

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.22**

Метрология, технологические измерения и автоматизация

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130301ПТ-3\_23-14.plx

Кафедра:  Автоматизации технологических процессов и производств

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
(специализация) Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### 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				
6	УП	24	24	12	47,75	0,25	Зачет
	РПД	24	24	12	47,75	0,25	
Итого	УП	24	24	12	47,75	0,25	
	РПД	24	24	12	47,75	0,25	

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

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Рожков В.И.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизации  
технологических процессов и производств

Ковалев Д.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин 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 тепловых процессов.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- Научить студентов формулировать требования к выбору измерительных средств и средств автоматизации для конкретной задачи из имеющегося стандартного набора оборудования, правильно оценивать погрешности технических средств измерения и результатов измерений в технике и научных исследованиях.
- Решать вопросы информационного обеспечения АСУ ТП ТЭС.
- Формулировать требования к разрабатываемым системам автоматизации тепловых процессов.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

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

Котельные установки и парогенераторы

Математика

Теоретическая механика

Учебная практика, ознакомительная практика

Физика

Информатика

Электротехника и электроника

Прикладная механика

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-5: Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники**

**Знать:** 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.

**Уметь:** Выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность

**Владеть:** 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	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Основы теории измерений							
<p>Тема 1. Понятие величины измерения и результата измерений. Система СИ. Классификация измерений и методов измерений. Лабораторная работа № 1: Мембранный пневматический преобразователь МПП-16 Лабораторная работа № 2: Изучение процесса изменения избыточного давления в измерительном ресивере при изменении температуры Лабораторная работа № 3: Изучение процесса изменения избыточного давления в измерительном ресивере при изменении температуры Лабораторная работа № 4: Изучение работы вакуумного эжектора Лабораторная работа № 5: Изучение процесса автоматического управления: поддержание постоянного давления в измерительном ресивере с помощью персонального компьютера Лабораторная работа № 6: Изучение работы приборов измерения температуры Лабораторная работа № 7: Исследование динамических характеристик терморезистивного преобразователя Лабораторная работа № 8: Исследование работы стрелочного деформационного манометра</p>	6	2	2	4	4	ГД	Л
<p>Тема 2. Погрешности, систематизация погрешностей, погрешности измерительных устройств, классы точности приборов. Лабораторная работа № 9: Нормирующий преобразователь ПТ-ТС-68 Лабораторная работа №10: Исследование работы датчик давления деформационного мембранного типа Лабораторная работа № 11: Исследование характеристик датчика давления пьезорезистивного типа Лабораторная работа № 12: Исследование объемного способа измерения расхода воды</p>		2	2	4	4	ГД	

<p>Тема 3. Государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП). Разработка современных методов нормирования метрологических характеристик систем измерения.</p>	2			2		
<p>Раздел 2. Методы измерения температуры, уровня, давления, расхода</p>						
<p>Тема 4. Общие сведения о температурных шкалах и единицах измерения температуры. Классификация приборов измеряющих температуру. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термометры сопротивления. Термoeлектрические термометры. Приборы, работающие в комплекте с термометрами сопротивления и термопарами, стандартные градуировки. Лабораторная работа № 13: Исследование способа измерения расхода воды по показаниям счетчика воды Лабораторная работа № 14: Исследование способа измерения расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме Лабораторная работа № 15: Исследование способа измерения расхода воздуха по величине падения давления на мерной диафрагме Лабораторная работа № 16: Исследование способа измерения расхода воздуха по показаниям ротаметра, изучение принципа действия ротаметра Лабораторная работа № 17: Исследование способа измерения расхода воздуха по показаниям расходомера с цифровой индикацией Лабораторная работа № 18: Исследование работы компрессора и снятие его характеристик.</p>	2	4	4	4	ГД	Л,ДЗ
<p>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 тягонапоромеров</p>	2	3		4		

<p>Тема 6. Измерение уровня в сосудах, находящихся под давлением. Буйковые, поплавковые, емкостные, пьезометрические уровнемеры и т.д. Разновидности электронных уровнемеров: ультразвуковые, радиочастотные и т.д. Принципы работы, области применения.</p>	2	2		4		
<p>Тема 7. Основы теории измерения расхода расходомерами переменного перепада давления. Виды сужающих устройств. Расходомеры постоянного перепада давления. Тахометрические и индукционные расходомеры, вихревые и ультразвуковые расходомеры. Расходомеры Вентури. Области применения. Приборы учета тепловой энергии зданий.</p>	2	8		4	ГД	
<p>Раздел 3. Информационно-измерительные системы в теплоэнергетике (ИИС). Методы анализа газов и растворов</p>						
<p>Тема 8. Основные сведения из информационной теории измерений. Алгоритмы обработки измерительной информации. Циклограммы. Масштабирование, квантование и дискретизация измерительных сигналов. Применение микропроцессорной техники в процессе проведения измерений.</p>	2			4		О
<p>Тема 9. Методы анализа газов и растворов. Разновидности и типы газоанализаторов, применяемых в теплоэнергетике. Объемные химические газоанализаторы Термокондуктометрические, термохимические и магнитные газоанализаторы. Хроматографические газоанализаторы для анализа многокомпонентных газовых смесей.</p>	2			4		
<p>Раздел 4. Основные понятия теории управления и регулирования.</p>						
<p>Тема 10. Задачи и методы исследования САУ. Структурные схемы. Статические и динамические характеристики. Передаточные функции. Частотные характеристики. Математическое описание объектов управления. Типовые, линейные звенья. Классификация АСР.</p>	2			4	ГД	О

Тема 11. Критерии устойчивости. Критерии качества. Типовые законы регулирования. Расчет настроек регуляторов. Релейные и непрерывные регуляторы. П-регулятор. ПИ- и ПИД-регуляторы. Сфера применения в теплоэнергетике.	2	3	4			
Раздел 5. Основы теории автоматического управления теплоэнергетическими процессами.						
Тема 12. Автоматизация барабанных котлов. Особенности динамики, основные регулируемые участки: регулирование горения, температуры, разряжения давления, парообразования. Схемы автоматизации вспомогательного оборудования ТЭС.	1			3,25		ДЗ
Тема 13. Автоматизация прямоточных котлов. Особенности динамики, основные регулируемые участки: регулирование горения, температуры, разряжения давления, парообразования. Схемы автоматизации вспомогательного оборудования ТЭС.	1			2,5		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	24	24	12	47,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		60,25		47,75		

#### 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	Имеет представление о методах и средствах измерений их назначения и принцип действия, методиках оценки погрешностей при измерениях. Владеет навыками анализа и выбора средств измерений, проводит измерения физических величин и оценивает погрешность результатов измерений. Уверенно демонстрирует навыки проведения измерений физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники и интерпретирует полученные результаты.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа

Зачтено	<p>Хорошо знает методы, методики и средства измерения, цифровые измерительные приборы; о назначении и принципе действий средств измерения; об оценке погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами. Способен оценить и выбрать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения физических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность 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. Выполняет задание с некоторыми незначительными ошибками.</p>	
Не зачтено	<p>Не знает методы, методики и средства измерения, цифровые измерительные приборы; о назначении и принципе действий средств измерения; об оценке погрешностей при измерениях, информационно-измерительные системы, методики проведения теплотехнических измерений; основы теории автоматического управления производственными процессами. Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий. Не выполнил задание.</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
Семестр 6	
1	Основные понятия метрологии. Погрешности измерения.
2	Основные понятия метрологии. Характеристика автоматических средств измерения.
3	Измерение температуры. Термометры расширения.
4	Манометрические термометры.
5	Термопреобразователи сопротивления.
6	Измерение уровня. Механические уровнемеры. Электронные уровнемеры.
7	Ротаметры. Тягонапоромеры.
8	Гидростатические и пьезоэлектрические уровнемеры.
9	Способы измерения давления.
10	Датчики и первичные преобразователи давления.



11	Способы измерение расхода.
12	Расходомеры переменного перепада давления.
13	Электромагнитные расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения.
14	Расходомеры ультразвуковые: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения.
15	Тахометрические расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения.
16	Вихревые расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения.
17	Способы измерение уровня. Механические, радиочастотные, ультразвуковые и другие типы уровнемеров.
18	Измерение концентраций пыли в газоходах и в воздухе. Пылемеры.
19	Тепловизоры: типы, конструктивные особенности, способы применения в теплоэнергетике.
20	Релейные и непрерывные регуляторы. П-регулятор, ПИ- и ПИД-регуляторы. Сфера применения в теплоэнергетике
21	Приборы тепловой автоматики зданий.
22	Ультразвуковые и радиочастотные уровнемеры. Конструкция, принцип действия, области применения.
23	Приборы учета тепловой энергии зданий и сооружений.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

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

Типовая задача №1. В производственном цеху установлен термометр со шкалой 20 100°C. При действительной температуре 30 °С термометр показывает 29,4°C. Определить приведенную относительную погрешность измерения.

Типовая задача №2. Для измерения силы тока используется миллиамперметр с равномерной шкалой, разделенной на 50 интервалов. Нижний предел измерения  $I_n = -10$  верхний  $I_v = +10$ . Определить цену деления шкалы и чувствительность миллиамперметра.

Типовая Задача №3: Определить пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерительного прибора класса точности 0,5 с диапазоном измерений от 25 мВ до 50 мВ.

## 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

- Время на подготовку ответа на зачете - 15 минут;
- Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором.

## 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>				
Димов Ю. В.	Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения.	Санкт-Петербург: Питер	2018	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=21607">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=21607</a>

Радкевич, Я. М., Схиртладзе, А. Г., Лактионов, Б. И.	Метрология, стандартизация и сертификация	Саратов: Вузовское образование	2019	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/79771.html">https://www.iprbooks.hop.ru/79771.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Беленький, А. М., Бурсин, А. Н., Курносов, В. В., Чибизова, С. И., Шатохин, К. С., Беленького, А. М.	Метрология и теплотехнические измерения	Москва: Издательский Дом МИСиС	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/98203.html">http://www.iprbooks.hop.ru/98203.html</a>
Г.А. Кондрашкова [и др.]	Метрология [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2011	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metrologia.htm">http://www.nizrp.narod.ru/metrologia.htm</a>
Соколов В. П.	Метрология. Поверка и калибровка универсальных средств измерений	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2019	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019194">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019194</a>
В.И. Рожков	Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов [Текст] : учебно- практическое пособие	М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttxpr/1573563982.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttxpr/1573563982.pdf</a>
В.И. Рожков, М.И. Щагина	Метрология, технические измерения и автоматизация: практикум по проведению лабораторных работ на лабораторно- исследовательском стенде ДД-ИПД-011-9ЛР, Часть 1	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт- Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttxpr/1611395417.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttxpr/1611395417.pdf</a>
В.И. Рожков, Г.П. Буйлов	Метрология, технические измерения и автоматизация: практикум по проведению лабораторных работ на лабораторно- исследовательском стенде ИПДРТ4, Часть 2	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт- Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttxpr/1611395358.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttxpr/1611395358.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

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

Портал для официального опубликования стандартов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. URL: <http://standard.gost.ru/wps/portal/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

Adobe: Lightroom 6 AcademicEdition License International English Multiple Platforms

## 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
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска