

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.22

Метрология, технологические измерения и автоматизация

Учебный план: _____ ФГОС3++b130301-3_22-14.plx

Кафедра: **32** 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	34	34	17	59	36	Экзамен
	РПД	34	34	17	59	36	
Итого	УП	34	34	17	59	36	
	РПД	34	34	17	59	36	

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):

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
- Физика для теплоэнергетиков
- Учебная практика, профилирующая практика
- 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	4	4	8	9	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		4	6	ГД	

<p>Тема 3. Государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП). Разработка современных методов нормирования метрологических характеристик систем измерения.</p>	2			1		
<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 способ измерения расхода воздуха по показаниям расходомера с цифровой индикацией Лабораторная работа № 18: Исследование работы компрессора и снятие его характеристик.</p>	2	6	5	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 тягонапорометров</p>	2	6		2		

<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	6		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.</p>	2	6		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		
<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. Классификация методов, используемых для анализа растворов. Кондуктометрические методы анализа, схемы и принцип действия контактных и бесконтактных кондуктометров. Потенциометрические методы анализа растворов. Измерительная схема pH-метров.</p>	2			4		О
<p>Раздел 4. Основные понятия теории управления и регулирования.</p>						О

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.				2	4	ГД	
Тема 11. Критерии устойчивости. Критерии качества. Типовые законы регулирования. Расчет настроек регуляторов. Оптимальные настройки. Исполнительные и регулирующие устройства АСР. Примеры технической реализации САУ.				2	4		
Раздел 5. Основы теории автоматического управления теплоэнергетическими процессами.							
Тема 12. Автоматизация барабанных и прямоточных котлов. Особенности динамики, основные регулируемые участки: регулирование горения, температуры, разряжения давления, парообразования. Схемы автоматизации вспомогательного оборудования ТЭС				6	8		
Тема 13. Принципы построения систем централизованного контроля теплоэнергетическими объектами. Особенности автоматизации энергоблоков. Параллельная работа парогенераторов.				2	4		ДЗ
Тема 14. Приборы погодного регулирования тепловых пунктов. Принцип работы, порядок выбора, особенности эксплуатации. Тепловая автоматика тепловых пунктов, зданий и сооружений.				2	6	1	ГД
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)				34	34	17	59
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)					2,5		33,5
Всего контактная работа и СР по дисциплине					87,5		92,5

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

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Отлично 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.</p> <p>Способен анализировать и выбирать средства измерений применительно к объектам профессиональной деятельности, проводить измерения физических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность. 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> <p>Выполняет задание без ошибок.</p>	
4 (хорошо)	<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.</p> <p>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</p>	

	задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем. Выполняет задание с некоторыми незначительными ошибками.	
3 (удовлетворительно)	Имеет слабое представление о методах, методиках и средствах измерения, цифровых измерительных приборах; о назначении и принципе действий средств измерения; об оценке погрешностей при измерениях, информационно-измерительных системах, методиках проведения теплотехнических измерений; основах теории автоматического управления производственными процессами. Имеет слабое представление о сущности физических процессов. 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. Выполняет задание с некоторыми незначительными ошибками.	
2 (неудовлетворительно)	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 или выполнил с существенными ошибками.	

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	Погрешности измерения
2	Основные понятия метрологии. Характеристика автоматических средств измерения
3	Измерение температуры. Термометры расширения
4	Основные понятия метрологии.
5	Манометрические термометры
6	Термопреобразователи сопротивления
7	Измерение уровня. Механические уровнемеры. Электронные уровнемеры
8	Ротаметры

9	Тягонапорометры
10	Гидростатические и пьезоэлектрические уровнемеры
11	Способы измерение давления.
12	Датчики и первичные преобразователи давления
13	Способы измерение расхода.
14	Расходомеры переменного перепада давления.
15	Электромагнитные расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
16	Расходомеры ультразвуковые: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
17	Тахометрические расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
18	Вихревые расходомеры: типы, конструктивные особенности, достоинства и недостатки, области применения
19	Способы измерение уровня. Механические, ультразвуковые и другие типы уровнемеров
20	Измерение концентраций пыли в газоходах и в воздухе. Пылемеры
21	Способы измерение состава и свойств газов.
22	Разновидности и типы газоанализаторов.
23	Тепловизоры: типы, конструктивные особенности, способы применения в теплоэнергетике и ЖКХ
24	Передаточные функции соединений динамических звеньев.
25	Передаточная функция соединения с обратной связью.
26	Функциональные схемы автоматизации.
27	Исполнительные устройства.
28	Типовые звенья САУ
29	Передаточная функция
30	Основные элементы структурных схем
31	Структурная схема одноконтурной САУ
32	Релейные и непрерывные регуляторы. П-регулятор.
33	ПИ- и ПИД-регуляторы. Сфера применения в теплоэнергетике
34	Передаточные функции САУ
35	Понятие устойчивости САУ.
36	Критерий устойчивости Рауса-Гурвица
37	Критерий устойчивости Михайлова
38	Прямые и косвенные показатели качества САУ.
39	Построение схем автоматизации с использованием графических условных обозначений.
40	Критерий устойчивости Найквиста
41	Соединения динамических звеньев
42	Системы погодного регулирования в теплоэнергетике
43	Приборы тепловой автоматики зданий
44	Ультразвуковые и радиочастотные уровнемеры. Конструкция, принцип действия, области применения.

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 экзамене - 30 минут;
- Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Г.А. Кондрашкова [и др.]	Метрология [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2011	http://www.nizrp.narod.ru/metrologia.htm
Димов Ю. В.	Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения.	Санкт-Петербург: Питер	2018	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=21607
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
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	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/1573563982.pdf
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.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/1611395417.pdf
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.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/kafavtexpr/1611395358.pdf
И.В. Бондаренкова [и др.]	Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2009	http://www.nizrp.narod.ru/metrstandertif.htm
Соколов В. П.	Метрология. Поверка и калибровка универсальных средств измерений	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2019	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019194

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	http://www.iprbookshop.ru/98203.html
---	--	-----------------------------------	------	---

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-411	Лабораторные стенды - исследование термометров электрического сопротивления, мультимедийное оборудование.
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