические измерения и автоматизация

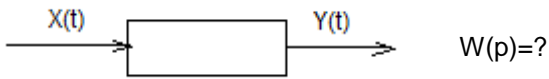
наименование дисциплины

по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

наименование ОП (профиля): Промышленная теплоэнергетика

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/ п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1	<p>Тема 7. Принципы построения ИИС.</p> <p>Задача:</p> <p>Преобразовать структурную схему САУ и определить ее передаточную функцию.</p> 	<p>Решение:</p> <p>1. <math>W'(p)</math> – 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> $W(p) = \frac{W'(p)}{1 - W'(p)} =$ $= \frac{\frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)}}{1 - \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)}} =$ $= \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) - W_1(p)}$

2	<p>Тема 8. Основные понятия теории управления и регулирования.</p> <p>Задача:</p> <p>Определить передаточную функцию динамического звена по значениям его входного и выходного сигналов.</p> 	<p>Решение:</p> $x(t) = t^3; y(t) = e^{6t};$ $x(p) = \frac{3!}{p^4} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{p^4} = \frac{6}{p^4};$ $y(p) = \frac{1}{p + 6};$ $W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{1 \cdot p^4}{(p + 6) \cdot 6} =$ $= \frac{p^4}{(p + 6) \cdot 6}$
3	<p>Тема 9. Основные задачи и этапы проектирования САУ.</p> <p>Задача 3:</p> <p>Найти аналитические выражения для АФЧХ, АЧХ и ФЧХ динамического звена с передаточной функцией <math>W(p) = \frac{p^4}{(p+6) \cdot 6}</math>.</p>	<p>Решение:</p> <p>АФЧХ:</p> $W(i\omega) = \frac{(i\omega)^4}{(i\omega + 6) \cdot 6} = \frac{\omega^4}{6 \cdot (i\omega + 6)}$ $= U(\omega) + iV(\omega)$ $W(i\omega) = \frac{\omega^4}{6i\omega + 36} \cdot \frac{36 - 6i\omega}{36 - 6i\omega} =$ $= \frac{36\omega^4 - 6i\omega^5}{1296 + 36\omega^2} = \frac{36\omega^4}{1296 + 36\omega^2} -$ $-i \cdot \frac{6\omega^5}{1296 + 36\omega^2}, \text{ где}$ $U(\omega) = \frac{\omega^4}{6i\omega + 36}$ $V(\omega) = -\frac{\omega^5}{216 + 6\omega^2}$ <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> $\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} =$

$$= \operatorname{arctg} \frac{-\frac{\omega^5}{216 + 6\omega^2}}{\frac{\omega^4}{6i\omega + 36}} =$$

$$\operatorname{arctg} \left( -\frac{\omega^5 \cdot (36 + \omega^2)}{(216 + 6\omega^2) \cdot \omega^4} \right) =$$

$$\operatorname{arctg} \left( -\frac{\omega \cdot (36 + \omega^2)}{216 + 6\omega^2} \right)$$