

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра управления в технических системах

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

Б1.Б.20

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленная теплоэнергетика

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	9
4.3 Лабораторные работы.....	34
4.4 Семинары / практические занятия.....	34
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	34
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	36
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	37
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	37
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	37
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	38
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ семинаров / практических работ	38
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы	51
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	52
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	52
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	53
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	58
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	58
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	59

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Формирование знаний и умений, необходимых для выбора метрологического обеспечения систем технологического контроля, автоматизации и управления теплоэнергетического оборудования.

Задачи дисциплины

Приобретение навыков и умений использования существующих видов и методов измерений теплотехнических величин, методов определения и нормирования основных метрологических характеристик типовых средств измерений.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	<p>знать: основные приемы работы в пакетах программ общего и специального назначения для проведения измерений, обработки результатов измерений, а также для поиска, обработки и представления необходимой информации из различных источников в требуемом формате</p> <p>уметь: использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения для обработки результатов измерений</p> <p>владеть: навыками использования основных приемов обработки информации с использованием программного обеспечения, пакетов программ общего и специального назначения.</p>
ПК-8	готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	<p>знать: теоретические основы метрологии, организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения; правовые основы обеспечения единства измерений; основы сертификации; правила и порядок проведения сертификации; принципы действия, устройство типовых средств измерений для измерения теплотехнических величин; основы автоматизации производства, теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности;</p> <p>уметь: измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений, готовить оборудование и документацию к сертификации, контролировать работу системы АСУ объектом</p> <p>владеть: основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основами сертификации; основными принципами работы и составом АСУ объектом.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.20 Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов относится к базовой части.

Дисциплина Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Б1.Б.07 Физика (общая), Б1.Б.19 Электротехника и электроника, Б1.В.13 Теория автоматического управления, Б1.В.ДВ.09.01 Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов представляет основу для прохождения производственной (преддипломной) практики и подготовке к государственной итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	7	216	85	51	17	17	95	-	Экзамен
Заочная	4	-	216	14	8	6	-	193	кр	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	2	-	180	12	8	4	-	159	кр	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			7
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	85	22	85
Лекции (Лк)	51	6	51
Лабораторные работы (ЛР)	17	8	17
Практические занятия (ПЗ)	17	8	17
Групповые (индивидуальные) консультации	+		+

II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	95	-	95
Подготовка к лабораторным работам	35	-	35
Подготовка к практическим занятиям	35	-	35
Подготовка к экзамену в течение семестра	25	-	25
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	216	-	216
	6	-	6

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1.	Теоретические основы метрологии	27	8	7	-	12
1.1.	Физические свойства, величины и шкалы.	2,5	1	0,5	-	1
1.2.	Международная система единиц.	2,5	1	0,5	-	1
1.3.	Измерение. Основные свойства измерения. Основные постулаты метрологии.	3	1	1	-	1
1.4.	Виды и методы измерений..	4	1	1	-	2
1.5.	Погрешности измерений и СИ.	4	1	1	-	2
1.6.	Виды СИ. Принципы построения аналоговых и цифровых СИ.	4	1	1	-	2
1.7.	Метрологические характеристики СИ.	4	1	1	-	2
1.8.	Выбор СИ. Общие положения.	3	1	1	-	1
2.	Основы метрологического обеспечения измерений.	23	6	5	-	12
2.1.	Основы метрологического обеспечения.	5	1	1	-	3
2.2.	Законодательство РФ об обеспечении единства измерений	6	2	1	-	3
2.3.	Структура и функции метрологической службы.	4	1	-	-	3
2.4.	Поверка и калибровка СИ.	8	2	3	-	3
3.	Основы сертификации	18	6	-	-	12
3.1.	Основные цели сертификации	6	2	-	-	4
3.2.	Обязательная и добровольная сертификация	6	2	-	-	4
3.3.	Правила и порядок проведения	6	2	-	-	4

	сертификации. Стадии сертификации.					
4.	Системы теплотехнического контроля и их автоматизация	24	6	5	-	13
4.1.	Основы автоматизации производства	3	1	-	-	2
4.2.	Функции и уровни АСУТП	7	2	3	-	2
4.3.	Задачи на уровне автоматизации АСУТП	7	2	2	-	3
4.4.	Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности	7	1	-	-	6
5.	Измерение температуры	22	6	-	5	11
5.1.	Общие сведения об измерении температуры.	6	2	-	2	2
5.2.	Средства измерения температуры.	16	4	-	3	9
6.	Измерение давления и разности давлений	21	6	-	4	11
6.1.	Общие сведения об измерении давления	6	2	-	2	2
6.2.	Средства измерения давления	15	4	-	2	9
7.	Измерение уровня	21	6	-	4	11
7.1.	Общие сведения об измерении уровня	6	2	-	2	2
7.2.	Средства измерения уровня	15	4	-	2	9
8.	Измерение количества и расхода вещества	24	7	-	4	13
8.1.	Общие сведения об измерении количества и расхода вещества	7	2	-	2	3
8.2.	Средства измерения количества и расхода вещества	17	5	-	2	10
	ИТОГО	180	51	17	17	95

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1.	Теоретические основы метрологии	28	1	3	24
1.1.	Виды и методы измерений.	7	-	1	6
1.2.	Погрешности измерений и СИ.	7	-	1	6
1.3.	Виды СИ. Принципы построения аналоговых и цифровых СИ.	7	0,5	0,5	6
1.4.	Метрологические характеристики СИ.	7	0,5	0,5	6
2.	Основы метрологического обеспечения измерений.	26	1	1	24
2.1.	Основы метрологического обеспечения.	6,5	0,5	-	6
2.2.	Законодательство РФ об обеспечении единства измерений	6,5	-	0,5	6

2.3.	Структура и функции метрологической службы.	6	-	-	6
2.4.	Поверка и калибровка СИ.	7	0,5	0,5	6
3.	Основы сертификации	25	1	-	24
3.1.	Основные цели сертификации;	9	1	-	8
3.2.	Обязательная и добровольная сертификация	8	-	-	8
3.3.	Правила и порядок проведения сертификации. Стадии сертификации.	8	-	-	8
4.	Системы теплотехнического контроля и их автоматизация	27	1	1	25
4.1.	Основы автоматизации производства	6	-	-	6
4.2.	Функции и уровни АСУТП	6,5	0,5	-	6
4.3.	Задачи на уровне автоматизации АСУТП	7,5	0,5	1	6
4.4.	Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности	7	-	-	7
5.	Измерение температуры	26	1	1	24
5.1.	Общие сведения об измерении температуры.	5	0,5	0,5	4
5.2.	Средства измерения температуры.	21	0,5	0,5	20
6.	Измерение давления и разности давлений	25	1	-	24
6.1.	Общие сведения об измерении давления	4,5	0,5	-	4
6.2.	Средства измерения давления	20,5	0,5	-	20
7.	Измерение уровня	25	1	-	24
7.1.	Общие сведения об измерении уровня	4,5	0,5	-	4
	Средства измерения уровня	20,5	0,5	-	20
8.	Измерение количества и расхода вещества	25	1	-	24
8.1.	Общие сведения об измерении количества и расхода вещества	20,5	0,5	-	4
8.2.	Средства измерения количества и расхода вещества	20,5	0,5	-	20
	ИТОГО	207	8	6	193

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1.	Теоретические основы метрологии	23	1	2	20
1.1.	Виды и методы измерений.	5,5	-	0,5	5
1.2.	Погрешности измерений и СИ.	5,5	-	0,5	5
1.3.	Виды СИ. Принципы построения аналоговых и цифровых СИ.	6	0,5	0,5	5
1.4.	Метрологические СИ.	6	0,5	0,5	5
2.	Основы метрологического обеспечения измерений.	21	1	-	20
2.1.	Основы метрологического обеспече-	5,5	0,5	-	5

	ния.				
2.2.	Законодательство РФ об обеспечении единства измерений	5	-	-	5
2.3.	Структура и функции метрологической службы.	5	-	-	5
2.4.	Поверка и калибровка СИ.	5,5	0,5	-	5
3.	Основы сертификации	20	1	-	19
3.1.	Основные цели сертификации;	7	1	-	6
3.2.	Обязательная и добровольная сертификация	6	-	-	6
3.3.	Правила и порядок проведения сертификации. Стадии сертификации.	7	-	-	7
4.	Системы теплотехнического контроля и их автоматизация	21	1	-	20
4.1.	Основы автоматизации производства	5	-	-	5
4.2.	Функции и уровни АСУТП	5,5	0,5	-	5
4.3.	Задачи на уровне автоматизации АСУТП	5,5	0,5	-	5
4.4.	Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности	5	-	-	5
5.	Измерение температуры	23	1	2	20
5.1.	Общие сведения об измерении температуры.	4,5	0,5	-	4
5.2.	Средства измерения температуры.	18,5	0,5	2	16
6.	Измерение давления и разности давлений	21	1	-	20
6.1.	Общие сведения об измерении давления	4,5	0,5	-	4
6.2.	Средства измерения давления	16,5	0,5	-	16
7.	Измерение уровня	21	1	-	20
7.1.	Общие сведения об измерении уровня	4,5	0,5	-	4
	Средства измерения уровня	16,5	0,5	-	16
8.	Измерение количества и расхода вещества	21	1	-	20
8.1.	Общие сведения об измерении количества и расхода вещества	4,5	0,5	-	4
8.2.	Средства измерения количества и расхода вещества	16,5	0,5	-	16
	ИТОГО	171	8	4	159

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ

1.1. Физические свойства, величины и шкалы.

Величина – это свойство чего-либо, что может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно.



Идеальные величины главным образом относятся к математике и являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий.

К нефизическим можно отнести величины, присущие общественным наукам – философии, социологии, экономике.

Физическая величина (ФВ) может быть определена как величина, свойственная материальным объектам (процессам, явлениям), изучаемых в естественных (физика, химия) и технических науках.

Физическая величина – одно из свойств физического объекта, в качественном отношении общее для многих физических объектов, а в количественном – индивидуальное для каждого из них; например, все тела обладают массой и температурой, но для каждого из них эти параметры различны.

Шкала величины – упорядоченная последовательность ее значений, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений.

ТИПЫ ШКАЛ

1. шкала наименований
2. шкала порядка (шкала рангов):
3. шкала интервалов (шкала разностей):
4. шкала отношений (подобия):
5. абсолютная шкала:

1.2. Международная система единиц.

Достоинства и преимущества системы СИ:

- универсальность, т.е. охват всех областей науки и техники
- унификация всех областей и видов измерений
- когерентность величин, т.е. все производные единицы СИ, получаются из уравнений связи между величинами, в которых числовые коэффициенты равны 1
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью в соответствии с их определением
- упрощение записи формул.

Метр - расстояние, которое проходит свет в вакууме за $3 \cdot 10^{-9}$ долю секунды.

Секунда – 9.192.631.770 периодов излучения, соответствующих переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Килограмм – масса международного прототипа кг, представляющего собой цилиндр из сплава платины и иридия высотой 39 мм, равной его диаметру.

Кельвин - это $1/273,16$ части тройной точки воды.

Ампер – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ н.

Канделла – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила излучения которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт*ср⁻¹ (ср – стерadian: телесный угол).

Моль – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится в углероде-12 массой 0,012 кг.

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица измерения
масса	Тонна Атомная единица массы
Время	Минута Час Сутки
Плоский угол	Градус Минута Секунда Град
Объем, вместимость	Литр
Длина	Астрономическая единица Световой год Парсек
Оптическая сила	Диоптрия
Площадь	Гектар
Энергия	Электрон-вольт
Полная мощность	Вольт-ампер
Реактивная мощность	вар

Единицы, временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ: морская миля (в морской навигации); карат (в ювелирном деле единица массы). Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями.

Единицы, изъятые из употребления: миллиметр ртутного столба (единица давления); лошадиная сила (единица мощности).

1.3. Измерение. Основные свойства измерения. Основные постулаты метрологии.

Измерение - это процесс определения опытным путем числового значения ФВ посредством сравнения ее с другой величиной, принятой за единицу измерения.

Основные свойства измерения:

1. измерять можно только свойства реально существующих объектов, т. е. физические величины;
2. измерение требует проведения опытов, т. е. теоретические рассуждения или расчеты не могут заменить эксперимент;
3. для проведения опытов требуются средства измерений, приводимые во взаимодействие с материальным объектом;
4. результатом измерения является значение физической величины.

Метрологическая суть измерения сводится к основному уравнению измерения $X = A \cdot u$, где X – измеряемая величина, u – значение величины, принятой за образец (единица измерения), A – отношение измеряемой величины к образцу (числовое значение измеряемой величины). Например, $X=30$ кг.

Из основного уравнения измерения следует, что значение A зависит от размера выбранной единицы измерения u . Чем *меньше* выбранная единица измерения, тем *больше* для данной измеряемой величины будет числовое значение.

основные постулаты метрологии:

- истинное значение определяемой величины существует, и оно постоянно;
- истинное значение определяемой величины отыскать невозможно.

1.4. Виды и методы измерений.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

- 1) по числу измерений:
 - однократные
 - многократные – измерение ФВ одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящий из однократных измерений
- 2) по точности оценки погрешности:

- с точной оценкой: учитывают индивидуальные свойства СИ и контролируют условия измерений.
- с приближенной оценкой: учитывают нормативные данные СИ и приближенно оценивают условия измерений. Этим измерений подавляющее большинство.
- 3) по характеристике точности:
 - равноточные – это измерения ФВ одинаковыми по точности СИ в одинаковых условиях.
 - неравноточные – это измерения ФВ, выполненные различными по точности СИ или в различных условиях.
- 4) по зависимости измеряемой величины от времени:
 - статические измерения – это измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени.
 - динамические измерения – это измерения, при которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени. В этом случае производят нахождение временной зависимости изменений этой величины путем проведения нескольких измерений.
- 5) по способу получения результата:
 - прямые
 - косвенные
 - совокупные
 - совместные
- б) по методу:
 - непосредственной оценки: значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора.
 - сравнения с мерой: измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Этот метод включает в себя:
 - дифференциальный метод;
 - нулевой метод: аналогичен дифференциальному,
 - метод совпадения:

3.1. Погрешности измерений и СИ.

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

1. по способу выражения:
 - абсолютная – это разность между показанием СИ (x) и действительным значением (x_d) измеряемой величины: $\Delta = x - x_d$.
 - относительная – отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выраженное в %:
 - приведенная – это отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению измеряемой величины:
2. по характеру проявления:
 - систематические (Δ_c) - погрешности, которые остаются постоянными или закономерно изменяются при многократных измерениях одной и той же величины
 - случайные (Δ) – это погрешности, изменяющиеся при повторных измерениях одной и той же величины случайным образом.
3. в зависимости от места возникновения:
 - инструментальная – обусловлена погрешностью применяемого СИ.
 - методическая – обусловлена: недостаточной изученностью объекта измерения; невозможностью точного учета влияния внешних факторов; влиянием формул, по которым производятся вычисления результатов; влиянием способов применения СИ
 - субъективная (личная) - обусловлена погрешностью отсчета оператором показаний по шкалам СИ, диаграммой регистрирующих приборов.
4. в зависимости от влияния внешних условий:
 - основная – это погрешность СИ при нормальных условиях эксплуатации: температура. Для каждого СИ оговариваются условия эксплуатации, при которых нормируется его основная погрешность.
 - дополнительная – это погрешность, возникающая вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от ее нормального значения.
 - в зависимости от режима работы используемого СИ:

- статическая - это погрешность СИ, при которой результат измерения остается неизменным во времени (отклонение указателя)
- динамическая – это погрешность СИ, возникающая при измерении переменной ФВ и обусловленная инерционными свойствами СИ.

1.6. Виды СИ.

Средство измерения – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные МХ, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

1. по функциональному назначению:

- меры –
- измерительные преобразователи –
- измерительные приборы
- измерительная установка
- измерительная система

2. по виду выходного сигнала:

- аналоговые
- цифровые
- аналогово-цифровые

2. по степени автоматизации:

- неавтоматизированные
- автоматизированные
- автоматические

4. по выполняемым метрологическим функциям:

- образцовые – предназначены для поверки с их помощью других рабочих СИ
- рабочие – используют для выполнения всех измерений, кроме поверки.

5. по измеряемым величинам:

механические; гидравлические; пневматические; акустические; электрические; электронные; прочие и комбинированные.

6. по характеру установки на месте применения:

- стационарные
- переносные

1.7. Метрологические характеристики СИ.

Метрологические характеристики – это характеристики свойств СИ, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности. МХ СИ вводят с целью: установления точности измерений; достижения взаимозаменяемости СИ; сравнения СИ между собой и выбора нужных СИ по точности и другим характеристикам; определения погрешностей измерительных систем и установок на основе МХ входящих в них СИ; оценки технического состояния СИ при поверке.

ГОСТ 8.009-84 устанавливает перечень МХ, способы их нормирования и формы представления.

Характеристики, устанавливаемые нормативными документами, называются нормируемыми (НМХ), а определяемые экспериментально – действительными.

1) диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности СИ (D_x).

2) предел измерения – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения.

3) цена деления шкалы - это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы $C_x = (X_{кон} - X_{нач}) / n$.

4) чувствительность – это отношение изменения сигнала Δu на выходе СИ к вызвавшему это изменение изменению Δx сигнала на входе

5) порог чувствительности – это минимальное значение измеряемой величины, вызывающее заметное изменение показаний прибора.

5) Вариация (гистерезис)

6) статическая (градуировочная) характеристика –

7) погрешность – это разность между показаниями прибора и истинным (действительным) значением ФВ.

8) класс точности – это МХ СИ, определяемая пределами допускаемой основной и дополнительной погрешностей.

10. помехоустойчивость – способность ЦИП снижать влияние помех на результат измерения; количественно характеризуется коэффициентом подавления, измеряемым в децибелах:

11. быстродействие - характеризуется длительностью одного цикла измерений или числом измерений в секунду или продолжительностью установления показаний при скачкообразном изменении измеряемой величины.

1.8. Выбор СИ.

При выборе СИ учитывают совокупность метрологических (цена деления, погрешность, пределы измерений, измерительное усилие), эксплуатационных и экономических показателей, к которым относятся: массовость (повторяемость измеряемых размеров) и доступность их для контроля; стоимость и надежность СИ; метод измерения; время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения; масса, габаритные размеры, рабочая нагрузка; жесткость объекта контроля, режим работы и т.д.

Основные принципы выбора СИ сводятся к следующим положениям:

I. Для гарантирования заданной или расчетной относительной погрешности измерения δ_u относительная погрешность СИ $\delta_{СИ}$ должна быть на 25-30% ниже, чем δ_u : $\delta_{СИ} = 0,7 \delta_u$.

II. Выбор СИ зависит от масштаба производства или находящихся в эксплуатации однотипных ТС.

III. При выборе СИ по МХ необходимо учитывать следующее:

– Если технологический процесс неустойчив, т.е. возможны существенные отклонения измеряемого параметра за пределы пол допуска, то нужно, чтобы пределы шкалы СИ превышали диапазон рассеяния значений параметра;

– Цена деления шкалы должна выбираться с учетом заданной точности измерения. Например, если размер необходимо контролировать с точностью до 0,01 мм, то и СИ необходимо выбирать с ценой деления 0,01 мм, т.к. СИ с более грубой шкалой внесет дополнительные субъективные погрешности, а с более точной – выбирать не имеет смысла из-за удорожания СИ.

Рабочий участок шкалы СИ должен выбираться по правилу: относительная погрешность в пределах рабочего участка шкалы СИ не должна превышать приведенную погрешность более чем в 3 раза, т.е. $\delta < 3\gamma$. Если класс точности СИ определяет наибольшую допустимую погрешность с заданной вариацией, то цена деления должна учитывать эту вариацию, а именно – должна быть равна удвоенному значению приведенной погрешности СИ: $C=2\gamma$.

IV. К регистрирующей аппаратуре предъявляются следующие основные требования:

- сигнал, проходящий через СИ, должен сохранять необходимую информацию, не подвергаться искажению и отделяться от помех;

- первичные преобразователи (датчики) должны потреблять минимум энергии от объекта измерения, и их подключение не должно нарушать его нормальной работы. Особые требования предъявляются к точности и чувствительности датчиков, т.к. эти низкие показатели сведут на нет все усилия по повышению точности измерений;

- носитель информации должен иметь достаточный объем для регистрации всех необходимых сведений;

- регистрирующая аппаратура должна обеспечивать получение информации в возможно сжатые сроки.

Если аппаратура не может одновременно удовлетворять все предъявляемым требованиям, то выбираются наиболее важные из них для выполнения поставленной задачи.

Оценка погрешности измерений и выбор СИ зависят также от цели измерений. Поэтому рассмотрим такие понятия, как испытание, контроль, диагностирование и прогнозирование технического состояния объекта.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Основы метрологического обеспечения.

Единство измерений — состояние измерений, при котором их результаты выражены и узаконенных единицах величин и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Для поддержания единства измерений в нашей стране создано метрологическое обеспечение (МО). Под метрологическим обеспечением понимается установление и применение научных и орга-

низационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Объектом метрологического обеспечения являются все стадии жизненного цикла изделия (продукции) или услуги.

Метрологическое обеспечение имеет 4 основы: научную, организационную, техническую и правовую.

Организационной основой метрологического обеспечения является метрологическая служба - сеть учреждений и организаций, возглавляемых Госстандартом России, деятельность которых направлена на метрологическое обеспечение (государственная, ведомственная метрологические службы и метрологическая служба предприятий). Задачей метрологической службы предприятия является обеспечение единства измерений. В обязанности службы входят:

- регистрация и отслеживание использования всего парка технических средств предприятия
- определение периодичности поверок и составление планов поверок технических средств
- проведение периодических плановых и послеремонтных поверок
- организация контроля и измерений на всех производственных участках предприятия.

Научная и правовая основы ОЕИ

Научной основой метрологического обеспечения является метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности измерений.

Правовую основу метрологического обеспечения составляет Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ), представляющая собой комплекс нормативно-технических документов, устанавливающих единую номенклатуру стандартных взаимовязанных правил и положений, требований и норм, относящихся к организации и методике оценивания и обеспечения точности измерений.

Техническая основа ОЕИ

Техническую основу метрологического обеспечения составляют:

1. система государственных эталонов единиц физических величин;
2. система передачи размеров единиц физических величин от эталонов всем средствам измерений с помощью образцовых средств измерений и средств поверки;
3. система государственных испытаний средств измерений, обеспечивающая единообразие средств измерений при разработке и выпуске их в обращение;
4. система обязательной поверки или метрологической аттестации средств измерений; система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

2.2. Законодательство РФ об обеспечении единства измерений.

Законодательство РФ состоит из Конституции РФ, федерального закона РФ «Об обеспечении единства измерений» и принимаемых в соответствии с ним федеральных законов и других нормативно-правовых актов России.

Конституция РФ устанавливает, что в федеральном ведении находятся стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени, и закрепляет централизованное государственное руководство за основными вопросами метрологии.

Закон «Об обеспечении единства измерений» устанавливает, что государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений в РФ осуществляет Комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России), и определяет его цели, задачи, компетенцию, ответственность и полномочия.

Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии и исполнении требований, предъявляемых к: проведению измерений; результатам измерений; единицам величин; эталонам единиц величин; средствам измерений; методам проведения измерений; оценке соответствия требованиям. Этот закон определяет также права, обязанности и ответственность участников, попадающих в сферу регулирования закона.

Текущая метрологическая деятельность регламентируется постановлениями Правительства РФ.

Для реализации положений Федерального закона «Об обеспечении единства измерений», а также постановлений Правительства РФ разрабатываются и принимаются нормативные документы.

К нормативным документам по метрологии, действующим на территории России, относятся: стандарты (ГОСТ – межгосударственный стандарт, ГОСТ Р – государственный стандарт РФ, нацио-

нальный стандарт, региональный стандарт, ОСТ); методические инструкции (МИ) и руководящие документы (РД); правила (ПР) по стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации; рекомендации (Р).

2.3. Структура и функции метрологической службы

По закону РФ «Об обеспечении единства измерений» Государственная метрологическая служба находится в ведении Госстандарта России и включает:

- государственные научные метрологические центры;
- органы Государственной метрологической службы на территории республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Госстандарт России осуществляет управление деятельностью по обеспечению единства измерений в Российской Федерации. На него возложены следующие функции:

- межрегиональная и межотраслевая координация деятельности по обеспечению единства измерений и Российской Федерации;
- представление Правительству Российской Федерации предложений по единицам величин, допускаемым к применению;
- установление правил создания, утверждения, хранения и применения эталонов единиц величин;
- определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;
- осуществление государственного метрологического контроля и надзора;
- осуществление контроля за соблюдением условий международных договоров Российской Федерации о признании результатов испытаний и поверки средств измерений;
- руководство деятельностью Государственной метрологической службы и иных государственных служб обеспечения единства измерений;
- участие в деятельности международных организаций по вопросам обеспечения единства измерений.

Госстандарт России руководит службой времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ), Государственной службой стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО) и Государственной службой стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД) и координацию их деятельности.

В состав Государственной метрологической службы входят государственные научные метрологические центры, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС), научно-исследовательские институты и около 100 центров стандартизации и метрологии.

Научные центры являются держателями государственных эталонов, а также проводят исследования по теории измерений, принципам и методам высокоточных измерений, разработке научно-методических основ совершенствования российской системы измерений.

Метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц (предприятия, организации, учреждения) создаются в необходимых случаях в установленном порядке для выполнения работ по обеспечению единства и требуемой точности измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора.

Создание метрологических служб или иных организационных структур по обеспечению единства измерений является обязательным при выполнении работ в следующих сферах деятельности: здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности труда; торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом; государственные учетные операции; обеспечение обороны государства; геодезические и гидрометеорологические работы; банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции; производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации; испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов Российской Федерации; обязательная сертификация продукции и услуг; измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Российской Федерации; регистрация национальных и международных спортивных рекордов.

Метрологические органы предприятий, являясь важнейшим звеном метрологической службы, призваны обеспечить необходимую и достаточно достоверную измерительную информацию при проектировании, испытании и контроле качества выпускаемой продукции. В связи с этими основными задачами метрологической службы предприятий являются следующие:

1. Обеспечение надлежащего состояния мер и измерительных приборов, применяемых на предприятии.
2. Систематическое изучение эксплуатационных качеств измерительной аппаратуры, установление надежности ее работы и оптимальных сроков периодической поверки.
3. Проведение надзора за состоянием и правильным применением измерительной и испытательной техники, за соблюдением установленных методов измерения и испытаний во всех подразделениях предприятия.
4. Активное участие в вопросах выбора и назначения средств измерений, активная политика в области автоматизации измерений и разработки, испытаний и внедрения новой прогрессивной измерительной техники, связанной с дальнейшим подъемом технического уровня предприятия и повышения качества выпускаемой продукции.
5. Выбор оптимального количества и состава контролируемых параметров и оптимальных норм точности измерения этих параметров.
6. Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации на новые изделия и технологические процессы.

Основные задачи, права и обязанности таких служб независимо от форм собственности определены в правилах по метрологии ПР 50-732-93 «Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления и юридических лиц».

В состав метрологических служб предприятий и организаций могут входить самостоятельные калибровочные лаборатории, а также структурные подразделения по ремонту средств измерений.

Государственный метрологический контроль и надзор (ГМК и Н), осуществляемые с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм, распространяются на следующие сферы деятельности:

- здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом;
- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции, поставляемой по контрактам для государственных нужд в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- испытания и контроль качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов России;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления Российской Федерации;
- регистрация национальных и международных спортивных рекордов.

Все разрабатываемые, производимые, поступающие по импорту и находящиеся в эксплуатации средства измерений делятся на две группы:

Метрологический контроль и надзор метрологическими службами юридических лиц осуществляются путем:

- калибровки СИ;
- надзора за состоянием и применением СИ, эталонами единиц величин, соблюдением метрологических правил и норм нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- выдачи обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических правил и норм;
- проверки своевременности представления СИ на испытания в целях утверждения типа средств измерений, а также на поверку и калибровку.

2.4. Поверка и калибровка СИ.

Поверка – это операция, проводимая уполномоченным органом и заключающаяся в установлении пригодности СИ к применению на основании экспериментально определенных МХ и контроля их соответствия предъявляемым требованиям.

Основной МХ, определяемой при поверке СИ, является его погрешность, которая находится на основании сравнения поверяемого СИ с рабочим эталоном.

Результатом поверки является:

- подтверждение пригодности СИ к применению. В этом случае на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и выдается Свидетельство о поверке.

▪ признание СИ непригодным к использованию. В этом случае оттиск поверительного клейма и Свидетельство о поверке аннулируются и выписывается Свидетельство о непригодности.

Форма клейма и Свидетельства о поверке, порядок нанесения поверительного клейма устанавливает Госстандарт России.

СИ подвергаются первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной поверкам.

Существуют и другие методы поверки, которые используются реже.

Если СИ не подлежат обязательному метрологическому контролю и надзору, то они подвергаются калибровке.

Калибровка – это операция, устанавливающая соотношение между значением величины, полученным с помощью данного СИ, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона.

По результатам калибровки определяют действительное значение измеряемой величины, показываемое данным СИ, или поправки к его показаниям.

Результаты калибровки удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на СИ, или Свидетельством о калибровке, а также записью в эксплуатационные документы.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

3.1. Основные цели сертификации

Сертификация в переводе с латыни означает «сделано верно». Для того чтобы убедиться в том, что продукт «сделан верно», надо знать, каким требованиям он должен соответствовать и каким образом возможно получить достоверные доказательства этого соответствия. Общеизвестным способом такого доказательства служит сертификация соответствия.

ИСО/МЭК предлагает термин "соответствие" (Assurance of conformity), указывая, что это процедура, в результате которой может быть представлено заявление, дающее уверенность в том, что продукция (процесс, услуга) соответствуют заданным требованиям. Это может быть:

- заявление поставщика о соответствии (supplier's declaration), т.е. его письменная гарантия в том, что продукция соответствует заданным требованиям; заявление, которое может быть напечатано в каталоге, накладной, руководстве об эксплуатации или другом сообщении, относящемся к продукции; это может быть также ярлык, этикетка и т.п.;
- сертификация (certification) — процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию, что продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям.

Термин «заявление поставщика о соответствии» означает, что поставщик (изготовитель) под свою личную ответственность сообщает о том, что его продукция отвечает требованиям конкретного нормативного документа. Согласно Руководству 2 ИСО/МЭК это является доказательством осознанной ответственности изготовителя и готовности потребителя сделать продуманный и определенный заказ.

Заявление изготовителя, которое называют также заявлением-декларацией, содержит следующие сведения: адрес изготовителя, представляющего заявление-декларацию, обозначение изделия и дополнительную информацию о нем; наименование, номер и дату публикации стандарта, на который ссылается изготовитель; указание о личной ответственности изготовителя за содержание заявления и др. (см. приложение 14). Представляемая информация должна быть основана на результатах испытаний. Ссылка на стандарт не означает утверждения изделия организацией, принявшей этот стандарт. Изготовитель не имеет права пользоваться знаками соответствия стандартам. Несколько иной порядок принят в ЕС (см. гл. 21).

Подтверждение соответствия через сертификацию предполагает обязательное участие третьей стороны. Такое подтверждение соответствия — независимое, дающее гарантию соответствия заданным требованиям, осуществляемое по правилам определенной процедуры.

Сертификация — представляет собой действие третьей стороны, которая является лицом или органом, признаваемыми независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе, удостоверяющее посредством сертификата соответствия или знака соответствия, что изделие или услуга соответствуют требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Сертификация продукции является одним из путей обеспечения высокого качества продукции, повышения научного и торгово-экономического сотрудничества между странами, укрепления доверия между ними.

В сертификации продукции, услуг и иных объектов участвуют первая (изготовитель или продавец), вторая (потребитель или покупатель), третья стороны.

Третья сторона — лицо или орган, признаваемые независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе.

Система сертификации — совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Сертификат соответствия — документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

К объектам сертификации относятся продукция, услуги, работы, системы качества, персонал, рабочие места и пр.

В соответствии с законом РФ «О техническом регулировании» сертификация осуществляется в целях:

1. удостоверения соответствия продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, условиям договоров;
2. содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
3. создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Сертификация способствует:

1. достижению доверия к качеству изделий;
2. предотвращению импорта в страну изделий, не соответствующих требуемому уровню качества продукции;
3. предотвращению экспорта аналогичной продукции;
4. упрощению выбора продукции потребителем;
5. защите изготовителя от конкуренции с поставщиками несертифицированной продукции и обеспечению ему рекламы и рынка сбыта;
6. улучшению «качества» стандартов путем выявления в них устарелых положений и стимулирования переработки старых стандартов.

3.2. Обязательная и добровольная сертификация

Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в виде добровольной сертификации.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии;
- обязательной сертификации.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу независимо от схем обязательного подтверждения соответствия и действуют на всей территории Российской Федерации.

Обязательная сертификация распространяется на продукцию и услуги, связанные с обеспечением безопасности окружающей среды, жизни, здоровья, имущества. Требования к этим объектам должны выполняться всеми производителями на внутреннем рынке и импортерами при ввозе на территорию России; осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом.

При обязательной сертификации подтверждаются только те обязательные требования, которые установлены законом, вводящим обязательную сертификацию. При обязательной сертификации действие сертификата соответствия и знака соответствия распространяется на всей территории РФ.

Добровольная сертификация проводится по инициативе заявителей (изготовителей, продавцов, исполнителей) в целях подтверждения соответствия продукции требованиям стандартов, технических условий, рецептур и других документов, определяемых заявителем.

Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Она не может заменить обязательную сертификацию, если такая продукция подлежит обязательной сертификации.

Добровольной сертификации подлежит продукция, на которую отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности. В то же время ее проведение ограничивает доступ на рынок некачественных

изделий за счет проверки таких показателей, как надежность, эстетичность, экономичность и др. Она в первую очередь направлена на борьбу за клиента.

Сертификация считается основным достоверным способом доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям.

Систему сертификации (в общем виде) составляют: центральный орган, который управляет системой, проводит надзор за ее деятельностью и может передавать право на проведение сертификации другим органам; правила и порядок проведения сертификации; нормативные документы, на соответствие которым осуществляется сертификация; процедуры (схемы) сертификации; порядок инспекционного контроля. Системы сертификации могут действовать на национальном, региональном и международном уровнях. Если система сертификации занимается доказательством соответствия определенного вида продукции (процесса, услуг) — это система сертификации однородной продукции*, которая в своей практике применяет стандарты, правила и процедуру, относящиеся именно к данной продукции. Несколько таких систем сертификации однородной продукции со своими органами и другими составляющими могут входить в общую систему сертификации.

3.3. Правила и порядок проведения сертификации. Стадии сертификации.

Деятельность по сертификации в России законодательно регулируется и обеспечивается:

- ❑ законами РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г., «Об обеспечении единства измерений» в редакции 2003 г., «О защите прав потребителей» в редакции 1999 г., «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора)» в редакции 2003 г.;
- ❑ подзаконными актами, направленными на решение отдельных социально-экономических задач и предусматривающими использование для этой цели обязательной сертификации;
- ❑ указами президента и нормативными актами правительства России (постановление Правительства РФ от 12 февраля 1994 г. № 100 «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг», Распоряжение Правительства РФ от 20 февраля 1995 г. № 255-р «О программе демонополизации в сферах стандартизации, метрологии и сертификации», постановление Госстандарта России в редакции 2002 г. «Правила по проведению сертификации в Российской Федерации» и др.).

СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ

Схема сертификации — форма сертификации, определяющая совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательства соответствия продукции установленным требованиям.

Схемы сертификации продукции, применяемые в России и разработанные с учетом рекомендаций ИСО/МЭК, приведены в табл. 5.2.

При выборе схемы должны учитываться особенности производства, испытаний, поставки и использования конкретной продукции, требуемый уровень доказательности, возможные затраты заявителя.

В качестве способов доказательства используют: 1) испытание, 2) проверку производства, 3) инспекционный контроль, 4) рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам.

Испытание. В схемах 1-5 производится испытание типа, то есть одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями. Испытание в схеме 7 — это уже контроль качества партии путем испытания средней пробы (выборки), отбираемой от партии с использованием метода статистического контроля. В схеме 8 испытанию подвергается каждая единица продукции. Таким образом, жесткость испытаний, а, значит, надежность и стоимость испытаний возрастают по распределению 1-7-8.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СЕРТИФИКАЦИИ

Основные этапы процесса сертификации неизменны и независимы от вида и объекта сертификации. В ней можно выделить 5 основных этапов:

1. подача заявки на сертификацию;
2. оценка соответствия объекта сертификации установленным требованиям;

3. анализ результатов оценки соответствия:
4. решение по сертификации:
5. инспекционный контроль за сертификационным объектом

РАЗДЕЛ 4. СИСТЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ИХ АВТОМАТИЗАЦИЯ

Лекция проходит в интерактивной форме в виде презентации (2 часа).

4.1. Основы автоматизации производства

Автоматизация - это процесс развития машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам.

Задачи автоматизации

- 1) увеличение производительности и оптимизации загрузки оборудования,
- 2) повышение качества продукции за счет точного соблюдения технологических процессов,
- 3) обеспечение безопасности и улучшение условий труда,
- 4) увеличение коэффициента использования материала.
- 5) сокращения потребности в рабочей силе и систематическом повышении прибыли

Для осуществления этих задач требуются современное оборудование и программное обеспечение, а также высококвалифицированные специалисты.

Виды автоматизации

Частичная (начальная) - обеспечивает автоматизацию рабочего цикла машин или использование автомата в автономном режиме, автоматизируется работа отдельных машин и механизмов (в первую очередь автоматизируются основные технологические операции).

Комплексная - это уровень автоматизации производства, при котором весь комплекс операций производств. процесса, включая транспортирование и контроль продукции, осуществляется системой автоматических машин и технологических агрегатов по заранее заданным программам и режимам с помощью различных автоматических устройств, объединённых общей системой управления. Это может быть единый взаимосвязанный комплекс (участок, цех, завод, комбинат, электростанция), в котором предусмотрена комплексная автоматизация операций производственного процесса.

Полная - высшая ступень автоматизации, которая предусматривает передачу функций управления и контроля комплексно-автоматизированным производством автоматическим системам управления. Широко используются компьютерно-интегрированные автоматизированные системы, позволяющие унифицировать получение, передачу, использование информации о производстве на всех уровнях с целью получения максимальной эффективности производства. Создаются автоматические участки, цеха, заводы с широким использованием микропроцессорной техники и компьютеров, которые объединены информационными сетями.

Разновидности автоматизированных систем

1. АСУ ТП включающая оборудование с программируемыми контроллерами, распределенные системы управления, системы диспетчерского управления и сбора данных, системы обеспечения человеко-машинного интерфейса.

2. АСУП включающая систему решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции и систему планирования ресурсов предприятия.

Преимущества полной автоматизации

Дает возможность быстрого получения всей информации, необходимой для принятия решений и эффективного управления производственным предприятием.

Обеспечивает двустороннюю связь «цеха, подразделения— менеджмент – цеха, подразделения», которую обеспечивает автоматизация управления производством.

Процесс проходит посредством :

1. программы автоматизации производства и
2. сети компьютеров, соединенных в единую систему.

Управление производственным предприятием полностью осуществляется с использованием программного обеспечения. Такое управление производственным предприятием

ем позволяет быстро получать полную информацию о производственном процессе на всех уровнях и оперативно решать возникающие технические и экономические проблемы.

При определении степени автоматизации учитывают прежде всего её экономическую эффективность и целесообразность в условиях конкретного производства.

4.2 Функции и уровни АСУТП

Принято различать информационные и управляющие функции АСУТП.

К информационным относятся такие функции АСУТП, результатом выполнения которых является представление оператору системы или какому-либо внешнему получателю информации о ходе управляемого процесса.

Характерными примерами информационных функций АСУТП являются:

- ❖ контроль за основными параметрами и немедленное информирование персонала при возникновении несоответствий;
- ❖ информирование оператора о производственной ситуации на том или ином участке объекта управления в данный момент;
- ❖ периодическая регистрация измеряемых параметров и вычисляемых показателей;
- ❖ обнаружение и сигнализация наступления опасных (предаварийных, аварийных) ситуаций.

Выполняя эти информационные функции, АСУТП своевременно обеспечивает своего оператора или вышестоящую систему сведениями о состоянии и любых отклонениях от нормального протекания технологического процесса.

Управляющие функции АСУТП включают в себя действия по выработке и реализации управляющих воздействий на объект управления.

К основным управляющим функциям относятся:

- ❖ стабилизация переменных технологического процесса на некоторых постоянных значениях, определяемых регламентом производства;
- ❖ программное изменение режима процесса по заранее заданным законам;
- ❖ защита оборудования от аварий;
- ❖ формирование и реализация управляющих воздействий, обеспечивающих оптимальное функционирование процесса производства; распределение материальных потоков и нагрузок между технологическими агрегатами;
- ❖ управление пусками и остановами агрегатов и др.

АСУ ТП строятся по трехуровневому принципу:

Нижний уровень. Уровень оборудования (входов/выходов- Input/Output-level). Это уровень датчиков (sensors), измерительных устройств, контролирующих управляемые параметры, а также исполнительных устройств (actuators), воздействующих на эти параметры процесса, для приведения их в соответствие с заданием. На этом уровне осуществляется согласование сигналов датчиков с входами устройства управления, а вырабатываемых команд с исполнительными устройствами.

Средний уровень. Уровень управления оборудованием-Control level. Это уровень контроллеров (ПЛК-PLC, Programable Logic Controller). ПЛК получает информацию с контрольно-измерительного оборудования и датчиков о состоянии технологического процесса и выдает команды управления, в соответствии с запрограммированным алгоритмом управления, на исполнительные механизмы.

Верхний уровень. Уровень промышленного сервера, сетевого оборудования, уровень операторских и диспетчерских станций. На этом уровне идет контроль хода производства: обеспечивается связь с нижними уровнями, откуда осуществляется сбор данных, визуализация и диспетчеризация (мониторинг) хода технологического процесса. Это уровень HMI, SCADA. На этом уровне задействован человек, т.е. оператор (диспетчер). Он осуществляет локальный контроль технологического оборудования через так называемый человеко-машинный интерфейс (HMI - Human Machine Interface). К нему относятся: мониторы, графические панели, которые устанавливаются локально на пультах управления и шкафах автоматики. Для осуществления контроля за распределенной системой машин, механизмов и агрегатов применяется SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) система. Эта система представляет собой программное обеспечение, которое настраивается и устанавливается на диспетчерских компьютерах. Она обеспечивает сбор, архивацию, визуализацию, важнейших данных от ПЛК. При получении данных система самостоятельно сравнивает их с заданными значениями управляемых параметров (уставками) и при отклонении от задания уведомляет оператора с помощью тревог (Alarms), позволяя ему предпринять необходимые действия. При этом система записывает все происходящее, включая действия оператора, обеспечивая

контроль действий оператора в случае аварии или другой нештатной ситуации. Таким образом, обеспечивается персональная ответственность управляющего оператора

4.3. Задачи на уровне автоматизации АСУТП

Система АСУ ТП предназначена для автоматизации технологических процессов на производстве. Служит для выработки и реализации управляющих воздействий на объекты управления. Система включает в себя средства автоматизации и оперативный персонал (операторов, диспетчеров). Термин "автоматизированная" в отличие от термина "автоматическая" подчеркивает возможность участия человека в отдельных операциях для сохранения человеческого контроля над процессом и для уменьшения усложнения системы управления.

Структура АСУ ТП

Обычно в АСУ ТП входят:

1. типовые элементы автоматики: датчики, контроллеры, промышленные компьютеры, исполнительные устройства и т.п. для непосредственного управления технологическим объектом
2. единая система операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления (компьютеров)
3. средства обработки и архивирования информации о ходе процесса
4. промышленные сети для информационной связи всех подсистем.

Технологический объект управления - это совокупность технологического оборудования обеспечивающего технологический процесс. Технологическим объектом управления могут быть технологические агрегаты и установки, группы станков, отдельные производства (цехи, участки), реализующие самостоятельный технологический процесс.

4.4. Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности

Особенности управления теплотехническими объектами

- 1) Идет непрерывный процесс выработки электрической и тепловой энергии при переменных нагрузках со стороны потребителей при отсутствии возможности складирования готовой продукции.
- 2) Увеличение единичных мощностей объектов.
- 3) Увеличение величин тепловых и энергетических параметров. По уровню начального давления различают ТЭС: докритического давления, критического давления, сверхкритического, сверхкритического давления.
- 4) Как правило параметры невозможно измерить прямыми методами
- 5) Уменьшение времени переходных процессов до величин, до величин на которые оператор не успевает отреагировать.
- 6) Взаимовлияние параметров между собой (так изменение расхода топлива в котле вызывает изменение давления и температуры пара).

Теплотехнические объекты управления являются сложными динамическими системами. Реальные объекты многомерны: между регулируемыми (управляемыми) величинами существуют взаимные связи, обусловленные наличием общих входных воздействий, изменение каждого из которых приводит к изменению не одной, а нескольких выходных величин. Анализ характера взаимных связей регулируемых величин имеет принципиальное значение для решения задач синтеза системы управления. Следует различать взаимосвязи, обусловленные наличием общих возмущений и общих регулирующих (управляющих) воздействий (рис. 7.45) В первом случае автоматическая система регулирования объекта с n регулируемыми величинами распадается на n независимых АСР с одной регулируемой величиной. Связь регулируемых величин через общие регулирующие воздействия коренным образом изменяет и усложняет структуру АСР многомерного объекта: эквивалентный объект для каждого отдельного регулятора содержит не только свой, но и все остальные каналы объекта и регуляторы. На рис. 7.46 показан пример структуры многомерного объекта.

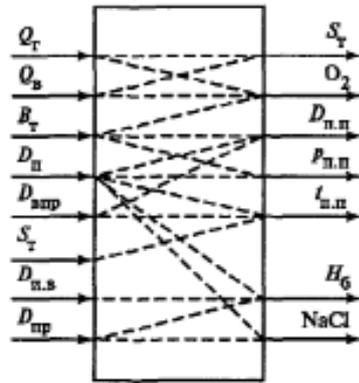


Рис. 7.46. Структурная схема барабанного котла:
 входные величины: расход: Q_r — дымовых газов, Q_b — воздуха, B_r — топлива, D_n — вырабатываемого пара, $D_{впр}$ — впрыска в парохладитель, $D_{п.в}$ — питательной воды, $D_{пр}$ — продувочной воды; S_r — разрежение в топке; выходные (регулируемые) величины: S_r — разрежение в топке; O_2 — содержание кислорода в дымовых газах; $D_{п.п}$ — паропроизводительность; $P_{п.п}$ — давление перегретого пара; $t_{п.п}$ — температура перегретого пара; $H_б$ — уровень воды в барабане; $NaCl$ — солесодержание котловой воды

Каналы многомерного объекта могут существенно различаться по значениям коэффициентов передачи и инерционным свойствам. Анализ взаимных связей регулируемых величин обычно позволяет представить многомерный объект в виде нескольких отдельных более простых относительно обособленных участков.

Но физической природе теплотехнические объекты нелинейны, но присущие им нелинейности обычно монотонны и непрерывны, что дает возможность применять линейные математические модели для решения широкого круга задач. Возможность применения линейных моделей должна обосновываться не только математически, но и физически.

Экспериментальные динамические характеристики объекта регулирования определяют совместно с такими элементами реальной системы, как регулирующие органы и средства измерения (датчики, измерительные преобразователи). Это следует учитывать, например, при сопоставлении результатов экспериментального исследования объекта и его аналитического описания.

Полное описание объекта должно содержать уравнения или характеристики статических и динамических режимов (дифференциальные уравнения, динамические характеристики) и может быть получено экспериментальными, аналитическими и экспериментально-аналитическими методами [6, 21).

Уравнения статических режимов теплового объекта

$$y_k = f(x_j),$$

описывающие установившееся состояние при неизменных входах X_j и выходах y_k , как правило, нелинейны. Нелинейная статическая характеристика монотонна и имеет форму, показанную на рис. 7.47.

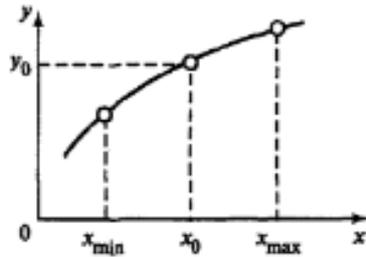


Рис. 7.47. Статическая характеристика объекта управления

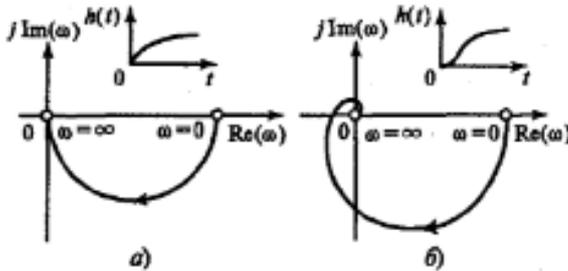


Рис. 7.48. Комплексные частотные и переходные характеристики объектов с самовыравниванием: а — одноомкостного объекта; б — объекта с распределенными параметрами

Подобные статические характеристики и определяющие их уравнения допускают линеаризацию в окрестности заданного режима X_0, y_0 , заключающуюся в замене нелинейных зависимостей приближенными линейными (см. п. 7.2.4). При этом, как правило, допустима также линеаризация описывающего рассматриваемый объект дифференциального уравнения, что позволяет использовать для описания объекта в окрестности режима X_0, y_0 его динамические характеристики.

Динамические характеристики теплотехнических объектов при всем многообразии последних обладают некоторыми типичными свойствами, определяющими структуру их линейных математических моделей. По виду реакция на ступенчатое изменение входной величины различают:

1) объекты с самовыравниванием, обладающие переходной характеристикой экспоненциальной или S-образной формы (рис. 7.48). Передаточная функция таких объектов может быть представлена в виде

$$W_{x_j - y_k}(p) = \frac{k_{x_j - y_k} \exp(-\tau_{x_j - y_k} p)}{\prod_{l=1}^n (T_l p + 1)}, \quad (7.59)$$

2) объекты без самовыравнивания с переходными характеристиками, имеющими вид, показанный на рис. 7.49. Передаточная функция таких объектов содержит в знаменателе в качестве множителя p :

$$W_{x_j - y_k}(p) = \frac{k_{x_j - y_k} \exp(-\tau_{x_j - y_k} p)}{p \prod_{l=1}^n (T_l p + 1)}, \quad (7.60)$$

в частном случае $\tau_{x_j - y_k} = 0; n = 1; T_l = 0, l = 1, \dots, n$ (рис. 7.49, а);

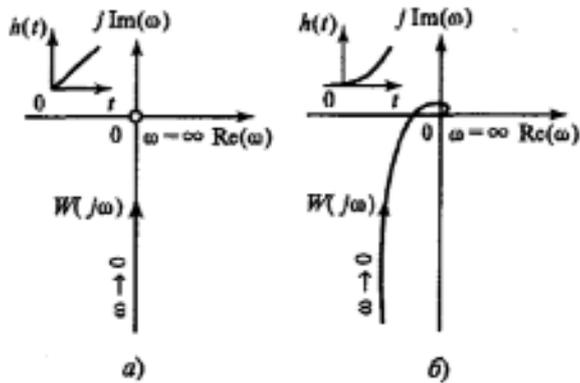


Рис. 7.49. Комплексные частотные и переходные характеристики объектов без самовыравнивания:
a — одноемкостного объекта; *b* — объекта с распределенными параметрами

3) объекты с немонотонной переходной характеристикой с самовыравниванием и без самовыравнивания (рис 7.50) Математические модели таких объектов представляются передаточными функциями, содержащими последовательно и параллельно включенные звенья. Например, простейшая математическая модель объекта с немонотонной характеристикой без самовыравнивания имеет вид

$$W_{\tau_j - \tau_k}(p) = \frac{k_1}{p} - \frac{k_2}{Tp + 1}$$

В общем случае структура линейной математической модели и ее коэффициенты зависят от исходного режима (например, нагрузки) нелинейного объекта [6. 24]

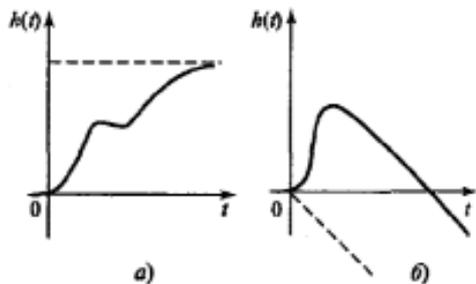


Рис. 7.50. Немонотонные переходные характеристики:
a — объекта с самовыравниванием; *b* — объекта без самовыравнивания

Структура одноконтурной АСР, назначение её элементов.

1. Регулирующий орган
2. Объект
3. Измерительный прибор
4. Задатчик
5. Регулирующий прибор
6. Блок управления
7. Усилитель
8. Исполнительный механизм

Назначение элементов АСР:

Регулирующий орган – служит для изменения количества вещества подаваемого в объект регулирования.

Измерительный прибор – измеряет физические параметры объектов, и преобразуют их в сигналы определенного вида энергии.

Задатчик – служит для изменения сигнала задания системы (здатчик это переменное сопротивление в электричестве)

Блок управления – переключает режимы (автоматические и ручные), имеет два светодиода, так же даёт возможность управления объектом на расстоянии.

Усилитель – усиливает малый сигнал управления до напряжения 220 V

Исполнительный механизм – служит для перемещения регулирующего органа на вход объекта. Состоит из:

1. Эл. Двигатель
2. Редуктор
3. Устройство дистанционного указателя положения
4. Концевые и путевые выключатели

АСР с компенсацией возмущения.

Одной из наиболее эффективных схем является система с компенсацией возмущения, так называемая комбинированная АСР. Такая АСР позволяет повысить качество регулирования относительно известного основного возмущающего воздействия.

Так как компенсатор не входит в замкнутый контур передачи сигнала, то устойчивость системы не зависит от его свойств. Расчет параметров настройки регулятора $W_p(p)$ осуществляется как для обычной одноконтурной АСР.

Выполнение условий абсолютной инвариантности для реальных систем не всегда практически возможно. При определенных свойствах объекта по каналам возмущения и управления может оказаться, что полная компенсация возмущения физически не реализуема. Так, если запаздывание объекта по каналу управления больше, чем по каналу возмущения, то регулирующее воздействие должно опережать на время возмущающее воздействие, что практически невозможно. Для первого приближения применяют простейший компенсатор в виде пропорционального звена с коэффициентом усиления.

Таким образом, расчет комбинированной АСР включает следующие этапы:

1. Расчет настроек регулятора в одноконтурной АСР.
2. Вывод передаточной функции идеального компенсатора из условий абсолютной инвариантности и анализ его физической реализуемости.
3. Выбор реального компенсатора и определение его параметров из условий приближенной инвариантности.

Каскадные АСР.

Каскадные системы применяются для объектов с большой инерционностью по каналу регулирования. Качество регулирования можно улучшить введением дополнительного контура стабилизации вспомогательной переменной.

Структура каскадной АСР представлена на рис.2. В системе действуют два регулятора – основной регулятор, служащий для стабилизации основной регулируемой величины X , и вспомогательный регулятор, служащий для регулирования вспомогательной величины X_1 . При этом основной регулятор воздействует на изменение задания вспомогательному регулятору.

Расчет каскадной АСР предполагает определение настроек основного и вспомогательного регуляторов.

РАЗДЕЛ 5. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.

5.1. Общие сведения об измерении температуры.

Контактные приборы и методы по принципу действия разделяются на:

- а) термометры расширения, принцип действия которых основан на зависимости объемного расширения жидкости и линейных размеров твердых тел от температуры;
- б) манометрические термометры, принцип действия которых основан на изменении давления рабочего (термометрического) вещества в зависимости от температуры;
- в) термоэлектрические термометры (термопары), принцип действия которых основан на использовании зависимости термоэлектродвижущей силы от температуры;
- г) термометры сопротивления, принцип действия которых основан на зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры.

Бесконтактные методы, в основе которых лежит регистрация собственного теплового или оптического излучения, можно представить следующими направлениями:

а) пирометрия - измерение температуры самосветящихся объектов: пламени, плазмы, астрофизических объектов;

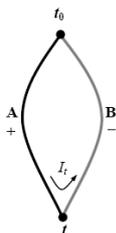
б) радиометрия - измерение температуры по собственному тепловому излучению тел. Для невысоких и комнатных температур это излучение находится в инфракрасном диапазоне длин волн;

в) тепловидение - радиометрическое измерение температуры с пространственным разрешением и с преобразованием температурного поля в телевизионное изображение, иногда с цветовым контрастом. Позволяет измерять градиенты температуры, температуру среды в замкнутых объемах, например, температуру жидкостей в резервуарах и трубах.

5.2. Средства измерения температуры.

Термоэлектрические термометры

Измерение температуры термоэлектрическими термометрами (термоэлектрическими преобразователями, ТЭП) основано на эффекте Зеебека, заключающегося в генерировании термоэлектродвижущей силы (термо-ЭДС), возникающей из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов или сплавов, образующих часть одной и той же цепи.



Под термоэлектрическим термометром принято понимать комплект, состоящий из:

- 1) термопары, осуществляющей преобразование температуры в электрическое напряжение,
- 2) линий связи (удлиняющих проводов),
- 3) вторичного прибора для измерения термо-ЭДС.

Конструктивное выполнение термопар определяется условиями их применения.

По типу исполнения стандартные ТЭП делятся на:

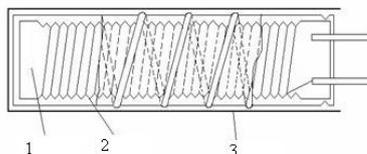
- а) погружаемые и поверхностные,
- б) стационарные и переносные;
- в) одинарные, двойные и тройные - одинарные (с одним чувствительным элементом) и двойные (с двумя чувствительными элементами). Двойные термопары применяются для измерения температуры в одном и том же месте одновременно двумя вторичными приборами, установленными в разных пунктах наблюдения.
- г) однозонные и многозонные,
- д) обыкновенные, водозащищенные, взрывобезопасные и т.д.

Обозначение	Международное Обозначение	Материалы электродов	Диапазон длительного применения (кратковременного)
ТВР	A	Вольфрамрений(W+5% Re)- вольфрамрений(W+20% Re)	0-2200 (2500) кроме окислительных сред
ТПР	B	Платинородий(Pt+30% Rh)- платинородий(Pt+6% Rh)	300-1600 (1800)
ТПП 13 ТПП10	S R	Платинородий(Pt+13% Rh)-платина Платинородий(Pt+10% Rh)-платина	0-1300 (1600) в окислительных средах
ТХА	K	Хромель-алюмель	-200-1000 (1300) в окислительных и инертных средах
ТХК	L	Хромель-копель	-200-600 (800)

Термометры сопротивления (ТС)

Чувствительный элемент состоит из соединенных последовательно двух платиновых спиралей 1, расположенных в каналах керамического каркаса 2. Каналы каркаса со спиральями заполняются порошком 3 (обычно это оксид магния), который служит изолятором и улучшает тепловой контакт проволоки с каркасом. К концам спиралей припаяны короткие выводы 4 из платиновой или иридиевой проволоки, к которым затем припаиваются изолированные выводные проводники. Торцы кера-

мического каркаса герметизируются специальной глазурью 5. Каркас помещается в тонкостенную металлическую оболочку 6, которая заполняется порошком и закрывается пробкой, через которую пропущены выводы.



Арматура ТС бывает двух исполнений: с головкой и без нее. В головке ТС имеются контакты, к которым подсоединяются выводные проводники с вторичным прибором. Подключаться ТС может по двух, трех, четырехпроводной схеме:

Бесконтактные методы измерения температуры

О температуре нагретого тела можно судить на основании измерения параметров его теплового излучения, представляющего собой электромагнитные волны различной длины. Чем выше температура тела, тем больше энергии оно излучает.

Термометры, действие которых основано на измерении теплового излучения, называют пирометрами. Они позволяют контролировать температуру от 100 до 6000°C и выше.

Преимущества приборов, измеряющих температуру бесконтактным способом по сравнению с приборами, измеряющими температуру контактным способом:

- 1) имеют неограниченный верхний предел измерения
- 2) возможность измерения температур излучателей, находящихся на большом расстоянии
- 3) не искажают температурное поле объекта измерения
- 4) могут применяться для измерения температур газовых потоков при больших скоростях.

Типы пирометров:

1. пирометр частичного излучения (ПЧИ) - измеряется энергия в ограниченном фильтром (или приемником) участке спектра,
2. пирометр спектрального отношения (ПСО) - измеряется отношение энергии фиксированных участков спектра,
3. пирометр суммарного излучения (ПСИ) - измеряется полная энергия излучения.

РАЗДЕЛ 6. ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЙ

6.1. Общие сведения об измерении давления

Давлением P называют отношение силы F , действующей перпендикулярно к поверхности тела, к площади S этой поверхности.

Виды измеряемых давлений

На практике давления газообразных и жидких сред могут измеряться относительно двух различных уровней:

- уровня абсолютного вакуума - идеализированного состояния среды в замкнутом пространстве, из которого удалены все молекулы и атомы вещества среды
- уровня атмосферного (барометрического) давления

1. Барометрическое давление (ДБ) - это давление земной атмосферы.
2. Давление, которое больше атмосферного, называют избыточным (ДИ)
3. Давление, которое меньше атмосферного, называется вакуумметрическим (ДВ) (разрежения).
4. Абсолютное давление (ДА) - давление, измеряемое относительно вакуума или полное давление, под которым находится жидкость или газ: $ДА = ДБ + ДИ$, $ДА = ДБ - ДВ$.
5. Дифференциальное давление (ДД) - разность давлений сред.

Классификация СИ давления

По виду измеряемого давления:

- 1) барометры, измеряющие атмосферное давление;
- 2) манометры, измеряющие избыточное давление;
- 3) вакуумметры, измеряющие вакуумметрическое давление (разряжение);
- 4) мановакуумметры, измеряющие избыточное давление, и разряжение;
- 5) напоромеры, измеряющие малые давления;
- 6) тягомеры, измеряющие малые разряжения;
- 7) тягонапоромеры, служащие для измерения малых давлений и разряжений;
- 8) дифференциальные манометры, измеряющие разность двух давлений.

По принципу действия:

1. жидкостные - измеряемое давление уравнивается гидростатическим столбом жидкости соответствующей высоты
2. деформационные - давление определяется по величине деформации и перемещения упругого чувствительного элемента (УЧЭ)
3. грузопоршневые - измеряемое или воспроизводимое давление гидростатически уравнивается через жидкую или газообразную среду прибора давлением веса поршня с грузоприемным устройством и комплектом образцовых гирь
4. электрические - давление определяется на основании зависимости электрических параметров (сопротивления, емкости, заряда, частоты) чувствительного элемента (ЧЭ) от измеряемого давления.

6.2. Средства измерения давления

Жидкостные манометры

Жидкостные манометры отличаются простотой конструкции и сравнительно высокой точностью измерения.

В качестве рабочей жидкости используют вода, ртуть, спирт, трансформаторное масло.

- Двухтрубные (U-образный)
- однотрубные (чашечные)
- микроманометры

Двухтрубные манометры

Стекло́нная трубка 1 закреплена на доске 2 со шкалой 3, расположенной между коленами трубки, и заполнена рабочей жидкостью. Один конец трубки соединен с полостью, в которой измеряется давление, другой сообщается с атмосферой.

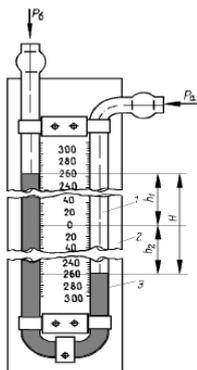
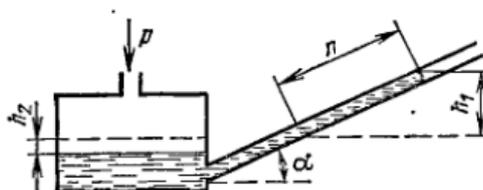


Рис.3.4. U-образный манометр:
1 – трубка; 2 – доска; 3 – шкала

Чашечный манометр

Аналогичен двухтрубному, но одно из колен выполнено в виде сосуда (чашки) 1, в которое подается большее давление, а трубка 2 сообщается с атмосферой.

Микроманометры



Деформационные датчики давления

По виду упругого чувствительного элемента деформационные датчики делятся на:

- приборы с трубчатой пружиной
- мембранные приборы;
- сильфонные приборы.

В манометрах с трубчатой пружиной чувствительным элементом является согнутая по дуге окружности и запаянная с одного конца трубка 1 (трубка Бурдона) эллиптического, плоскоовального или круглого сечения, а другим концом закрепленная в держателе 2, к которому подводится измеряемое давление.

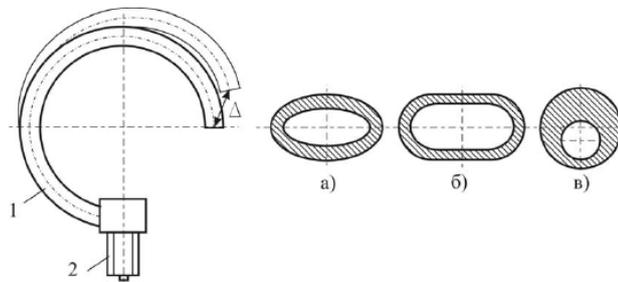


Рис. 3.6. Трубочная пружина Бурдона:
а – эллиптического сечения; б – плоскоовального сечения; в – круглого сечения
1 – трубка; 2 – держатель

Запаянная с одного конца одновитковая трубочная пружина 1 эллиптического или овального сечения закреплена другим концом в держателе, соединенном с сосудом, в котором измеряют давление. Под действием избыточного давления трубка разгибается, и свободный конец ее через поводок 2 поворачивает зубчатый сектор 3 и вместе с ним стрелку 4, которая перемещается вдоль шкалы 5, проградуированной в единицах давления. Спиральная пружина 6 служит для устранения люфта в зубчатом зацеплении.

Мембранные приборы.

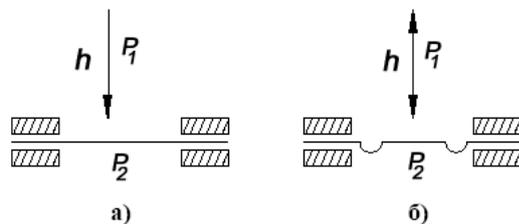


Рис. 3.9. Упругие мембраны:
а – плоская; б – гофрированная

Величина прогиба мембраны является сложной функцией действующего на нее давления и зависит от ее геометрических параметров (диаметра, толщины, числа и формы гофров), а также модуля упругости материала мембраны.

Для увеличения прогиба при измерении малых давлений (разрежений) мембраны попарно соединяют (сваркой или пайкой) в мембранные коробки, а коробки - в мембранные блоки.

Сильфонные приборы

Недостатками сильфонов являются: значительный гистерезис и некоторая нелинейность статической характеристики. Для устранения этих недостатков внутрь сильфона помещают винтовую цилиндрическую пружину.

Электрические датчики давления

В этих приборах измеряемое давление, воздействуя на чувствительный элемент, изменяет его электрические параметры: сопротивление, ёмкость или заряд, которые становятся мерой этого давления.

Типы электрических датчиков:

1) емкостные - используют упругий чувствительный элемент в виде конденсатора с переменным зазором: смещение или прогиб под действием прилагаемого давления подвижного электрода-мембраны относительно неподвижного изменяет его ёмкость;

2) пьезоэлектрические - основаны на зависимости поляризованного заряда или резонансной частоты пьезокристаллов кварца, турмалина от прилагаемого к ним давления;

3) тензорезисторные - используют зависимость активного сопротивления проводника или полупроводника от деформации.

На сегодняшний день самыми популярными в России являются тензорезисторные ИПД.

7. ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ

7.1. Общие сведения об измерении уровня

Уровнемеры по принципу действия делятся на:

- визуальные;

- поплавковые: для измерения уровня используется поплавок или другое тело, находящееся на поверхности жидкости;
 - буйковые: для измерения уровня используется массивное тело (буй), частично погружаемое в жидкость;
 - гидростатические: основаны на измерении гидростатического давления столба жидкости;
 - электрические: величины электрических параметров зависят от уровня жидкости;
 - ультразвуковые: основаны на принципе отражения от поверхности звуковых волн;
 - радарные и волноводные: основаны на принципе отражения от поверхности сигнала высокой частоты (СВЧ);
 - радиоизотопные: основаны на использовании интенсивности потока ядерных излучений, зависящих от уровня жидкости.
- Также уровнемеры делятся на:
- приборы для непрерывного слежения за уровнем;
 - приборы для сигнализации о предельных значениях уровня (сигнализаторы уровня).

7.2. Средства измерения уровня

Визуальные уровнемеры

Простейшими измерителями уровня жидкости служат указательные стекла, работа которых основана на принципе сообщающихся сосудов. Указательное стекло соединяют с сосудом нижним концом (для открытых сосудов) или обоими концами (для сосудов с избыточным давлением или

Поплавковые уровнемеры

Поплавковые уровнемеры изготавливают узкого и широкого диапазонов.

Поплавковые уровнемеры широкого диапазона представляют собой поплавок 1, связанный с противовесом 4 гибким тросом 2. В нижней части противовеса укреплена стрелка, указывающая по шкале 3 значения уровня жидкости в резервуаре.

Буйковые уровнемеры

Работа буйковых уровнемеров основана на законе Архимеда, которое гласит, что на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила F , пропорциональная весу вытесненной им жидкости.

Когда уровень жидкости в аппарате равен или меньше начального h_0 (величина h_0 называется зоной нечувствительности уровнемера), измерительная штанга 2, на которую подвешен буйек 1, находится в равновесии, т.к. момент M_1 создаваемый весом буйка уравнивается моментом M_2 , создаваемым противовесом.

Когда уровень жидкости становится больше h_0 (например, h), часть буйка длиной $(h - h_0)$ погружается в жидкость, поэтому вес буйка уменьшается на величину $F = \rho g S(h - h_0)$, и, следовательно, уменьшается и момент M_1 , создаваемый буйком на штанге 2. Т.к. M_2 становится больше M_1 штанга поворачивается вокруг точки O по часовой стрелке на небольшой угол и перемещает рычаг 3 преобразователя 5, который формирует выходной сигнал уровнемера.

Движение измерительной системы преобразователя происходит до тех пор, пока сумма моментов всех сил, действующих на рычаг 2, не станет равна нулю.

Минимальный верхний предел измерений буйковых уровнемеров - 0,025 м, максимальный - 16 м. Значение верхнего предела измерений приборов выбирается из ряда: 250; 400; 600; 1000; 1600; 2500; 4000; 6000; 8000; 10000 мм.

Гидростатические уровнемеры

Эти уровнемеры основаны на определении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара. Величина гидростатического давления на дно резервуара P_r зависит от высоты столба жидкости над измерительным прибором h и от плотности жидкости, т.е. $P_r = \rho gh$, соответственно $h = P_r / \rho g$.

Схему, представленную на рис. 5.9. в. используют для процессов, где невозможно избежать обильного образования и накопления конденсата в трубе, соединяющей датчик с объемом над жидкостью.

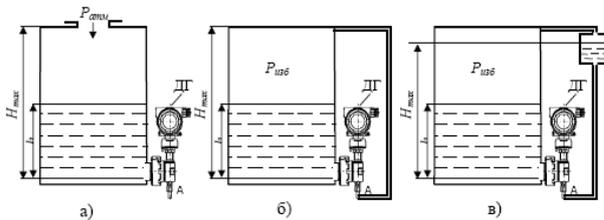


Рис.5.9. Измерение уровня в резервуарах при помощи датчика гидростатического давления:
а – для открытых резервуаров;
б – для закрытых резервуаров без уравнильного сосуда;
в – для закрытых резервуаров с уравнильным сосудом

Радиоизотопные уровнемеры

Действие прибора основано на сравнении интенсивностей потоков γ -лучей, проходящих выше или ниже уровня раздела двух сред разной плотности.

Преобразователь на фланцах 4 присоединен к вертикальным трубкам 2, установленным
Диапазон измерения уровня составляет до 10 м.

Ультразвуковые уровнемеры

Ультразвуковые уровнемеры (частота выше 20 КГц) измеряют уровень при отсутствии контакта с измеряемой средой и в труднодоступных местах; в них используется принцип отражения звуковых волн от границы раздела «жидкость - газ».

Ультразвуковые уровнемеры применяются для измерения уровня агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ.

8. Измерение количества и расхода вещества

8.1. Общие сведения об измерении количества и расхода вещества

Количество вещества выражают в единицах объема или массы. В системе СИ за единицу объема принят кубический метр (м^3), а за единицу массы - килограмм (кг). Количество газа измеряют объемным методом. Для получения сравнимых результатов измерений необходимо объем газа привести к следующим нормальным условиям: температура 20°C (293,15 К), давление 101325 Па (760 мм рт. ст.), относительная влажность $\phi=0$.

Приборы, измеряющие количество вещества, называются счетчиками. Счетчики измеряют протекающий через них объем вещества за любой промежуток времени. Количество вещества при этом определяется как разность показаний счетчика.

Расходом вещества называется количество вещества, проходящее через данное сечение канала в единицу времени. Объемный расход Q определяется как произведение скорости потока v на площадь отверстия истечения S , т.е. $Q=vS$.

В зависимости от принятого метода измерения приборы для измерения расхода и количества подразделяются на:

- расходомеры переменного перепада давления;
- расходомеры постоянного перепада давления;
- бесконтактные расходомеры: электромагнитные, ультразвуковые;
- кориолисовы расходомеры;
- вихревые расходомеры;
- калориметрические расходомеры и др.

8.2. Средства измерения количества и расхода вещества

Измерение количества жидкости и газа

Скоростные счетчики для жидкостей

Эти счетчики служат для измерения количества жидкостей. Они основаны на принципе измерения средней скорости движущегося потока. Количество жидкости Q связано со средней скоростью движущегося потока соотношением: $Q=v_{\text{ср}}S$,

где $v_{\text{ср}}$ - средняя скорость движения вещества, м/с; S - поперечное сечение потока, м^2 .

Объемные счетчики для жидкостей

Принцип работы объемных счетчиков заключается в измерении определенного объема жидкости, вытесняемого из измерительной камеры под воздействием разности давлений.

Объемные счетчики выпускаются двух типов, лопастные и с овальными зубчатыми колесами. Принцип действия лопастных счетчиков основан на том, что поток измеряемой жидкости, поступая

через входной патрубок, проходит через измерительную камеру, где теряет часть напора на создание крутящего момента, приводящего во вращение ротор с выдвигаемыми лопастями.

Ротационные счётчики для газов

Из счетчиков для газов наиболее распространены ротационные счетчики (рис. 4.5). Они предназначены для измерения больших количеств газа. Счетчик состоит из кожуха 2, внутри которого вращаются на параллельных горизонтальных валах роторы 1. Валы роторов связаны зубчатыми колесами, находящимися вне кожуха. От одного из валов вращение передается счетному механизму. Шарико- или роликоподшипники валов, а также зубчатые колеса находятся в масляных ваннах и заключены в картеры. Тонкий валик, соединяющий вал ротора со счетным механизмом, проходит через сальник в стенке картера.

В положении, изображенном на схеме, правый ротор не вращается под действием газа (давления на обе стороны ротора одинаковые). На верхнюю часть левого ротора действует газ с более высоким давлением, чем на нижнюю; левый ротор поворачивается, увлекая за собой правый.

Стандартные сужающие устройства

Диафрагма представляет собой тонкий металлический диск с круглым концентрическим отверстием, которое имеет со стороны входа острую цилиндрическую кромку, а далее расточено под углом 30-60°.

Сопло - сужающее устройство, имеющее плавно сужающуюся часть на входе и переходящую в горловину на выходе. Сопла применяются в трубопроводах $50 \text{ мм} < D < 630 \text{ мм}$, а также для измерения расхода газов и перегретого пара, если $((P1-P2/P1) < 0.1$, и для измерения расхода пара высокого давления и агрессивных газов в трубопроводах диаметром $D \leq 200 \text{ мм}$.

Сопло Вентури - сопло, которое состоит из входной части в виде сопла, горловины и выходной части в виде расходящегося конуса (диффузора).

Трубы Вентури применяют в трубопроводах диаметром от 50 до 1200 мм

Расходомеры постоянного перепада давления

Наиболее распространёнными приборами этой группы являются расходомеры со свободно перемещающимся в корпусе поплавком (ротаметры). Проходящий через ротаметр снизу поток жидкости или газа будет поднимать поплавок вверх, пока действующие на поплавок силы не уравновесятся, тогда он останавливается на высоте, в зависимости от величины расхода.

При неизменном расходе поплавков неподвижен.

Электромагнитные расходомеры

Расходомеры данного типа относятся к бесконтактным. Изготавливают с постоянным и переменным магнитным полем.

Приборы с электромагнитным преобразователем расхода основаны на взаимодействии движущейся жидкости с магнитным полем. Это взаимодействие подчиняется закону Фарадея, согласно которому в жидкости, пересекающей магнитное поле, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения жидкости.

Ультразвуковые расходомеры

Ультразвуковой (частота выше 20 КГц) метод измерения расхода основан на явлении смещения звукового колебания движущейся жидкой или газообразной средой. Измерение расхода проводится при косвенных измерениях следующих величин:

- разности времен Δt прохождения ультразвуковых импульсов по потоку и против него (временной метод);
- разности фаз $\Delta \phi$ между ультразвуковыми колебаниями, распространяющимися по потоку и против него (фазовый метод);
- разности частот Δf двух автогенераторов, в качестве элемента обратной связи которых используется контролируемая среда (частотный метод).

Вихревые и вихреакустические расходомеры

Принцип действия этих расходомеров основан на явлении, согласно которому при обтекании неподвижного твердого тела потоком жидкости за телом образуется вихревая дорожка, состоящая из вихрей, поочередно срывающихся с противоположных сторон тела.

Калориметрические расходомеры

Принцип действия калориметрических расходомеров основан на нагреве потока жидкости или газа посторонним источником энергии, создающим в потоке разность температур, зависящую от скорости потока и расхода теплоты в нагревателе.

Уравнение теплового баланса между расходом тепла, потребляемым нагревателем, и теплом, сообщенным потоку, имеет вид $q_t = kQ_m c_p \Delta t$,

Тепло к потоку в расходомерах подводится электронагревателями, для которых $q_t = 0,24I^2 R$,
На основании этих зависимостей получим уравнение массового расхода $Q_m = 0,24I^2 R / k c_p \Delta t$.

Существуют два способа измерения массового расхода:

- расход определяют по значению мощности, потребляемой нагревателем и обеспечивающей постоянную разность температур Δt ;

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1, 2	Поверка КИП	4	работа в малой группе (2 ч.)
2	1, 4	Прямые и косвенные однократные измерения	3	работа в малой группе (2 ч.)
3	1, 5	Определение погрешности цифрового мультиметра	3	работа в малой группе (2 ч.)
4	1, 5	Изучение погрешностей аналогового измерительного прибора	3	работа в малой группе (1 ч.)
5	1, 4, 5	Обработка результатов прямых многократных наблюдений при наличии грубых погрешностей	4	работа в малой группе (1 ч.)
ИТОГО			17	8

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1, 4, 5	Измерение температуры	5	работа в малой группе (2 ч.)
2	1, 4, 6	Измерение давления	4	работа в малой группе (2 ч.)
3	1, 4, 7	Измерение уровня	4	работа в малой группе (2 ч.)
4	1, 4, 8	Измерение расхода	4	работа в малой группе (2 ч.)
ИТОГО			17	8

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

для очной формы обучения: учебным планом не предусмотрено

для заочной формы обучения и заочной формы обучения (ускоренное обучение):

Цель: формирование знаний и умений, необходимых для выбора технического и метрологического обеспечения систем автоматизации, умений использовать полученные знания и навыки при проведении всех видов измерений и выборе требуемых средств измерений.

Структура: каждое индивидуальное задание предполагает выполнение студентом заданий по следующим темам:

- основные понятия и определения метрологии,
- виды и методы измерений;
- погрешности измерений и средств измерений;
- качество измерений;
- средства измерений. Принципы построения аналоговых и цифровых СИ;
- метрологические характеристики средств измерений. Выбор СИ,
- основы обеспечения единства измерений,
- основы сертификации и стандартизации.

Основная тематика: решение задач и принятие решений по темам дисциплины.

Рекомендуемый объем: отчет по контрольной работе объемом 6 - 10 страниц должна содержать титульный лист, задание, решение с описанием выполняемых действий по каждому разделу, полученные результаты, выводы.

Выдача задания, прием контрольных работ проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
отлично	Контрольная работа сдана в первые две недели защит. В контрольной работе правильно и в полном объеме выполнены все задания. Решения задач содержат пояснения. Вычисления приведены в развернутом виде, аргументированы, содержат графики и соответствующие схемы.
хорошо	Контрольная работа сдана в срок с третьей по четвертую неделю защит или контрольная работа содержит незначительные ошибки.
удовлетворительно	Контрольная работа сдана вне срока приема контрольных работ, но во время экзаменационной сессии или содержит значительное количество ошибок, или 30% заданий не выполнена.
неудовлетворительно	Контрольная работа не сдана в установленный срок или более 50% заданий не выполнена.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Компетенции</i> <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>1</i>	<i>8</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Теоретические основы метрологии	27	+	+	2	13,5	Лк, ЛР, СРС	Экзамен
2. Основы метрологического обеспечения измерений.	23	+	+	2	11,5	Лк, ЛР, СРС	Экзамен
3. Основы сертификации	18	+	+	2	9	Лк, СРС	Экзамен
4. Системы теплотехнического контроля и их автоматизация	24	+	+	2	12	Лк, ЛР, СРС	Экзамен
5. Измерение температуры	22	+	+	2	11	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
6. Измерение давления и разности давлений	21	+	+	2	10,5	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
7. Измерение уровня	21	+	+	2	10,5	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
8. Измерение количества и расхода вещества	24	+	+	2	12	Лк, ПЗ, СРС	Экзамен
<i>всего часов</i>	180	90	90	2	90		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Темгеновская Т.В. Основы метрологии и электрические измерения. I часть: Лабораторный практикум. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. - 50 с.
2. Темгеновская Т.В. Метрология и измерительная техника. Методические указания к выполнению контрольной работы. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. - 55 с.
3. Темгеновская Т.В. Измерения, погрешности и средства измерений.: Учебное пособие. – Братск: БрГУ, 2009 - 96 с.(с.1-96 для СРС)
4. Кузнецов, Н. Д. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам : учеб.пособие для вузов / Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. - Москва : Энергия, 1978. - 216 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
Основная литература				
1.	Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.	Лк, ЛР, ПЗ	15	1
2.	Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.	Лк, ЛР, ПЗ	15	1
3.	Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.	Лк, ЛР, ПЗ	28	1
4.	Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с. http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа Мазин%20В.Д.Метрология%20и%20теплотехн.%20измерения.Уч.пособие.2010.pdf	Лк, ЛР, ПЗ	Э.р.	1
Дополнительная литература				
5.	Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.	Лк, ЛР, ПЗ	46	1
6.	Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.	Лк, ЛР, ПЗ	10	0,7
7.	Толубаев В.Н. Технические средства автоматизации и управления: методические указания к выполнению лабораторных работ – Братск: Изд-во БрГУ, 2017. – 105 с.	Лк, ЛР, ПЗ	25	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- 1.Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOO

[K&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.](#)

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

<https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ

<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/>.

9. <http://www.it.ua>

10. <http://www.mega-sensor.ru/>

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью выполнения настоящих лабораторных работ является освоение студентами видов и методов измерений, методик определения рабочих характеристик средств измерений, определение погрешностей измерений. В процессе выполнения лабораторного практикума студенты должны закрепить теоретические знания в области измерений, метрологии измерительных средств, приобрести определенные навыки по их поверке, калибровке, наладке.

Лабораторный практикум включает работы, охватывающие изучение следующих вопросов: поверка КИП, косвенное измерение мощности методом амперметра и вольтметра и определение методической погрешности, обусловленной влиянием применяемых приборов, определение погрешности цифрового мультиметра, изучение погрешностей аналогового измерительного прибора, обработка результатов прямых многократных наблюдений при наличии грубых погрешностей, измерение температуры и давления.

Для каждой работы даны схемы и описания лабораторных установок, методика проведения работы. Лабораторный практикум содержит краткие теоретические сведения по материалу лабораторных работ, перечень необходимой для изучения учебной литературы, порядок оформления результатов работ.

При подготовке к выполнению очередной лабораторной работы необходимо ознакомиться с лекционным курсом дисциплины, рекомендованной литературой, с соответствующими разделами настоящего лабораторного практикума, а также выполнить требования, изложенные в пунктах «Подготовка к работе», имеющихся в описаниях к каждой работе.

Проведение лабораторных работ начинается с вводного занятия, на котором преподаватель разбирает общую методику проведения работ, их цели и задачи, устанавливает последовательность их выполнения и знакомит с применяемым оборудованием и приборами, а также излагает основные требования техники безопасности.

Студент допускается к выполнению работы только после предварительной проверки преподавателем его подготовленности к данной работе.

Результаты работы должны быть оформлены в точном соответствии с разделом «Порядок оформления отчета по лабораторной работе» настоящих методических указаний.

Лабораторные работы выполняются группой из 2-3 человек. Отчет по выполненной работе представляется каждой группой. Студент допускается к очередной работе только после представления преподавателю оформленного отчета по предыдущей работе. При сдаче отчета преподаватель опрашивает студентов в объеме материала данной работы.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических занятий

Лабораторная работа №1

Поверка КИП

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Практическое ознакомление с устройством, принципом действия и типами магнитоэлектрических логометров. Освоение методики определения метрологических характеристик логометров.

Порядок выполнения:

1. Собрать электрическую схему поверки логометра (рис.3.2).
 2. Включить тумблер 4.
 3. Каскадными переключателями магазина сопротивлений выставить стрелку прибора на поверяемую отметку шкалы; произвести отсчет по магазину сопротивлений. В протокол заносится значение, выставленное на магазине сопротивлений и градуировочное значение сопротивлений, соответствующее данной отметке (градуировочное значение берется из градуировочной таблицы (Приложение 1) согласно градуировке логометра).
 4. Операцию отсчета произвести для всех отметок шкалы, указанных преподавателем при прямом и обратном ходе указателя.
 5. Определить порог чувствительности логометра, для чего магазином сопротивлений установить стрелку прибора на три равномерно выбранные по шкале отметки и определить минимальное значение изменения сопротивления, которое вызовет заметное перемещение указателя в ту или другую сторону.
 6. Окончив работу (измерения), отключить тумблер; разобрать схему; отключить стенд и сдать рабочее место преподавателю.
 7. Выполнить необходимые расчеты по определению метрологических характеристик СИ. Заполнить протокол испытаний.
 8. Построить экспериментальные и образцовые градуировочные характеристики логометра:
 - а) по результатам измерений строится промежуточная экспериментальная градуировочная характеристика логометра $t_{\Pi}=f(R_{\Pi}^{np})$ при прямом ходе (сплошная линия), $t_{\Pi}=f(R_{\Pi}^{обп})$ при обратном ходе (пунктирная линия) и промежуточная образцовая градуировочная характеристика $t_{\Pi}=f(R_{\Pi}^{обв})$ (другим цветом).
- Построение промежуточных градуировочных характеристик производится в координатах: ось ординат – поверяемые значения отметок шкалы логометра (t_{Π} , °C); ось абсцисс – значения сопротивления магазина сопротивлений (R_{Π} , Ом), соответствующие поверяемым отметкам шкалы.
9. По измеренному порогу чувствительности (по сопротивлению) R_{min} определяется порог чувствительности по температуре t_{min} и наносится на график .
 10. Оформление отчета по работе выполняется в соответствии с разделом 4 настоящего учебного пособия.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую лабораторную работу.
2. Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
4. Описание схемы лабораторного стенда.
5. Протокол испытаний.
6. Графики зависимости погрешностей от показаний СИ.
7. Результаты расчета метрологических характеристик СИ.
8. Результаты сравнения экспериментальных градуировочных характеристик с паспортными данными (если предусмотрено работой).
9. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель лабораторной работы?
2. Виды измерений.

3. Классификация СИ.
4. Метрологические характеристики применяемых СИ.
5. Поверка и калибровка СИ.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01. Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

Лабораторная работа №2

Прямые и косвенные однократные измерения

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Приобретение навыков планирования и выполнения прямых и косвенных однократных измерений; получение опыта по выбору СИ, обеспечивающих решение поставленной измерительной задачи; изучение способов обработки и правильного представления результатов прямых и косвенных однократных измерений.

Порядок выполнения:

Задание 1. Выполнение прямых однократных измерений

а) Измерение постоянного напряжения на выходе УИП:

- выбрав вольтметр для измерения постоянного напряжения на выходе УИП с относительной погрешностью, не превышающей 1%., включить его, установить подходящий диапазон измерений и с помощью КУ подключить вольтметр к выходу УИП;

- включить УИП и установите на его выходе напряжение в указанном диапазоне;

- снять показания вольтметра;

- записать в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранный диапазон измерений, используя Приложение 4.

б) Измерение ЭДС гальванического элемента:

- выбрав вольтметр для измерения ЭДС гальванического элемента с абсолютной погрешностью, не превышающей 2 мВ, включить его, установить подходящий диапазон измерений и с помощью КУ подключить вольтметр к выходу источника ЭДС;

- снять показания вольтметра;

- записать в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранный диапазон измерений.

в) Измерение напряжения на выходе источника переменного напряжения:

- выбрав вольтметр для измерения значения напряжения на выходе источника переменного напряжения с относительной погрешностью, не превышающей 0,5%, включить его, установить подходящий диапазон измерений и с помощью КУ подключить вольтметр к выходу источника переменного напряжения;

- снять показания вольтметра;

- записать в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранный диапазон измерений, используя Приложение 4.

Задание 2. Выполнение косвенных измерений

а) Измерение коэффициента деления делителя напряжения:

- выбрав вольтметр для косвенного измерения коэффициента деления делителя напряжения, включить его и установить подходящий диапазон измерений;

- подключить с помощью КУ делитель к выходу источника напряжения;

- подключить с помощью КУ вольтметр поочередно к входу и выходу делителя и снять в обоих случаях показания вольтметра;

- записать в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранные диапазоны измерений, сведения о делителе напряжения, используя Приложение 4.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую лабораторную работу.

2. Порядковый номер и наименование лабораторной работы.

3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.

4. Описание схемы лабораторного стенда.

5. Протокол испытаний.

6. Графики зависимости погрешностей от показаний СИ.

7. Результаты расчета метрологических характеристик СИ.

8. Результаты сравнения экспериментальных градуировочных характеристик с паспортными данными (если предусмотрено работой).

9. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?

2. Типы применяемых СИ.

3. Структурная схема аналогового СИ.

4. Структурная схема цифрового прибора.

5. Выбор СИ.

6. Погрешности измерения.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.

2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.

3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.

Дополнительная литература

1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.

2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Лабораторная работа №3

Определение погрешности цифрового мультиметра

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Освоение методики определения погрешности цифровых приборов. Приобретение умений по проведению электрических измерений.

Порядок выполнения:

1. Включить ППВ, нажав кнопку «Вкл».
2. Откалибровать ППВ, нажав кнопку «Калибровка».
3. Включить цифровой мультиметр, нажав кнопку «Вкл».
4. Установить на выходе ППВ напряжение 0,000000 мВ, используя кнопки «Разряды».
5. Последовательно вручную увеличивать напряжение на выходе ППВ с шагом, указанным преподавателем. Измерить с помощью цифрового мультиметра напряжение на выходе ППВ во всех полученных точках и результаты занести в протокол (табл.3.4).
7. Аналогично определить напряжение на выходе ППВ во всех полученных точках, уменьшая напряжение.
8. Определить основные метрологические характеристики, используя Приложение 4, и занести в протокол испытаний.
9. Построить графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей рабочего СИ от его показаний при возрастании и убывании показаний.
10. Построить графики зависимости абсолютной и относительной вариации показаний рабочего СИ от его показаний.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую лабораторную работу.
2. Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
4. Описание схемы лабораторного стенда.
5. Протокол испытаний.
6. Графики зависимости погрешностей от показаний СИ.
7. Результаты расчета метрологических характеристик СИ.
8. Результаты сравнения экспериментальных градуировочных характеристик с паспортными данными (если предусмотрено работой).
9. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?
2. Типы применяемых СИ.
3. Структурная схема аналогового СИ.
4. Типы измерительных механизмов.
5. Погрешности СИ.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин В.Д. Метрология и теплотехнические измерения

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01. Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

Лабораторная работа №4

Изучение погрешностей аналогового измерительного прибора (Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Изучить методику определения основной погрешности аналогового вольтметра постоянного тока; получить навыки измерений с многократными наблюдениями и обработки полученных данных.

Порядок выполнения:

Собрать схему измерения согласно рис. 3.16:

Задание 1. Оценка систематической и случайной составляющих основной погрешности исследуемого вольтметра

Исследование провести для трех оцифрованных точек шкалы (трех значений напряжения): U_1 в начале, U_2 в середине и U_3 в конце одного предела измерений.

а) Регулируя напряжение источника установить показание, равное U_1 и записать показание U_{01} образцового вольтметра в таблицу 3.7. Аналогично выполнить наблюдения для отметок U_2 и U_3 . Провести n наблюдений ($n \geq 10$), каждый раз устанавливая напряжение источника на выбранные отметки шкалы;

б) вычислить для каждого значения напряжения U_1, U_2, U_3 следующие величины:

– абсолютную погрешность каждого наблюдения $\Delta_i = U_1 - U_{0i}$, внизу каждого столбца поместить алгебраическую сумму $\sum_{i=1}^n \Delta_i$;

– среднее значение $\bar{\Delta}$ погрешности, которое является оценкой систематической составляющей погрешности: $\Delta_c = \bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i$;

– случайные составляющие погрешности каждого наблюдения:

$$\Delta_i^{\circ} = \Delta_i - \Delta_c;$$

– определить оценку среднего квадратического значения случайной составляющей погрешности:

– вычислить доверительный интервал случайной погрешности $\Delta_{\text{дов}} = t \times \sigma$,

где t - коэффициент, значение которого зависит от заданной доверительной вероятности $P_{\text{дов}}$, числа наблюдений n и закона распределения случайной погрешности. Предполагая, что закон распределения случайной погрешности нормальный, значение коэффициента t определяется по приложению 3 таблица 3.3.

Задание 2. Сравнение основной погрешности исследуемого вольтметра с ее нормированным значением

Оценка суммарной основной абсолютной погрешности вольтметра вычисляется, как $\Delta = \Delta_c \pm \Delta_{\text{дов}}$.

Построить график, характеризующий область значений основной погрешности Δ , полученной экспериментально при напряжениях U_1, U_2, U_3 : $\Delta_c - \Delta_{\text{дов}} \leq \Delta \leq \Delta_c + \Delta_{\text{дов}}$

Значения Δ_c и $\Delta_{\text{дов}}$ взять из таблицы 3.7. Пример графика приведен на рис. 3.17.

Сделать вывод о соответствии погрешности паспортным данным.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую лабораторную работу.
2. Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
4. Описание схемы лабораторного стенда.
5. Протокол испытаний.
6. Графики зависимости погрешностей от показаний СИ.
7. Результаты расчета метрологических характеристик СИ.
8. Результаты сравнения экспериментальных градуировочных характеристик с паспортными данными (если предусмотрено работой).
9. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?
2. Типы применяемых СИ.
3. Методика оценки основной погрешности аналогового СИ.
4. Погрешности СИ.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01.Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

Лабораторная работа №5

Обработка результатов прямых многократных наблюдений при наличии грубых погрешностей

(Предусмотрен 1 час в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Изучение основных характеристик оценки случайной погрешности; освоение методики оценки случайной погрешности прямых измерений малой выборки ($n \geq 25$); получение практических навыков машинной обработки результатов прямых измерений.

Порядок выполнения:

1. После запуска лабораторной работы №1.5 на рабочем столе автоматически появится страница для выбора числа наблюдений. По указанию преподавателя выбрать число наблюдений и установить выбранное значение в соответствующем окне. После этого нажать кнопку «Продолжить».

2. С помощью регулятора выходного напряжения УИП установить на его выходе напряжение в диапазоне 1-15 В. Напряжение на выходе делителя будет соответственно в 500 раз меньше. Нажатием на кнопку «Произвести наблюдения» на лицевой панели устройства запустить режим сбора информации. Результаты по мере поступления будут отображаться на графическом индикаторе устройства. По окончании сбора информации нажать кнопку «Перейти к обработке».

3. Произвести оценку случайной погрешности наблюдений, согласно предложенной методике, используя раздел 2.5.

Результаты измерений оформить в виде таблицы,

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую лабораторную работу.
2. Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
4. Описание схемы лабораторного стенда.
5. Протокол испытаний.
6. Результаты расчета.
7. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?
2. МХ применяемых СИ.
3. Методика оценки случайной погрешности.
4. Виды и методы измерений.
5. Устранение погрешностей..

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01.Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Тех-норматив, 2007. - 26

Практическое занятие №1

Измерение температуры

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Определение характеристик термометра сопротивления ТС125-50М.В2.60; термоэлектрического преобразователя типа ТПК225-010.80; датчика температуры LM60; полупроводникового терморезистора КТ110

Порядок выполнения:

1. Проверить схему электропитания блоков А15, А2 и G1. Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

2. Соединить блоки в соответствии со схемой электрических соединений рис. 10, 11 или 12 в зависимости от типа испытываемого датчика.

3. Выбрать значения температуры (взять у преподавателя), при которых нужно измерить сигналы датчиков. Из-за инерционности нагревателя целесообразно выбирать не более 5...10 точек в диапазоне температур до 100°C. Начальное значение - комнатная температура.

4. Включить устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

5. Включить выключатель «СЕТЬ» блоков А15 (394.2) и А2 (509.3).

6. При включении питания автоматический режим регулятора температуры электронагревателя выключен. Установить требуемую температуру. Включить автоматический режим регулятора температуры. Начнется разогрев нагревателя (включены светодиоды индикаторов К1 и RS).

7. Измерить сигналы датчиков при комнатной температуре (схемы рис. 10-12). Для исключения нагрева датчиков от рук их необходимо брать за корпус вблизи выводов. Из-за равенства температур «холодного» и «горячего» спаев термопары ее термо-э.д.с. равна 0, а показания мультиметра могут быть нестабильны.

8. После стабилизации температуры нагревателя вблизи заданного значения поочередно вставить каждый из датчиков в отверстие нагревателя до упора. Выждать 2..3 минуты для стабилизации температуры и измерить выходной сигнал датчика.

9. Задать следующее значение температуры, дождаться её стабилизации и повторить измерения сигналов датчиков.

10. Заполнить соответствующие протоколы измерений температуры (табл.7-10).

11. По завершении измерений отключить питание всех блоков.

12. По результатам измерений построить графики статических характеристик датчиков.

13. По результатам испытания термометра сопротивления ТС125-50М.В2.60 определить:

- погрешность измерения температуры встроенным датчиком электронагревателя. Для этого рассчитать для каждого измеренного значения сопротивления ТС125-50М.В2.60 соответствующую ему температуру датчика

- сравнить значения температуры, рассчитанные по сопротивлению датчика ТС 125-50М.В2.60, и определенные по показаниям встроенного датчика электронагревателя и определить погрешность встроенного датчика электронагревателя.

14. Определить выходное напряжение (U_m) датчика LM60 в милливольтках, которое связано с температурой датчика ($t, ^\circ\text{C}$) соотношением $U_m = 6,25 \cdot t + 424$.

При испытании термоэлектрического преобразователя ТПК225-010.60 (термопара ХА - хромель-алюмель) необходимо учесть температуру холодного спая, т.е. температуру окружающей среды (температура внутри корпуса датчика в месте подключения проводников термопары к выводам). Используя найденную температуру окружающей среды, определить термо-э.д.с. холодного спая термопары по приведенной ниже таблице 6.

Измеренные в эксперименте значения термо-э.д.с. термопары ТПК225-010.60 необходимо привести к нормальным условиям при температуре холодного спая 0°C (внести поправку на температуру холодного спая). Для этого к измеренному значению термо-э.д.с. прибавить величину термо-э.д.с. холодного спая. Сравнить полученные значения со стандартной характеристикой термопары ХА из таблицы.

Форма отчетности:

Отчет по практической работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

8. Титульный лист: выполняется на каждую работу.

9. Порядковый номер и наименование практической работы.
10. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
11. Описание схемы лабораторного стенда.
12. Протокол испытаний.
13. Графики зависимости погрешностей от показаний СИ.
14. Результаты расчета метрологических характеристик СИ.
15. Результаты сравнения экспериментальных градуировочных характеристик с паспортными данными (если предусмотрено работой).
16. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

6. Цель работы?
7. МХ применяемых СИ.
8. Принцип действия используемых датчиков температуры.
9. Статические характеристики датчиков температуры, их чувствительность.
10. Вторичные приборы.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01.Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

Практическое занятие №2

Измерение давления

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Определение характеристики аналогового дифференциального датчика давления, т.е. зависимости выходного напряжения от разности давлений на входе датчика

Порядок выполнения:

Установка напряжения питания +5 В:

1. проверить схему электропитания блоков А15, А2 и G1;
2. установить на мультиметре А1 (534) предел измерения постоянного напряжения;
3. подключить гнезда измерения напряжения «V» и «COM» мультиметра к выходу регулируемого источника постоянного напряжения «+5 В» блока электронагревателя А15;

4. включить устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1;
5. включить выключатель «СЕТЬ» блоков А15 (394.2) и А2 (534);
6. измерить точное значение напряжения источника «+5 В» ($U_{ип}$);
7. выключить выключатель «СЕТЬ» блоков А15 (394.2) и А2 (534), разобрать схему измерения напряжения.

Испытание датчика давления:

1. убедиться, что выключатели «СЕТЬ» блоков А15 и А2 отключены;
2. соединить блоки в соответствии со схемой электрической соединений рис. 17;
3. включить выключатель «СЕТЬ» блоков А15 (394.2) и А2 (534);
4. передвигая зажимы трубок манометра вдоль линеек, установить несколько значений разности уровней воды в пределах 0...110 мм (по указанию преподавателя) и измерить выходное напряжение датчика давления. Когда уровень воды в левой трубке (рис. 16) выше уровня воды в правой, напряжение на выходе датчика превышает 2,5 В (точнее $U_{ип}/2$), т.е. будет положительная разность давлений. Если уровень воды в левой трубке ниже уровня в правой - разность давлений отрицательна и напряжение на выходе датчика ниже 2,5 В (точнее $U_{ип}/2$);

5. по завершении измерений отключить питание всех блоков и сдать рабочее место преподавателю;

6. результаты измерений занести в таблицу 12 и построить график зависимости напряжения на выходе датчика от разности давлений.

Форма отчетности:

Отчет по практической работе набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую работу.
2. Порядковый номер и наименование практической работы.
3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
4. Описание схемы лабораторного стенда.
5. Протокол испытаний.
6. Графики зависимости погрешностей от показаний СИ.
7. Результаты расчета метрологических характеристик СИ.
8. Результаты сравнения экспериментальных градуировочных характеристик с паспортными данными (если предусмотрено работой).
9. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?
2. Типы применяемых СИ.
3. Виды давления, единицы измерения.
4. Принцип действия, устройство аналогового дифференциального датчика давления.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01.Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

Практическое занятие №3

Измерение уровня

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Решение практических задач по измерению уровня

Порядок выполнения:

3.1. Уровень воды в барабане парогенератора измеряется водомерным стеклом. Давление пара в барабане 10 МПа, вода в барабане находится при температуре насыщения. Действительное значение уровня $h = 0,5$ м. Определите уровень в водомерном стекле h , если температура воды в водомерном стекле 150 °С.

3.2. Для условия задачи 3.1 определите, как изменится погрешность измерения уровня, если перед измерением водомерное стекло было продуто и температура воды в стекле стала 300 °С.

3.3. Изменение уровня воды в открытом резервуаре $H_{\text{макс}}$ может достигать 3 м. Можно ли для измерения уровня гидростатическим методом использовать мембранный дифманометр с предельным номинальным перепадом 40 кПа, если он будет расположен ниже минимального уровня на $h = 3$ м. Минусовая камера дифманометра соединена с атмосферой.

3.4. Уровень воды в емкости измеряется гидростатическим способом по схеме, изображенной на рис. 4.3. Максимальный уровень $H_{\text{макс}} = 400$ мм. Оцените относительную погрешность измерения максимального уровня, вызванную изменением уровня воды в минусовой импульсной трубке мембранного дифманометра. Внутренний диаметр импульсных трубок $d = 10$ мм. При изменении уровня от 0 до $H_{\text{макс}}$ происходит изменение объема минусовой камеры дифманометра на $\Delta V = 4$ см³. При $H = 0$ уровни воды в обеих импульсных трубках равны. Температура окружающей среды и воды в емкости и трубках 20 °С.

3.5. Как изменятся показания уровнемера, отградуированного при давлении 0,1 МПа, если давление насыщения в барабане поднимается до 10 МПа?

3.6. Давление в барабане котла при неизменном уровне изменилось от 10 до 20 МПа, что вызвало соответствующее изменение температуры насыщения. Будет ли погрешность измерения уровня, вызванная изменением параметров, в схемах рис. 4.6 и 4.7 одинаковой? Температура воды в импульсных трубках равна 30 °С, $H_{\text{макс}} = 500$ мм. Температура воды в барабане и сосуде одинаковы.

3.7. На рис. 4.15 представлена схема буйкового уровнемера. Рассчитайте плечо l подвеса буйка уровнемера, предназначенного для измерения уровня в сосуде под давлением в интервале —250– H_f –250 мм относительно номинального значения. Плотность жидкости $\rho_{\text{ж}} = 1300$ кг/м³, средняя объемная плотность буйка $\rho_{\text{б}} = 2000$ кг/м³, диаметр буйка $D = 20$ мм, максимальное перемещение заслонки относительно сопла $x = 0,1$ мм, расстояние от сопла до точки опоры $a = 20$ мм, расстояние от точки опоры до уравновешивающей пружины $b = 100$ мм, упругость пружины $C_7 = 20$ Н/мм, начальная сила натяжения пружины 10 Н. Расстояние от точки опоры до места подвеса буйка / может устанавливаться в пределах от 0,2 до 1,5 м.

Форма отчетности:

Отчет по практическому занятию набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист
2. Порядковый номер и наименование работы.
3. Решения задач с полным объяснением.
4. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?

2. Типы рассматриваемых СИ.
3. Объяснить представленные решения задач.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01.Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

Практическое занятие №4

Измерение расхода

(Предусмотрены 2 часа в интерактивной форме в виде работы в малой группе)

Цель работы:

Измерение расхода газа датчик АWM 5104VN и тарировка реометра

Порядок выполнения:

1.В качестве источника давления используется специальная компрессорная станция настольного типа ТТ КС. Станция позволяет создавать давление на выходной магистрали до 1,5 кгс/см². Давление можно устанавливать в двух режимах: ручном и автоматическом. В автоматическом режиме станция поддерживает давление около 1,5 кгс/см². В ручном режиме можно выставить произвольное давление в диапазоне до 1,5 кгс/см². Предусмотрен сброс давления в магистрали до атмосферного, а также плавное регулирование расхода при отборе из магистрали. Датчик расхода газа АWM 5104VN позволяет измерять расход газа в диапазоне 0 – 20 л/мин.

2. Запустить программу ТТ1_1.exe, выбрать иконку «расход» , что приведет к появлению на экране монитора схемы измерения расхода газа.

3. Перед началом работы закрыть регулятор расхода газа до упора. После запуска компрессорной станции, на манометре будет наблюдаться рост давления в магистрали.

4. Медленно открывая регулятор расхода установить такое значение расхода газа при котором столбик воды в реометре будет находиться у крайней верхней точки шкалы, а на экране монитора будет отображаться расход газа в куб.см./мин. При выборе иконки «занести в список» эти показания заносятся в столбец d Ризм ,куб.см./мин., а показания реометра заносятся , в режиме ручного ввода с помощью клавиатуры, в столбец dРручн.куб.см./мин . , а также производится соответствующая отметка на шкале реометра.

5. Уменьшая расход газа в магистрали, каждый раз на 10%, произвести занесение в список результатов измерений значений расхода в этих точках и также выполнив соответствующие отметки на шкале реометра.

б. Закончив тарировку реометра выключить компрессорную станцию. Закрыть программу.

Форма отчетности:

Отчет по практическому занятию набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Титульный лист: выполняется на каждую работу.
2. Порядковый номер и наименование практической работы.
3. Приборы и оборудование. Паспортные технические данные используемой аппаратуры.
4. Описание схемы лабораторного стенда.
5. Протокол испытаний.
6. Результаты расчета метрологических характеристик СИ (если предусмотрено работой).
7. Выводы по работе.

Вопросы для защиты

1. Цель работы?
2. Типы используемых СИ, принцип их действия.
3. Объяснить полученные результаты работы.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе/ семинару/ практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

Основная литература

- 1 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / К. К. Ким [и др.]. - Санкт-Петербург : Питер, 2008. - 368 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2012. - 820 с.
3. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов / Г.П.Плетнев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2005. - 352 с.
4. Мазин, В. Д. Метрология и теплотехнические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Д. Мазин. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2010. - 82 с.

Дополнительная литература

- 1 Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. - Иркутск : ИрГТУ, 2002. - 447 с.
2. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : учебник для вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 213 с.

Рекомендуемый источник:

РД 153-34.1-04.504-01.Типовое положение о цехе автоматизированных систем управления технологическими процессами (тепловой автоматики и измерений) : нормативный документ. - Москва : Технорматив, 2007. - 26

9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Темгеновская Т.В. Метрология и измерительная техника. Методические указания к выполнению контрольной работы. – Братск: Изд-во БрГУ, 2015. - 55 с.

Контрольная работа выполняется с целью получения обучающимися более глубоких знаний по дисциплине, приобретения навыков самостоятельного изучения отдельных разделов курса по литературным источникам, а также закрепления знаний в области измерений, метрологии измерительных средств, погрешностей измерений и измерительной техники.

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы:

Каждый вариант контрольной работы состоит из 10 заданий, из них 9 - практические задачи, которые содержат условия, необходимые данные и схемы и один теоретический вопрос.

Вариант контрольной работы выдает преподаватель или выбирается по двум последним цифрам шифра студента.

К выполнению и оформлению контрольной работы предъявляются следующие требования:

1. отчет должен содержать условия задачи, приводимые схемы и рассматриваемые вопросы;
2. решение задач необходимо пояснять кратким текстом, в котором указывается определяемая величина, ее размерность, используемые формулы, а также величины, входящие в формулы и их численные значения. Вычисления приводить в развернутом виде согласно системы СИ;
3. ответы на вопросы должны быть краткими, но исчерпывающими;
4. в конце работы должен быть приведен список использованной литературы, а в тексте контрольной работы должны быть представлены ссылки на соответствующие литературные источники;
5. выполненная контрольная работа передается на рецензирование преподавателю.

Также в методических указаниях содержатся варианты заданий студентов, приведены примеры решения некоторых однотипных задач, а также список рекомендуемой литературы.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР или Лк</i>
1	3	4	5
Лк	Ауд.1354 Лаборатория технических средств автоматизации и измерений	Лабораторный стенд "Электрические измерения", «Поверка КИП»	Лк
ЛР	Ауд.1354 Лаборатория технических средств автоматизации и измерений	Лабораторные стенды: «Электрические измерения», «Поверка КИП» персональные компьютеры	ЛР №1-7
Пз	Ауд.1002А Лаборатория вентиляции и кондиционирования	Стенды: «Основы метрологии», МПИ-2 «Измерение температуры», МПИ-4 «Измерение давления», ТТ-1 «Исследование основных параметров состояния рабочего тела и законов идеальных газов»	Пз №1-4
кр	ЧЗЗ	-	-
СР	ЧЗЗ	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-8	готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	1. Теоретические основы метрологии	1.1. Физические свойства, величины и шкалы. 1.2. Международная система единиц. 1.3. Измерение. Основные свойства измерения. Основные постулаты метрологии. 1.4. Виды и методы измерений. Формы представления результатов измерений. 1.5. Погрешности измерений и СИ. 1.6. Виды СИ. Принципы построения аналоговых и цифровых СИ. 1.7. Метрологические характеристики СИ. 1.8. Выбор СИ. Общие положения.	Экзаменационный билет
		2. Основы метрологического обеспечения измерений.	2.1. Основы метрологического обеспечения. 2.2. Законодательство РФ об обеспечении единства измерений 2.3. Структура и функции метрологической службы. 2.4. Поверка и калибровка СИ.	Экзаменационный билет
ОПК-1	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	3. Основы сертификации	3.1. Основные цели сертификации 3.2. Обязательная и добровольная сертификация 3.3. Правила и порядок проведения сертификации. Стадии сертификации.	Экзаменационный билет
		4. Системы теплотехнического контроля и их автоматизация	4.1. Основы автоматизации производства 4.2. Функции и уровни АСУТП 4.3. Задачи на уровне автоматизации АСУТП 4.4. Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности	Экзаменационный билет
		5. Измерение температуры	5.1. Общие сведения об измерении температуры 5.2. Средства измерения температуры.	Экзаменационный билет
		6. Измерение давления и разности давлений	6.1. Общие сведения об измерении давления 6.2. Средства измерения давления	Экзаменационный билет
		7. Измерение уровня	7.1. Общие сведения об измерении уровня 7.2. Средства измерения уровня	Экзаменационный билет
		8. Измерение	8.1. Общие сведения об измерении	Экзаменационный

		количества и расхода вещества	количества и расхода вещества 8.2. Средства измерения количества и расхода вещества	билет
--	--	-------------------------------	--	-------

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ПК-8	готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	<p>1.1. Предмет метрологии, ее основные задачи.</p> <p>1.2. Свойство. Величина. Классификация величин.</p> <p>1.3. Шкалы величин.</p> <p>1.4. Классификация физических величин.</p> <p>1.5. Международная система единиц (СИ).</p> <p>1.6. Измерение. Основные свойства измерения. Основное уравнение измерения. Постулаты метрологии.</p> <p>1.7. Методы измерений.</p> <p>1.8. Виды измерений.</p> <p>1.9. Погрешности измерений.</p> <p>1.10. Погрешности СИ</p> <p>1.11. Принципы оценивания погрешностей.</p> <p>1.12. СИ. Классификация СИ</p> <p>1.13. Принципы построения аналоговых СИ.</p> <p>1.14. Принципы построения цифровых СИ.</p> <p>1.15. Метрологические характеристики аналоговых СИ, классификация.</p>	1. Теоретические основы метрологии
	ОПК-1	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	<p>1.16. Виды шкал СИ. Выбор нормирующего значения.</p> <p>1.17. Метрологические характеристики цифровых СИ, классификация.</p> <p>1.18. Обработка результатов однократных измерений</p> <p>1.19. Обработка результатов многократных измерений</p> <p>1.20. Выбор СИ. Общие положения.</p> <p>2.1. Основы метрологического обеспечения.</p> <p>2.2. Закон «Об обеспечении единства измерений». Основные положения</p> <p>2.3. Структура и функции метрологической службы.</p> <p>2.4. Поверка и калибровка СИ.</p> <p>3.1. Основные цели и задачи сертификации</p> <p>3.2. Обязательная и добровольная сертификация</p> <p>3.3. Правила и порядок проведения сертификации.</p> <p>3.4. Стадии сертификации.</p>	

		<p>4.1. Основы автоматизации производства</p> <p>4.2. Функции АСУТП</p> <p>4.3. Уровни АСУТП</p> <p>4.3. Задачи на уровне автоматизации АСУТП</p> <p>4.4. Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности</p>	<p>4. Системы теплотехнического контроля и их автоматизация</p>
		<p>5.1. Измерение температуры. Классификация СИ температуры</p> <p>5.2. Термометры расширения: жидкостные, дилатометрические, биметаллические.</p> <p>5.3. Манометрические термометры.</p> <p>5.4. Термоэлектрические термометры: устройство, принцип действия, типы.</p> <p>5.5. Термопреобразователи сопротивления: устройство, принцип действия, типы.</p> <p>5.6. Бесконтактные методы измерения температуры: пирометры, радиометры, тепловизоры.</p>	<p>5. Измерение температуры</p>
		<p>6.1. Измерение давления. Виды измеряемых давлений. Системные и внесистемные единицы измерения давления.</p> <p>6.2. Классификация СИ давления.</p> <p>6.3. Жидкостные манометры.</p> <p>6.4. Деформационные датчики давления.</p> <p>6.5. Электрические датчики давления.</p> <p>6.6. Манометры с дифференциально-трансформаторной системой.</p>	<p>6. Измерение давления и разности давлений</p>
		<p>7.1. Измерение уровня. Классификация приборов для измерения уровня.</p> <p>7.2. Визуальные уровнемеры. Поплавковые уровнемеры. Буйковые уровнемеры</p> <p>7.3. Гидростатические уровнемеры.</p> <p>7.4. Электрические уровнемеры.</p> <p>7.5. Ультразвуковые уровнемеры.</p>	<p>7. Измерение уровня</p>
		<p>8.1. Измерение расхода: расходомеры переменного перепада давления.</p> <p>8.2. Расходомеры постоянного перепада давления.</p> <p>8.3. Электромагнитные расходомеры.</p> <p>8.4. Ультразвуковые расходомеры.</p> <p>8.5. Расходомеры Кориолиса.</p> <p>8.6. Вихревые и вихреакустические расходомеры.</p> <p>8.7. Скоростные счетчики для жидкостей</p> <p>8.8. Ротационные счётчики для газов</p>	<p>8. Измерение количества и расхода вещества</p>

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ПК-8): теоретические основы метрологии, организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения; правовые основы обеспечения единства измерений; основы сертификации; правила и порядок проведения сертификации; принципы действия, устройство типовых средств измерений для измерения теплотехнических величин; основы автоматизации производства, функции и уровни АСУТП; задачи на уровне автоматизации АСУТП, теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности; (ОПК-1): основные приемы работы в пакетах программ общего и специального назначения для проведения измерений, обработки результатов измерений, а также для поиска, обработки и представления необходимой информации из различных источников в требуемом формате</p> <p>Уметь (ПК-8): измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений, готовить оборудование и документацию к сертификации, контролировать работу системы АСУ объектом (ОПК-1): использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения для обработки результатов измерений</p> <p>Владеть (ПК-8): основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основами сертификации; основными принципами работы и составом АСУ объектом. (ОПК-1): навыками использования основных приемов обработки информации с использованием программного обеспечения, пакетов программ общего и специального назначения.</p>	отлично	<p>Студент должен во время ответа показать знания: основ метрологии, основ обеспечения единства измерений, ФЗ «Об обеспечении единства измерений», основ сертификации, принципов действия СИ для измерения теплотехнических величин, видов и методов измерений ФВ, погрешностей измерений и способов их устранения, метрологических характеристик СИ, основы автоматизации, функции АСУТП, а также знания основных терминов, используемых в научно-технической литературе по метрологии. Студент должен иметь навыки владения: основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основами сертификации; основными принципами работы и составом АСУ объектом, методами и правилами проведения поверки (калибровки) СИ, а также понимания материала и способности высказывания мыслей на научно-техническом языке. Студент во время ответа должен продемонстрировать умения: измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений, готовить оборудование и документацию к сертификации, контролировать работу системы АСУ объектом</p>
	хорошо	<p>Ответ содержит неточности. Дополнительные вопросы требуются, но студент с ними справляется отлично.</p>
	удовлетворительно	<p>Ответил только на один вопрос, либо слабо ответил на оба вопроса. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно.</p>
	неудовлетворительно	<p>На оба вопроса студент отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов» направлена на ознакомление с современными средствами и методами измерений теплофизических величин, основами автоматизации производства, целями, этапами сертификации, с обработкой результатов измерений, на формирование знаний и умений, необходимых для выбора метрологического обеспечения технологических процессов, а также получения практических навыков работы с измерительной аппаратурой.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения раздела «Теоретические основы метрологии» студенты должны ознакомиться с основными понятиями и определениями в области метрологии, получить знания видов и методов измерений, погрешностей измерений и СИ, принципов построения измерительной техники, а также правилами ее выбора.

В ходе освоения раздела «Основы метрологического обеспечения измерений» студенты должны ознакомиться с правовыми, техническими, организационными основами метрологического обеспечения, ФЗ «Об обеспечении единства измерений», а также с методикой проведения поверки и калибровки измерительной техники и структурой и функциями метрологической службы предприятий.

В ходе освоения раздела «Основы сертификации» студенты должны ознакомиться с основными понятиями по сертификации, обязательной и добровольной сертификацией, способами подтверждения соответствия, этапами сертификации.

В ходе освоения раздела «Системы теплотехнического контроля и их автоматизация» студенты должны ознакомиться с основами автоматизации производства, функциями, задачами и уровнями АСУТП.

В ходе освоения разделов «Измерение температуры», «Измерение давления и разности давлений», «Измерение уровня», «Измерение количества и расхода вещества» студенты должны получить навыки измерения теплотехнических величин, определения погрешностей результатов и СИ, знать основные принципы построения и особенности измерительной техники теплотехнических величин.

В процессе проведения лабораторных работ и практических занятий происходит формирование практических навыков работы с измерительной техникой, с проведением измерительных операций, определением метрологических характеристик применяемой измерительной аппаратуры, формирование умений и навыков проведения расчетов и обработки результатов измерений, а также закрепление знаний, полученных на лекциях и при самостоятельной работе.

Проведение экзамена направлено на выявление знаний студентов по изучаемой дисциплине. Основные показатели, критерии оценивания уровня освоения компетенций, а также вопросы к экзамену приведены в приложении 1.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация
тепловых процессов

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование знаний и умений обучающихся, необходимых для выбора метрологического обеспечения систем технологического контроля, автоматизации и управления теплоэнергетического оборудования.

Задачей изучения дисциплины является приобретение навыков и умений использования существующих видов и методов измерений теплотехнических величин, методов определения и нормирования основных метрологических характеристик типовых средств измерений.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 51 часа, лабораторные работы – 17 часов, практические занятия – 17 часов, самостоятельная работа студентов – 95 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Теоретические основы метрологии
2. Основы метрологического обеспечения измерений
3. Основы сертификации
4. Системы теплотехнического контроля и их автоматизация
5. Измерение температуры
6. Измерение давления и разности давлений
7. Измерение уровня
8. Измерение количества и расхода вещества

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции:

ПК-8 - готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования;

ОПК-1 - способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-8	готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	1. Теоретические основы метрологии	1.1. Физические свойства, величины и шкалы. 1.2. Международная система единиц. 1.3. Измерение. Основные свойства измерения. Основные постулаты метрологии. 1.4. Виды и методы измерений. Формы представления результатов измерений. 1.5. Погрешности измерений и СИ. 1.6. Виды СИ. Принципы построения аналоговых и цифровых СИ. 1.7. Метрологические характеристики СИ. 1.8. Выбор СИ. Общие положения.	Отчеты по ЛР Отчеты по ПЗ
		2. Основы метрологического обеспечения измерений	2.1. Основы метрологического обеспечения. 2.2. Законодательство РФ об обеспечении единства измерений 2.3. Структура и функции метрологической службы. 2.4. Поверка и калибровка СИ.	Отчеты по ЛР
ОПК-1	способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	3. Основы сертификации	3.1. Основные цели сертификации 3.2. Обязательная и добровольная сертификация 3.3. Правила и порядок проведения сертификации. Стадии сертификации.	Вопросы для собеседования
		4. Системы теплотехнического контроля и их автоматизация	4.1. Основы автоматизации производства 4.2. Функции и уровни АСУТП 4.3. Задачи на уровне автоматизации АСУТП 4.4. Теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности	Вопросы для собеседования Отчеты по ЛР
		5. Измерение температуры	5.1. Общие сведения об измерении температуры 5.2. Средства измерения температуры.	Отчеты по ЛР Отчеты по ПЗ

		6. Измерение давления и разности давлений	6.1. Общие сведения об измерении давления 6.2. Средства измерения давления	Отчеты по ЛР Отчеты по ПЗ
		7. Измерение уровня	7.1. Общие сведения об измерении уровня 7.2. Средства измерения уровня	Отчеты по ПЗ
		8. Измерение количества и расхода вещества	8.1. Общие сведения об измерении количества и расхода вещества 8.2. Средства измерения количества и расхода вещества	Отчеты по ПЗ

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ПК-8): теоретические основы метрологии, организационные, научные и методические основы МО; правовые основы обеспечения единства измерений; основы сертификации; правила и порядок проведения сертификации; принципы действия, устройство типовых средств измерений для измерения теплотехнических величин; основы автоматизации производства, функции и уровни АСУТП; задачи на уровне автоматизации АСУТП, теплотехнические объекты как объекты управления, их особенности;</p> <p>(ОПК-1): основные приемы работы в пакетах программ общего и специального назначения для проведения измерений, обработки результатов измерений, а также для поиска, обработки и представления необходимой информации из различных источников в требуемом формате</p> <p>Уметь (ПК-8): измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений, готовить оборудование и документацию к сертификации, контролировать работу системы АСУ объектом</p> <p>(ОПК-1): использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения</p>	<p>зачтено</p>	<p>Во время защиты работ студент ответил на поставленные преподавателем вопросы, показав знания: основ метрологии, основ обеспечения единства измерений, ФЗ «Об обеспечении единства измерений», основ сертификации, принципов действия СИ для измерения теплотехнических величин, видов и методов измерений ФВ, погрешностей измерений и способов их устранения, метрологических характеристик СИ, основы автоматизации, функции АСУТП, а также знания основных терминов, используемых в научно-технической литературе по метрологии; показав навыки владения: основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основами сертификации; основными принципами работы и составом АСУ объектом, методами и правилами проведения поверки (калибровки) СИ, а также понимания материала и способности высказывания мыслей на научно-техническом языке; демонстрируя умения: измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений, готовить оборудование и документацию к сертификации, контролировать работу системы АСУ объектом</p>

<p>печения для обработки результатов измерений</p> <p>Владеть (ПК-8):</p> <p>основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основами сертификации; основными принципами работы и составом АСУ объектом.</p> <p>(ОПК-1):</p> <p>навыками использования основных приемов обработки информации с использованием программного обеспечения, пакетов программ общего и специального назначения</p>	<p>незачтено</p>	<p>Во время защиты работ студент не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы. Либо отчет по лабораторным работам вызывает нарекания.</p>
---	-------------------------	---

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015 г. №1081

для набора 2014 года: учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от 03.07.2018 г. №413;

для набора 2015 года: учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 04.12.2015 г. №771, заочной формы обучения от 04.12.2015 г. №771;

для набора 2016 года: учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.06.2016 г. №429, заочной формы обучения от 06.06.2016 г. №429 для заочной формы (ускоренное обучение) от 06.06.2016 г. №429;

для набора 2017 года: учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 06.03.2017 г. №125, заочной формы обучения от 06.03.2017 г. №125 для заочной формы (ускоренное обучение) от 04.04.2017 г. №203;

для набора 2018 года учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 12.03.2018 г. №130, заочной формы обучения от 12.03.2018 г. №130

Программу составил:

Т.В. Темгеновская, ст. преподаватель кафедры УТС _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС от «___» _____ 2018 г., протокол № _____

Заведующий кафедрой УТС _____

Игнатьев И.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ _____

Федяев А.А.

Директор библиотеки _____

Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «___» _____ 2018 г., протокол № _____

Председатель методической комиссии факультета УТС _____

Ульянов А.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____

Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____