

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия

«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**Комплект**

**контрольно-оценочных средств**

**по учебной дисциплине**

**МДК 01.01 СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

**15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики**

Абакан, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств
2. Формы контроля и оценки освоения учебной дисциплины по темам (разделам)
3. Контрольно-оценочные средства для проведения текущего контроля (контроль усвоения знаний и освоения умений)
4. Контрольно-оценочные средства для контроля по разделу (рубежный контроль)
5. Контрольно-оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

# 1. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

## 1.1. Область применения контрольно-оценочных средств (далее – КОС)

КОС учебной дисциплины «МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса» является частью основной образовательной программы в соответствии с ФГОС СПО 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики, группа КИП 21

Контрольно-оценочные средства предназначены для оценки освоения основного вида деятельности и уровня сформированности соответствующих ему общих и профессиональных компетенций в процессе текущего и рубежного контроля, промежуточной аттестации.

Результатом освоения дисциплины является готовность обучающегося к выполнению вида профессиональной деятельности электромонтажных работ с контрольно- измерительными приборами и системами автоматики и составляющих его профессиональных компетенций, а также общие компетенции, формирующиеся в процессе освоения ОПОП в целом.

## 1. 2 Цель и планируемые результаты освоения учебной дисциплины:

### 1.2.1. Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;
ОК 02	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 03	Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях
ОК 09	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

### 1.2.2. Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
ВД 1	Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической безопасности
ПК1.1.	Осуществлять подготовку к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа.
ПК 1.2.	Определять последовательность и оптимальные способы монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации.
ПК 1.3.	Производить монтаж приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием с соблюдением требований к качеству выполненных работ, требований охраны труда, бережливого производства и экологической безопасности

### 1.2.3. Результаты освоения учебной дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также формирование общих компетенций:

Результаты обучения: умения, знания и общие компетенции	Показатели оценки результата
У1- выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа; У2- пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различных степеней сложности; У3- У3 - читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы; У4- составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники; У5- рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств; У6 - оформлять сдаточную документацию;	Практический опыт: Подготовка к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа.  Практический опыт: Определение последовательности и оптимальных схем монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации.
31 -характеристика и назначение основных электромонтажных операций 32 -режимы работы отдельных устройств, приборов и блоков, правил их выбора и установления; 33 -инструменты и приспособления для различных видов монтажа; 34 -коммутационные приборы, их классификация, область применения и принцип действия; 35– состав и назначение основных блоков систем автоматического управления и регулирования; 36 -электрические схемы и схемы соединений; 37-условные изображения и маркировку проводов; 38-назначение и области применения пайки, лужения; 39– виды соединения проводов. 310– технологию процесса установки крепления и пайки радиоэлементов; 311– трубные проводки, их классификацию и назначение, технические требования к ним; 312- общие требования к автоматическому управлению и регулированию производственных и технологических процессов.	Практический опыт: Проведение монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием с соблюдением требования к качеству выполненных работ.  Дифференцированный зачет, экзамен, устный опрос, проверочные работы, лабораторно - практические работы, текущий контроль
ОК 01. Выбирать способы решения	Правильно выявлять и эффективно искать

задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.	информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы, реализовать составленный план
ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности	Грамотность и точность нахождения и использования информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития приборов и средств автоматизации; организация самостоятельных занятий при изучении профессионального модуля;
ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.	Правила чтения технической и технологической документации; самоанализ и коррекция результатов собственной работы;
ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.	Решение стандартных и нестандартных профессиональных задач; требования единой системы конструкторской документации (ЕСКД)
ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	Соблюдение правил экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности; определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по профессии.
ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.	Владение современными средствами информации и информационными технологиями
ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.	Понимать и анализировать основные профессиональные документы; знать иностранное символы на профессиональном уровне.

### Распределение оценивания результатов обучения по видам контроля

Код и наименование элемента умений или знаний	Вид аттестации	
	Вид аттестации	Промежуточный контроль
У1- выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа; У2- пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматизации различных степеней сложности; У3 - читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы;	диф. зачет, экзамен,	тест, практические работы

<p>У4- составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники;  У5- рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств;  У6 - оформлять сдаточную документацию;</p>		
<p>31 -характеристика и назначение основных электромонтажных операций  32 -режимы работы отдельных устройств, приборов и блоков, правил их выбора и установления;  33 -инструменты и приспособления для различных видов монтажа;  34 -коммутационные приборы, их классификация, область применения и принцип действия;  35– состав и назначение основных блоков систем автоматического управления и регулирования;  36 -электрические схемы и схемы соединений;  37-условные изображения и маркировку проводов;  38-назначение и области применения пайки, лужения;  39– виды соединения проводов.  310– технологию процесса установки крепления и пайки радиоэлементов;  311– трубные проводки, их классификацию и назначение, технические требования к ним;  312- общие требования к автоматическому управлению и регулированию производственных и технологических процессов.</p>	<p>диф. зачет, экзамен,</p>	<p>тест, практические работы, проверочные работы</p>

## 2. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ)

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по дисциплине ОП 01. Основы электротехники и электроники », направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

### Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль (контроль по разделу)		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые ОК; У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК; У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК; У, З
Тема 1.1 Исполнительные устройства	Устный опрос 1-10 ВСП 1	У1, ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 31, 37-39, ПК 1.3	Тест 1, 2 <b>Проверочная работа 1</b>	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, У1-У6	Диф. зачет, экзамен	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9
Тема 1.2 Средства измерений	Устный опрос 11-19 презентация (тест) Тест 3-10 практические карточки (1-4) ВСП 2-6	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, У5, У6	Лаб-практич. работы 1-16, <b>проверочные работы 1-6,</b>	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, У1-У6	Диф. зачет, экзамен	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 3-12, 3-5
Тема 1.3 Технологические процессы	Устный опрос 20-22, Тест 11	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 3-11, 33-4	Практич. работы 1-4, Лабор. практич. работа 17	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 33-4 У1-У6, 3-11-12	Диф. зачет, экзамен	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 3-11-12, 33-5, У1-У6, 3-11-12
Тема 1.4 Стандартизация, сертификация и метрология	Устный опрос 23	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 3-3, 3-4	Практич. работа 5-13, Лабор. практич. 18-23, <b>проверочная работа 7</b>	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 3-3, 3-4	Диф. зачет, экзамен	ОК1-3, ОК 5, ОК7, ОК 9, 33-4, У1-У6, 3-11-12

### **3. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ (КОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ И ОСВОЕНИЯ УМЕНИЙ)**

#### **УСТНЫЙ ОПРОС ОБУЧАЮЩИХСЯ**

##### **Задачи устного опроса:**

проверка и контроль полученных знаний по изучаемой теме или разделу;  
углубление знаний в рамках дополнительных вопросов по теме или разделу;

##### **Критерии оценивания устного ответа:**

Отметка «5» - ответил на вопросы в объеме лекционного и дополнительного материала, дал полные грамотные ответы на все дополнительные вопросы.

Отметка «4» - грамотно изложил ответы на вопросы, но содержание и формулировки имеют отдельные неточности (допускается не четкая формулировка определений), в полной мере ответил на заданные дополнительные вопросы.

Отметка «3» - ответил на часть вопросов в объеме лекционного материала и ответил на часть дополнительных вопросов.

Отметка «2» - допустил ошибки в определении базовых понятий, искажил их смысл, не ответил на дополнительные вопросы.

#### **ТЕМА 1.1 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА**

##### **Устный опрос № 1**

##### **Вопросы для устного опроса № 1**

##### **Тема: «Провода и кабели, виды выбор проводов»**

1. В чем отличие проводов от кабелей
2. Участок провода, по которому проходит электрический ток, называется ----- (токоведущей жилой)
3. Жилы делают из -----(меди и алюминия- металлов), обладающих хорошей электропроводностью.
4. При выполнении электротехнических работ для изоляции мест соединения проводов друг с другом и их оголённых участков используют -----(изоляционную ленту и изолирующие трубки-кембрики) .
5. Что зашифровано в марке провода (марки проводов имеют буквенно-цифровое обозначение, указывающее на основное назначение провода, конструктивное исполнение, материал исполнения и размер сечения жилы)
6. Ш – шнур, П – провод, Б – бытовой, Р – резиновая изоляция, В – изоляция полихлорвиниловая, Г – гибкий, Д – двойной, О – изоляционные жилы заключены в общую оплётку из хлопчатобумажной нити или оболочку. Буква А в начале марки означает, что жила алюминиевая. Отсутствие буквы А указывает на то, что жила – медная.
7. Что такое шнур (провод с особо гибкими изолированными жилами, заключёнными в хлопчатобумажную или лавсановую оплётку)
8. Чтобы подсоединить провода к электроарматуре, их предварительно нужно зачистить и оконцевать.
9. Что такое оконцевание проводов (освобождение их от изоляционной оболочки и оформление петелькой (кольцом) или прямым концом (тычком), в зависимости от конструкции электроарматуры )
10. При соединении трёх проводов места скруток располагают на некотором расстоянии друг от друга. С какой целью это делают?

Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.1

**ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА**

**ТЕСТ № 1 К ТЕМЕ «ПАЙКА И ЛУЖЕНИЕ»**

**1. Как называется операция соединения расплавленным сплавом?**

- а. сварка, б. пайка, в. литье

**2. Из чего состоит припой?**

- а. из олова, б. из свинца, в. сплав олова и свинца

**3. Как называется место спая при пайке**

- а. торцом, б. кромкой, в. швом

**4. Что называют лужением?**

- а. покрытие поверхности специальным раствором, б. покрытие поверхности тонким слоем припоя, в. покрытие поверхности тонким слоем парафина

**5. Для чего нагретым паяльником водят по месту спая деталей?**

- а. для нагрева места спая. б. для очистки места спая

**6. Какой металл можно использовать для лужения**

- а. олово, б. цинк, и. медь

**7. Что необходимо сделать, чтобы к жалу паяльника прилипал припой?**

- а. обезжирить жало, б. залудить жало, в. натереть жало парафином

**8. При пайке твердым припоем в качестве флюса используется:**

- а. канифоль. б. хлористый цинк, в. бура, г. нашатырь

**9. Для получения мягкого припоя в сплав к олову добавляют:**

- а. серебро, б. цинк, в. свинец, г. медь, д. флюс

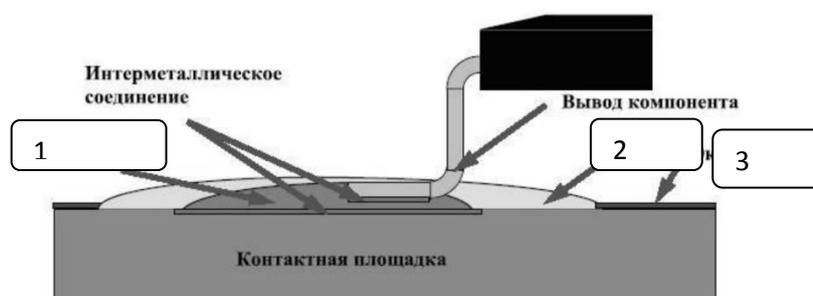
**10. Для пайки мягкими припоями применяют:**

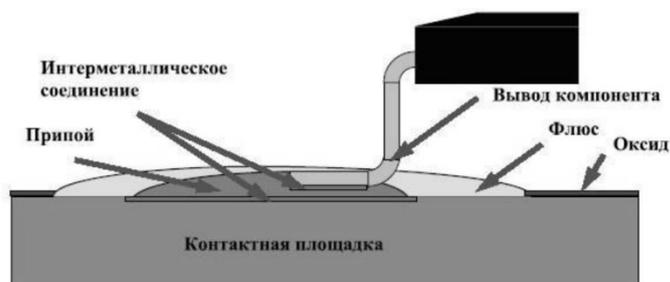
- а. газовые горелки, б. бензиновые паяльные лампы, в. электрическую дугу, г. медный паяльник, д. токи высокой частоты

**11. Флюсом является:**

- а. вздутие на поверхности детали или изделия, б. вещество для окисления поверхности детали, в. вещество для обезжиривания поверхности детали и снятия оксидных пленок

**12. Заполните пустые клеточки**





**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.1**  
**ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА**

**ТЕСТ 2 «ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ»**

1. Какие физические явления лежат в основе процесса пайки?
2. Вставьте пропущенные определения
3. Дайте названия устройству
4. Дайте название устройству



Дайте название устройству



Дайте название устройству



## Устный опрос № 2

### **Вопросы для устного опроса № 2**

#### **Тема: «Пайка»**

1. Перечислите основные дефекты при пайке (**Непропай** - этот дефект возникает в результате полного или частичного незаполнения зазора жидким припоем вследствие плохого смачивания паяемых поверхностей флюсом или припоем, из-за недостаточного количества жидкого припоя или вытекания его из слишком широкого зазора, при нарушении режимов нагрева. Непропаи снижают механические свойства паяных соединений, их коррозионную стойкость, электро- и теплопроводность; **Перемычки** образуются главным образом из-за неправильного конструктивного оформления рисунка ПП. Этот дефект может быть исправлен применением специальных средств, влияющих на физические характеристики расплава, например, применением активированных флюсов. Возникновение перемычек может быть также обусловлено технологическими причинами, при поиске которых необходимо обратить внимание на температуру припоя, температуру предварительного подогрева ПП, скорость конвейера, качество флюсования, загрязнение припоя; **Сосульки** - самый распространенный дефект при пайке ПП волной припоя. Причины его образования заключаются чаще всего в низкой температуре и недостаточном времени пайки. В этом случае сосульки легко устраняются повышением температуры, либо снижением скорости конвейера. Образованию сосулек способствует недостаточное количество флюса, неравномерность флюсования, слишком большое или слишком малое погружение плат в волну. **Раковины и поры** - дефекты, связанные с состоянием и свойствами материала основания ПП. Появление таких дефектов обусловлено выделением газообразных продуктов из основания в зону пайки. Источниками газовыделений, как правило, являются пары растворителя флюса, продукты разложения флюса, конденсационная влага, низкомолекулярные компоненты связующего диэлектрика ПП.

Поэтому в процессе производства ПП, печатных узлов и блоков необходимо принимать меры по ограничению насыщения их влагой, а перед процессом сборки и пайки обязательно тщательно сушить предпочтительно с использованием процессов термовакуумной сушки. Следует также иметь в виду, что чем выше температура и время пайки, тем продолжительнее припой будет находиться в жидком состоянии, и тем больше вероятность, что газы успеют выйти из расплава, не препятствуя качественному оформлению соединения. **Шарики и брызги припоя** - опасный дефект пайки, состоящий в бурном кипении пасты и в налипании на поверхность ПП продуктов кипения. Плохо прилипшие шарики припоя, отделившись от поверхности, свободно перекатываются по поверхности ПП, накапливаются в пазах и промежутках между элементами, в неопределенный момент могут вызвать короткие замыкания. Результаты электрического контроля ПП с такими дефектами недостоверны, так как не позволяют локализовать местоположение дефектов. Наиболее распространенной причиной дефекта является неудовлетворительное удаление влаги из ПП вне зависимости от источника ее возникновения. Вместе с этим образование шариков и брызг припоя может быть связано с недостаточной сушкой ПП после расконсервации, неудовлетворительной работой системы предварительного подогрева ПП или тем, что элементы системы предварительного подогрева не успели нагреться или вообще не включились.)

2. Расшифровать марку припоя ПОС 40

3. Паяльная паста (суспензию порошка припоя в среде, содержащей флюс)

4. Сосновая смола для пайки называется...(канифоль)

### **Устный опрос № 3**

#### **Вопросы для устного опроса № 3**

##### **Тема: «Трубные проводки»**

- 1. Трубные проводки** (совокупность труб и трубных кабелей (пневмокабелей), соединительных и присоединительных устройств, арматуры, устройств защиты от внешних воздействий, крепежных установочных узлов и деталей, собранных в цельную конструкцию, проложенную и закрепленную на элементах зданий или технологическом оборудовании)
- 2. Для каких целей служат трубные проводки** (служат линиями связи для передачи энергии в пневматических и гидравлических системах автоматики и выполнения различных вспомогательных функций, связанных с их обслуживанием (обогрева, охлаждения, дренажа, промывки и т.п.)
- 3. По функциональному назначению трубные проводки делятся на:** (основные и вспомогательные)
- 4. По расположению на объекте они делятся на:** (внутренние; наружные; скрытые; открытые)
- 5. Основные трубные проводки** – (импульсные, командные, питающие)
- 6. Вспомогательные трубные проводки** – (обогревающие, охлаждающие и дренажные)
- 7. Импульсные трубные проводки предназначены..** (для передачи воздействия контролируемой технологической среды на чувствительные элементы измерительных преобразователей, приборов непосредственно или через разделительные среды)
- 8. Командные трубные проводки...** (обеспечивают передачу командных сигналов от передающих устройств к приемным)
- 9. Питающие трубные проводки обеспечивают** (подачу сжатого воздуха к пневматическим техническим средствам автоматизации)

**10. Материалы для трубных проводок это** (из черные и цветные металлы или полимерных материалов)

**11. Требования к трубным проводкам** (должны обеспечивать возможность:

- а) проведения испытаний приборов во время монтажа, наладки и эксплуатации без останова технологического оборудования;
- б) продувки и промывки приборов без останова оборудования;
- в) заполнения приборов и импульсных трубных проводок разделительными жидкостями;
- г) удаления газов из приборов и импульсных трубных проводок, заполненных жидкостью;
- д) удаления конденсатов жидкостей из приборов и импульсных трубных проводок, заполненных газами;)

**12. При наличии пульсаций среды, заполняющей импульсные проводки, должны устанавливаться ...** (сглаживающие устройства - демпферы).

### Устный опрос № 4

#### Вопросы для устного опроса № 4

#### Тема: «Регулирующие органы»

**1. Регулирующие органы** (это устройства, которые непосредственно воздействуют на объект управления путём изменения количества вещества или энергии)

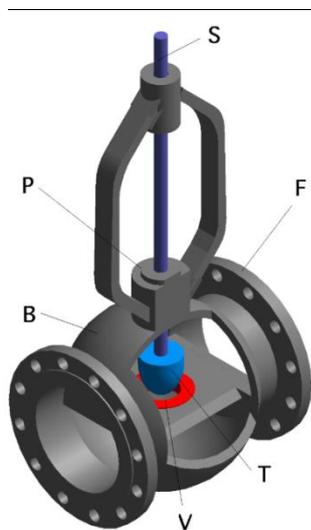
**2. Где устанавливаются регулирующие органы ?** (устанавливаются, как правило, на входе в объект)

**3. В качестве таких органов используются....** (заслонки, задвижки, клапаны, краны, ножи тарельчатых питателей )

**4. По виду воздействия на объект регулирующие органы подразделяются на два основных типа:** (дросселирующие- изменяют гидравлическое сопротивление в системе путём изменения своего проходного сечения. К ним относятся регулирующие клапаны, заслонки и шиберы.

Дозирующие- осуществляют заданное дозирование поступающего вещества или энергии или изменение расхода вещества путём изменения производительности агрегатов)

**5. Расшифровать устройство проходного односедельного регулирующего клапана**



**В** — корпус арматуры;  
**Ф** — фланец для присоединения арматуры к трубопроводу.  
**Р** — узел уплотнения, обеспечивающий герметичность арматуры по отношению к внешней среде;  
**С** — шток арматуры, передающий поступательное усилие от механизированного или ручного привода *затвору*, состоящему из *плунжера* и *седла*;  
**Т** — *плунжер*, своим профилем определяет характеристику регулирования арматуры;  
**В** — *седло* арматуры, элемент, обеспечивающий посадку *плунжера* в крайнем закрытом положении.

**6. Принцип работы клапана** (усилие от привода с помощью штока передается на затвор, состоящий из плунжера и седла. Плунжер перекрывает часть проходного сечения, что приводит к уменьшению расхода через клапан. Согласно закону Бернулли при этом увеличивается скорость потока среды, а статическое давление в трубе падает. При полном закрытии плунжер садится в седло, поток перекрывается, и, если затвор будет полностью герметичен, давление после клапана будет равно нулю)

**7. В седельных клапанах подвижным элементом служит плунжер, который может быть.....**( игольчатым, стержневым или тарельчатым)

**8. В каких случаях применяются односедельные клапаны** (применяются чаще всего для небольших диаметров прохода из-за своего неуравновешенного плунжера)

**9. Преимущества двухседельных клапанов** (состоит в том, что такой конструкцией гораздо легче обеспечить требуемую для запорно-регулирующей арматуры герметичность с помощью плунжера, имеющего специальный регулирующий профиль для контакта с одним седлом, а для посадки в другое седло — уплотнительную поверхность для более плотного контакта)

**10. Диафрагмовые регулирующие клапаны применяют, как правило, для регулирования.....**( потоков агрессивных сред).

**11. Корпус диафрагмового клапана изготавливают.....**( из чугуна, а внутри покрывают кислотостойкими материалами)

**12. Критерии выбора клапанов** (пропускную рабочую способность; показатели допустимого при эксплуатации натиска; расчетный диаметр прохода при установке в трубопровод; предельную эксплуатационную наружную температуру; температуру протекающего рабочего состава через клапан; конструкцию корпуса; особенности привода)

## Устный опрос № 5

### Вопросы для устного опроса № 5

#### Тема: «Исполнительные механизмы»

**1. Назначение и классификация исполнительных механизмов** (предназначены для оказания непосредственного воздействия на объект управления или регулирования, с целью изменения его состояния)

**2. Устройство и принцип действия электрических исполнительных механизмов** (Электрические исполнительные механизмы делятся на электромашинные и электромагнитные. Основным элементом электромашинного исполнительного механизма является электрический двигатель постоянного или переменного тока. Такие исполнительные механизмы называют электроприводами, предназначенными для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением. Электромагнитные исполнительные механизмы выполняются в основном на базе электромагнитов постоянного и переменного тока и постоянных магнитов)

**3. Устройство и принцип действия гидравлических и пневматических исполнительных механизмов** (гидравлические и пневматические двигатели преобразуют энергию рабочей среды, находящейся под давлением, в механическую энергию поступательного или вращательного движения. В качестве рабочей среды в пневмодвигателях используется сжатый воздух или газ, а в гидродвигателях — минеральное масло, синтетические жидкости и т.д.)

**4. Что из себя представляет мембранный исполнительный механизм** (это специализированные устройства, которые используются в паре с запорными элементами трубопроводов и необходимы для организации удаленного открывания и закрывания тока

жидкости или газа в трубах. С их помощью обеспечивается аварийное перекрытие инженерных систем в случае возникновения чрезвычайной ситуации, а также управления технологическими процессами)

**5. Как действует мембранный ИМ:** (1. Давление вводится в механизм; 2. Мембрана прогибается вверх, сжимая пружину и поднимая шток; 3. Шток двигается пропорционально величине давления воздуха, приложенного к исполнительному механизму через порт ввода давления)

**6. Дайте определение «Мембраны»** (В технике мембрана — это гибкая тонкая перегородка, разделяющая полости с различным давлением и поэтому находящаяся в упругом состоянии)

**7. Требования к мембранам** (высокая гибкость, небольшая остаточная деформация при сжатии, сопротивляемость абразивному износу, химическая стойкость, долговечность)

**8. Что такое сильфон** (гофрированная металлическая трубка, состоящая из одного или нескольких слоев. Данное изделие пластичное, имеет свойство сгибаться, разгибаться, растягиваться под внешним воздействием. Основным материалом для его изготовления является нержавеющая и стойкая к коррозии сталь. Сильфоны широко применяются в трубопроводной арматуре, в которой они работают подобно пружине в зависимости от изменения параметров давления и температуры)

**9. Опишите принцип работы сильфонного чувствительного элемента** (Сильфон является разновидностью деталей, которые необходимы, чтобы компенсировать тепловые удлинения и расширения. И служат для преобразования измеряемого давления в перемещение)

<https://youtu.be/vWngFTjBY8w>

<https://youtu.be/v82dgNasdCc>

<https://youtu.be/u5pFxYB4ISw>

<https://youtu.be/vQvvFR7BOy0>

## **Устный опрос № 6**

### **Вопросы для устного опроса № 6**

**Тема: «Электромеханические исполнительные механизмы»**

**1. Электромеханические исполнительные органы** (это электромагниты различных конструкций, служащие для преобразования электрического тока в механическое движение во всех тех случаях, когда требуется переместить рабочий орган производственного механизма на определенное небольшое расстояние. К ним относятся тормозные электромагниты, электромагнитные муфты трения и другие устройства)

**2. Где устанавливаются электромеханические исполнительные устройства** (устанавливаются непосредственно вблизи регулирующих устройств и жестко связаны с ними посредством тяг и рычагов, либо устанавливаются непосредственно на трубопроводную арматуру и соединяются с валом регулирующего органа посредством переходной муфты)

**3. Где и с чем работают исполнительные механизмы** (работают в системах автоматического регулирования (с датчиком обратной связи — блоком сигнализации положения выходного вала) и в режиме ручного управления (без датчиков обратной связи — с блоком конечных выключателей)

**4. Какой параметр исполнительного механизма с электроприводом влияет на пропускную способность регулирующего клапана?** (рабочий ход штока)

## **Устный опрос № 7**

### **Вопросы для устного опроса № 7**

**Тема: «Электромагнитные муфты»**

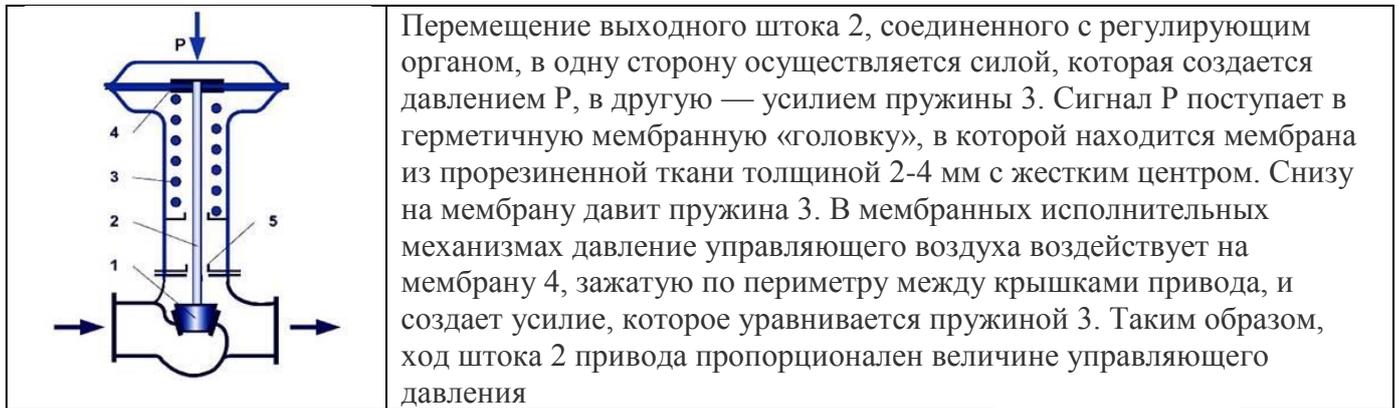
- 1. Задача электромагнитных муфт** (обеспечение плотного контакта между подвижными элементами приводной системы, валами, шестернями, что позволяет эффективно передавать крутящий момент)
- 2. Основные части электромагнитных муфт** (Муфта состоит из двух частей: ведущей и ведомой, которые образуют замкнутую магнитную систему. Муфта выполнена из ферромагнитных материалов и имеет одну или несколько обмоток возбуждения)
- 3. Принцип действия фрикционной муфты** (механическая муфта, передающая крутящий момент от ведущего вала к ведомому посредством сил трения, создаваемых на контактных поверхностях обеих полу муфт)
- 4. Принцип действия порошковых муфт** (основан на свойстве жидкой или порошкообразной ферромагнитной массы (наполнителя муфты) увеличивать свою вязкость и прилипать к поверхности намагниченных элементов конструкции муфты под действием магнитного поля)
- 5. Какой порошок используется в порошковых муфтах** (ферромагнитный наполнитель с жидкой основой представляет собой частицы карбонильного железа диаметром  $10^{-2} \dots 10^{-4}$  мм, взвешенные в масле или в другой химически малоактивной жидкости. Ферромагнитная масса с твердой основой – это смесь порошкообразного железа с порошком графита или талька)
- 6. Преимущества порошковых муфт** (Порошковые муфты экономичнее фрикционных муфт, имеют меньшие габариты. Например, при одинаковом токе управления порошковые муфты создают момент трения в полтора раза больший, чем фрикционные муфты. Повышенное быстродействие является основным достоинством порошковой муфты)
- 7. Недостатки порошковых муфт** (сложность конструкции, защиты подшипников от попадания в них порошка; необходимость периодической замены ферромагнитного наполнителя из-за постепенного его «старения» и утраты ферромагнитных свойств)

## Устный опрос № 8

### **Вопросы для устного опроса № 8**

#### **Тема: «Электропневматические исполнительные механизмы»**

- 1. Принцип действия пневматического устройства** (устройство, которое использует давление сжатого воздуха, чтобы произвести механическое движение. Движение, которое произведено, затем может использоваться, чтобы выполнить функцию перемещения регулирующего органа в системе автоматического регулирования)
- 2. Типы пневматических исполнительных элементов** (пневмоцилиндры, пневмомоторы, пневмозахваты, пневмоударные)
- 3. Достоинства и недостатки пневмосистем** (недостатки: громоздкие, требуется подготовка и распределение воздуха; достоинства: простота конструкции, высокая надежность, ремонтнопригодность)
- 4. Схема мембранного исполнительного механизма**



Перемещение выходного штока 2, соединенного с регулирующим органом, в одну сторону осуществляется силой, которая создается давлением  $P$ , в другую — усилием пружины 3. Сигнал  $P$  поступает в герметичную мембранную «головку», в которой находится мембрана из прорезиненной ткани толщиной 2-4 мм с жестким центром. Снизу на мембрану давит пружина 3. В мембранных исполнительных механизмах давление управляющего воздуха воздействует на мембрану 4, зажатую по периметру между крышками привода, и создает усилие, которое уравнивается пружиной 3. Таким образом, ход штока 2 привода пропорционален величине управляющего давления

**5. Для чего предназначен электропневматический позиционер** (предназначен для управления подачей сжатого воздуха к исполнительному устройству таким образом, чтобы обеспечить соответствие между величиной электрического тока на входе позиционера и углом отклонения рычага обратной связи, соединенного с исполнительным устройством)

### Устный опрос № 9

#### **Вопросы для устного опроса № 9**

#### **Тема: « Электрогидравлические исполнительные механизмы »**

**1. Что представляют собой электрогидравлические исполнительные механизмы ?** (это совокупность управляемых электромагнитов, гидравлического распределителя и гидравлического двигателя. Рабочее тело – масло подают в ЭГИМ с помощью масляного насоса, имеющего электрический привод)

**2. Гидравлический исполнительный механизм однонаправленного действия с возвратом по нагрузке** (Принцип действия: 1. Жидкость подается через порт 2. Жидкость заполняет цилиндр и поднимает поршень вверх; 3. Когда поток прекращается, поршень остается в новой позиции. Чтобы переместить поршень вниз цилиндра, направление жидкостного потока меняется. Поскольку жидкость вытекает из цилиндра через порт, под действием собственного веса поршень возвращается в первоначальное положение)

**3. Гидравлический исполнительный механизм однонаправленного действия с пружинным возвратом** (в верхней части цилиндра установлена пружина. Поршень выталкивается вверх в цилиндре, когда жидкость подается через порт. Поскольку поршень перемещается вверх, это сжимает пружину. Когда жидкостный поток реверсируется, усилие сжатой пружины более эффективно, чем вес поршня, возвращает поршень в первоначальное положение)

#### **4. Гидравлический исполнительный механизм двойного действия**

(Такой механизм обеспечивает приложение усилий в двух направлениях. В отличие от предыдущих механизмов цилиндр гидравлических исполнительных механизмов двойного действия полностью заполнен жидкостью. Жидкость может подаваться через любой из двух портов. Когда жидкость поступает в цилиндр через один порт, равному объему жидкости позволяют вытечь из другого порта. В результате, поршень перемещается в цилиндре вверх или вниз. Реверсирование потока жидкости заставляет поршень двигаться в противоположное направление. Когда подача жидкости прекращается, жидкость под давлением остается с обеих сторон поршня и поршень, фактически, блокирован в определенном месте удерживаемой жидкостью)

## Устный опрос № 10

### **Вопросы для устного опроса № 10**

#### **Тема: « Коммутационные приборы »**

**1. Коммутационный прибор** (устройство, обеспечивающее замыкание, размыкание или переключение электрических цепей, подключенных к его входам и выходам, при поступлении в прибор управляющего сигнала. Замыкание, размыкание и переключение электрических цепей в коммутационном приборе осуществляется коммутационным элементом (КЭ), который в простейшем случае представляет собой один контакт на замыкание)

**2. К коммутационному прибору могут подключаться линии с различной проводностью** (двух-, трех- проводные и т.д.), поэтому их коммутация осуществляется несколькими КЭ, объединенными в коммутационную группу, коммутационные элементы которой переключаются одновременно под влиянием поступающего управляющего сигнала.

**3. Структурные параметры коммутационного прибора** (число входов  $n$ , число выходов  $m$ , доступность  $D$  входов по отношению к выходам, проводность коммутируемых линий  $l$ , свойство памяти. Производными от этих параметров являются общее число точек коммутации  $T$ , число коммутационных групп и число коммутационных элементов, а также максимальное число одновременных соединений)

**4. К электрическим параметрам коммутационных приборов относятся...** (сопротивление коммутационного элемента в разомкнутом (закрытом) состоянии  $R_3$  и замкнутом (открытом) состоянии  $R_0$ , отношение которых называется коммутационным коэффициентом  $K = R_0/R_3$ ; время переключения КЭ из одного состояния в другое; вносимое затухание в разговорный тракт; уровень шумов; напряжение питания; сила тока, необходимого для переключения КЭ; потребляемая мощность)

**5. Коммутационные приборы характеризуются** (сроком службы или долговечностью, под которыми понимается допустимое число переключений или допустимое время работы, и интенсивностью отказов (повреждений), т.е. вероятностью отказов в единицу времени)

**6. Свойство памяти коммутационных приборов** (способностью сохранять рабочее состояние после прекращения управляющего воздействия. Это позволяет сократить расход электроэнергии для поддержания рабочего состояния прибора. Для возвращения прибора в исходное состояние требуется новое управляющее воздействие)

**7. В контактном** коммутационном приборе изменение проводимости достигается путем замыкания или размыкания соответствующих контактов.

**8. В бесконтактном** коммутационном приборе изменение проводимости достигается изменением какого-либо параметра одного из элементов электрической цепи.

В качестве такого параметра может выступать сопротивление, индуктивность или емкость.

**9. Отличительной особенностью коммутационной группы является то, что все коммутационные элементы, входящие в группу, переключаются.....** (одновременно под воздействием одного управляющего сигнала)

## Правила оформления компьютерных презентаций

### Рекомендации по дизайну презентации

Чтобы презентация хорошо воспринималась слушателями и не вызывала отрицательных эмоций (подсознательных или вполне осознанных), необходимо соблюдать правила ее оформления.

Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Поэтому необходимо учитывать специфику комбинирования фрагментов информации различных типов. Кроме того, оформление и демонстрация каждого из перечисленных типов информации также подчиняется определенным правилам. Так, например, для текстовой информации важен выбор шрифта, для графической — яркость и насыщенность цвета, для наилучшего их совместного восприятия необходимо оптимальное взаиморасположение на слайде.

Рассмотрим рекомендации по оформлению и представлению на экране материалов различного вида.

#### Текстовая информация

размер шрифта: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст);

цвет шрифта и цвет фона должны контрастировать (текст должен хорошо читаться), но не резать глаза;

тип шрифта: для основного текста гладкий шрифт без засечек (Arial, Tahoma, Verdana),

для заголовка можно использовать декоративный шрифт, если он хорошо читаем;

курсив, подчеркивание, жирный шрифт, прописные буквы рекомендуется использовать только для смыслового выделения фрагмента текста.

#### Графическая информация

рисунки, фотографии, диаграммы призваны дополнить текстовую информацию или передать ее в более наглядном виде;

желательно избегать в презентации рисунков, не несущих смысловой нагрузки, если они не являются частью стилевого оформления;

цвет графических изображений не должен резко контрастировать с общим стилевым оформлением слайда;

иллюстрации рекомендуется сопровождать пояснительным текстом;

если графическое изображение используется в качестве фона, то текст на этом фоне должен быть хорошо читаем.

#### Анимация

Анимационные эффекты используются для привлечения внимания слушателей или для демонстрации динамики развития какого-либо процесса. В этих случаях использование анимации оправдано, но не стоит чрезмерно насыщать презентацию такими эффектами, иначе это вызовет негативную реакцию аудитории.

#### Звук

- звуковое сопровождение должно отражать суть или подчеркивать особенность темы слайда, презентации;
- необходимо выбрать оптимальную громкость, чтобы звук был слышен всем слушателям, но не был оглушительным;
- если это фоновая музыка, то она должна не отвлекать внимание слушателей и не заглушать слова докладчика. Чтобы все материалы слайда воспринимались целостно, и не возникало диссонанса между отдельными его фрагментами, необходимо учитывать общие правила оформления презентации.

## Единое стилевое оформление

- стиль может включать: определенный шрифт (гарнитура и цвет), цвет фона или фоновый рисунок, декоративный элемент небольшого размера и др.;
- не рекомендуется использовать в стилевом оформлении презентации более 3 цветов и более 3 типов шрифта;
- оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от его содержательной части;
- все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле;

### Содержание и расположение информационных блоков на слайде

- информационных блоков не должно быть слишком много (3-6);
- рекомендуемый размер одного информационного блока — не более 1/2 размера слайда;
- желательно присутствие на странице блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга;
- ключевые слова в информационном блоке необходимо выделить;
- информационные блоки лучше располагать горизонтально, связанные по смыслу блоки — слева направо;
- наиболее важную информацию следует поместить в центр слайда;
- логика предъявления информации на слайдах и в презентации должна соответствовать логике ее изложения.

Помимо правильного расположения текстовых блоков, нужно не забывать и об их содержании — тексте. В нем ни в коем случае не должно содержаться орфографических ошибок. Также следует учитывать **общие правила оформления текста**.

После создания презентации и ее оформления, необходимо отрепетировать ее показ и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на экране компьютера или проекционном экране), насколько скоро и адекватно она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления.

**Тема работы:** «Исполнительные механизмы»

**Цель работы:** Поддерживать интерес учащихся, к данной теме, структурировать информацию. Возможность демонстрации при дистанционном обучении. Оказать сильное воздействие на память и воображение, облегчить процесс запоминания.

**Норма времени на выполнение:** 1 час

**Форма представления выполненной работы:** презентация

**Информационные источники:** Библиографическая ссылка на статью: Грибан О.Н.

Применение учебных презентаций в образовательном процессе: виды, этапы и структура презентаций //

**Содержание работы:**

**1. Титульный слайд.** Дизайн такого слайда отличается от остальных слайдов презентации. На нём обычно указываются название презентации и данные об авторе. Также можно добавить дату демонстрации.

**2. Слайд с оглавлением.**

**3. План.** Слайд, который обычно начинается со слов «Изучив эту тему, Вы узнаете...».

Рекомендуем обязательно использовать этот слайд, так как он даёт чёткое представление о том, какую пользу получит человек от работы с этой презентацией

**4. Вопрос-ответ.** Работа с таким слайдом осуществляется следующим образом: 1) сначала на экране показывается вопрос (крупно в центре экрана), 2) аудитории задаётся вопрос, 3) после получения ответа от аудитории, на экране показывается правильный ответ (по щелчку мыши, можно использовать эффект анимации для привлечения дополнительного внимания).

**5. Повествование.** Слайд, наполненный текстовой и графической информацией. Обязательно содержит заголовок и основной текст. Позволяет раскрыть конкретный аспект излагаемой темы. Если информации много, то лучше разделить её на несколько слайдов (для удобства восприятия в заголовке допускается использование слова «Продолжение»).

**6. Термин.** Этот модуль может использоваться для акцентирования внимания на ключевом термине изучаемой темы. На слайде можно сначала показать термин, спросить у аудитории, как она его понимает, после этого показать определение термина на экране. На слайде больше не должно быть другой отвлекающей текстовой и графической информации.

**7. Сравнение.** Слайд или группа слайдов, которая подходит для демонстрации сравниваемых предметов, явлений, точек зрения. Рекомендуется показ сначала одного элемента сравнения, а затем другого. Важно подчеркнуть различия, которые, например, можно визуализировать с помощью таблицы или схемы. Хорошо работает для показа изображений в динамике по принципу «до» и «после».

**8. Задание.** Этот модуль позволяет провести проверку знаний учащихся. Может содержать: текст, изображение, карту, ребус, кроссворд и др. Также на таком слайде может демонстрироваться проблемное задание.

**9. Справка.** Справочный слайд необходим для получения дополнительной уточняющей информации по изучаемой теме.

**10. Промежуточный вывод.** Используется при демонстрации продолжительной по времени презентации (20 минут и более)

**11. Итоговый вывод.**

**12. Список источников.**

**13. Слайд с указанием источников, используемых в презентации.** При возможности необходимо указать гиперссылки на эти материалы. Домашнее задание

**14. Итоговый слайд.** Есть несколько вариантов содержания этого слайда: а) фраза «Спасибо за внимание»; б) точная копия титульного слайда (в этом случае аудитории будет напомнено, кто выступал и о чём рассказывал); в) контактная информация; г) домашнее задание; в) вопросы для самоконтроля. Визуально этот слайд должен, как и титульный, отличаться от других слайдов презентации.

**Критерии оценки выполнения письменной самостоятельной работы (пример):**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме; учтены все требования к данной работе; самостоятельно поставлены цели и задачи работы, соответствующие заданной теме/проблеме; получены результаты в соответствии с поставленной целью; работа оформлена аккуратно и грамотно.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

## **ТЕМА 1.2 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **Устный опрос № 11**

#### **Вопросы для устного опроса № 11**

#### **Тема: «Государственная система приборов (ГСП)»**

- 1. Государственная система промышленных приборов это...** (совокупность устройств получения, передачи, хранения, обработки и представления информации о состоянии и ходе различных процессов и выработки управляющих воздействий на них)
- 2. Что входит в ГСП** (электрические, пневматические и гидравлические приборы и устройства в обыкновенном, виброустойчивом, герметичном, пыле- и влагозащищённом исполнении)
- 3. К устройствам получения и первичного преобразования информации относятся...** (датчики, кнопки, табуляторы и клавишные вычислительные машины с ручным и полуавтоматическим управлением для нанесения информации на перфокарту, перфоленту, магнитные ленты, барабаны или диски, а также выводные устройства, формирующие сигналы для передачи на расстояние)
- 4. Как осуществляется передача информации** (непосредственно через каналы связи (при небольших дистанциях или специально выделенных каналах связи), либо через устройства телемеханики (на большие расстояния).
- 5. К средствам представления информации относятся.....** (показывающие стрелочные, цифровые, символные и др. индикаторы, самопишущие приборы, печатающие устройствами графопостроители)
- 6. Выработка управляющих воздействий достигается.....** (регулирующими устройствами (регуляторами). Регулятор, получая сигналы непосредственно от датчика или через устройство централизованного контроля, вырабатывает в соответствии с заданной программой и законом регулирования энергетические импульсы, приводящие в действие исполнительный механизм, который через регулирующие органы (коммутирующую аппаратуру, управляемые вентили, клапаны, заслонки, задвижки) изменяет потоки энергии или вещества и этим воздействует на объект регулирования)
- 7. По виду сигналов устройства ГСП делятся на...** (аналоговые и дискретные)
- 8. По функциональному признаку все изделия ГСП делятся на четыре группы** (устройства получения информации о состоянии процесса; устройства приема, преобразования и передачи информации по каналам связи; устройства преобразования, хранения, обработки информации и формирование команд управления; устройства использования командной информации для воздействия на объект управления)
- 9. Для преобразования естественного выходного сигнала в унифицированный в ГСП используются .....** (нормирующие преобразователи)
- 10. Средства ГСП, служащие для технологических измерений, в основном являются.....** (аналоговыми и имеют малую случайную составляющую погрешности)
- 11. Пять уровней (групп) технических средств:** (I — технические средства непосредственного взаимодействия с объектом автоматизации, преобразующие параметры в унифицированный электрический сигнал (средства контроля и сигнализации) или унифицированный сигнал в управляющее воздействие на процесс (исполнительные органы);  
II — вторичные приборы и регуляторы со встроенным датчиком для простых локальных систем автоматизации;

III — средства централизованного контроля, регулирования и управления для сложных систем автоматизации (АСУ ТП), отличающиеся наличием цифровой обработки информации;

IV — средства контроля, регулирования и управления для централизованных АСУ ТП на базе управляющей вычислительной техники, телемеханики;

V — средства вычислительной техники для решения задач автоматизации процессов организационно-экономического управления производством и предприятиями)

**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ № 3 К ТЕМЕ «КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ»**

1. Заполните недостающие клеточки

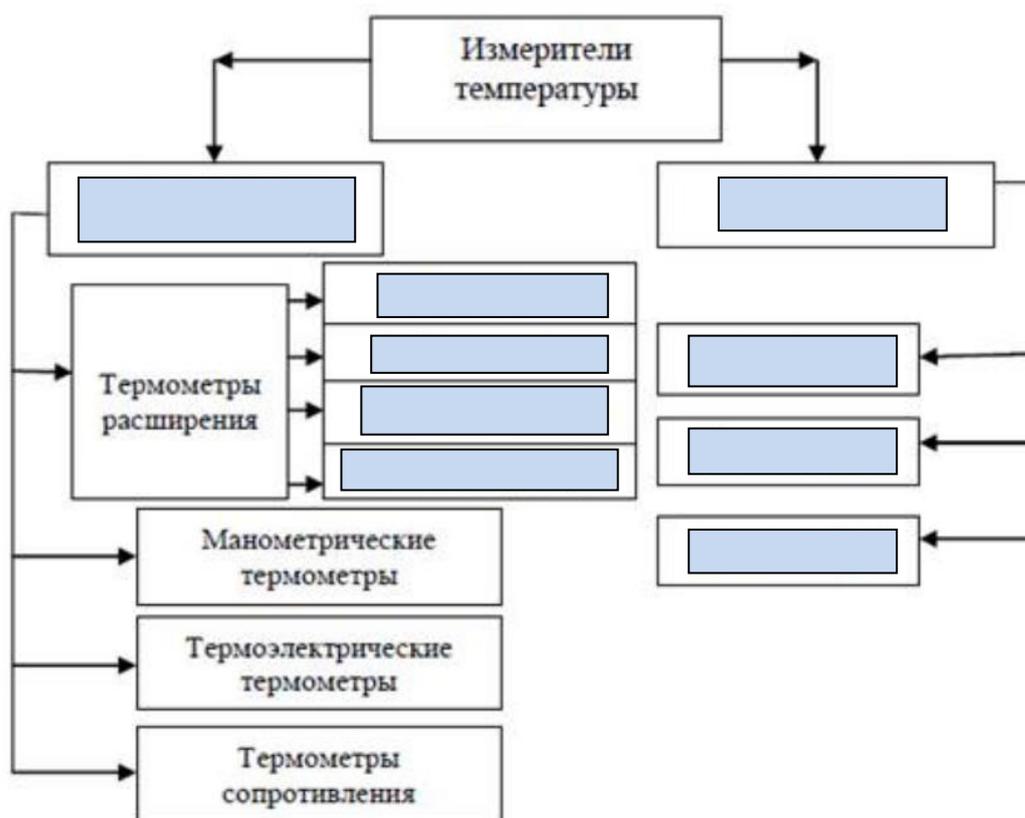




Таблица 2. Измерение температуры ( $t$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Металлический терморезистор		Инерционное (безынерционное)
	Дилатометр		То же
		Напряжение $U$	То же
	Манометрический термометр		То же

Таблица 2. Измерение температуры ( $t$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Металлический терморезистор	Электрическое сопротивление $R$	Инерционное (безынерционное)
	Дилатометр	Перемещение стержня $S$	То же
	Термопара	Напряжение $U$	То же
	Манометрический термометр	Перемещение $S$	То же

**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ № 4**

**1.Термобаллон газового манометрического термометра заполнен...**

а. инертным газом; б. водородом в.газовой смесью г. кислородом

**2.В комплекте с термопарой работает вторичный прибор ...**

а. потенциометр; б.уравновешенный мост; в.амперметр; г.логометр

**3.Как называется спай термопары, соприкасаемый с измеряемой средой?**

а. горячим спаем; б.холодным спаем; в.свободным спаем; г.датчиком

**4. Контактные термометры предназначены для...**

а. сигнализации о нарушении заданного температурного режима

б. регистрации показаний температурных параметров

в. сигнализации о нарушении допустимых пределов давления

г. дистанционного контроля за температурными параметрами

**5.Давление рабочего вещества внутри замкнутой системы термобаллона при увеличении температуры...**

а. увеличивается; б.уменьшается; в.остается неизменным  
изменяется по определенному закону

**6. Действие этих термометров основано на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры:**

а. термометры расширения; б.термометры сопротивления; в. термопары

г. манометрические термометры

**7. Действие этих приборов основано на изменении давления вещества при постоянном объеме при изменении температуры:**

а. термопары; б. манометрические термометры; в. термометры расширения

г.термометры сопротивления

**8. Действие этих термометров основано на изменении термоэлектродвижущей силы в зависимости от температуры:**

а.термометры расширения; б.термометры сопротивления;в.манометрические термометры

г. термопары

**9. Действие этого термометра основано на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при изменении его температуры**

а. термометр сопротивления; б.термометр расширения; в.термопара

г. манометрический термометр

**10.Среди жидкостных стеклянных термометров наиболее распространены**

а. манометрические термометры; б. жидкостные стеклянные термометры

в. контактные термометры; г. пирометры

**11. Существенный недостаток жидкостных термометров – это...**

- а. искажение показаний при вибрации аппарата
- б. плохая различимость ртути на шкале
- в. невозможность передачи показаний на расстояние
- г. хрупкость

**12. В газовых манометрических термометрах в качестве рабочего вещества используется...** а. азот; б. водород; г. кислород; д. толуол

**13. В жидкостных манометрических термометрах термосистема заполняется...**

- а. толуолом; б. керосином; в. ртутью; г. азотом

**Вторичным прибором, работающим в комплекте с термопарой служит...**

- а. КСП; б. КСУ; в. КСМ; г. КСМ-3П

**15. В комплекте с термометрами сопротивления в качестве измерительных приборов используются**

- а. логометры; б. милливольтметры; в. омметры; г. амперметры

**16. Виды термопар:**

- а. ИУ, РО, ИМ; б. КСУ, КСМ, КСП, КСМ-3М; в. ТПП, ТПР, ТХА, ТХК; г. ТСМ, ТСП, КТСПР

**17. Виды термометров сопротивления**

- а. ТСМ, ТСП; б. ТХА, ТХК; в. КСМ, КСП4 г. ИМ, РО

**18. Применение термометров с органическими жидкостями:**

- а. для измерения низких температур; б. для высоких низких температур
- в. для измерения вакуума; г. для измерения широкого диапазона температур

**19. Принцип действия термометра сопротивления**

- а. на свойстве проводников и полупроводников изменять своё электрическое сопротивление б. при изменении их температуры на различии коэффициентов объёмного расширения жидкости и материала оболочки термометра
- в. на изменении давления рабочего вещества, заключенного в емкость постоянного объема, при изменении его температуры
- г. на использовании термоэлектрического эффекта, заключающегося в возникновении разности потенциалов в контактном слое соединения двух разнородных металлических проводников

**20. Принцип действия термопары основан**

- а. на использовании термоэлектрического эффекта, заключающегося в возникновении разности потенциалов в контактном слое соединения двух разнородных металлических проводников
- б. на свойстве проводников и полупроводников изменять своё электрическое сопротивление при изменении их температуры
- в. на изменении давления рабочего вещества, заключенного в емкость постоянного объема, при изменении его температуры
- г. на различии коэффициентов объёмного расширения жидкости и материала оболочки термометра

**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ № 5 К ТЕМЕ «ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШКАЛЫ»**

**1. За точку таяния льда принял  $0^{\circ}$  ....**

а. Д. Фаренгейт; б. Р. Реомюр; с. А. Цельсий; д. все ответы верны

**2. Как называется температура воды равная  $100^{\circ}$  С?**

а. температура плавления; б. температура кипения; в. абсолютный нуль; г. температура термометра

**3. Какое физическое явление лежит в основе работы ртутного термометра?**

а. плавление твердого тела при нагревании; б. испарение жидкости при нагревании  
в. расширение жидкости при нагревании; г. конвекция жидкости при нагревании

**Ответьте на вопросы:**

4. Можно ли для измерения температуры наружного воздуха использовать термометры с ртутью?

5. Почему при измерении температур не рекомендуется дышать на термометр или держать его в руках?

6. Какая температура называется абсолютным нулем температур? Что происходит при этой температуре?

7. Сопоставьте ученых и значения температуры кипения воды, которые они предложили:

а. Ф. Фаренгейт	1) $-273,15$
б. Р. Реомюр	2) 212
в. А. Цельсия	3) 80
г. В. Томсон	4) $373,15$
	5) 100

8. а) Определите цену деления шкалы каждого термометра рис. 1

б) Какую минимальную температуру можно измерить термометром, показанным на рисунке 1, а?

в) Какую температуру показывает каждый из термометров, фрагменты которых приведены на рисунке 1, б—д?

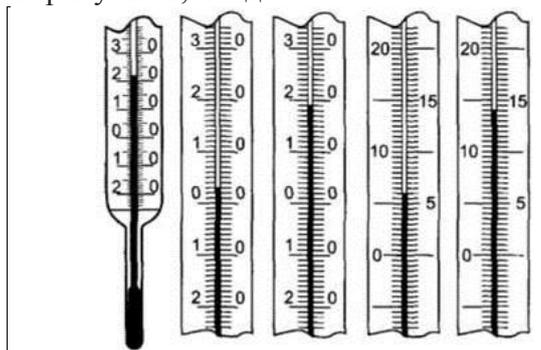


Рис. 1 а б в г д

В зависимости от принципа действия приборы для измерения температуры делятся на следующие группы (рис.1):

1) термометры расширения, основанные на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры.

2) манометрические термометры, основанные на изменении давления вещества при постоянном объеме при изменении температуры.

- 3) термоэлектрические термометры, основанные на изменении термоэлектродвижущей силы термопары от температуры.
- 4) термометры сопротивления, основанные на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при изменении их температуры.
- 5) пирометры, излучения из которых наибольшее распространение получили:
- а) оптические, основанные на измерении интенсивности монохроматического излучения нагретого тела;
  - б) цветные (пирометры спектрального отношения), основаны на измерении распределения энергии в спектре теплового излучения тела;
  - в) радиационные основанные на измерении мощности излучения нагретого тела.

Таблица 1. Измерение давления и разрежения ( $p$ )

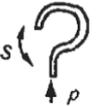
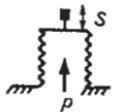
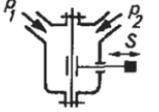
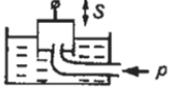
Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Манометрическая пружина	Перемещение конца трубки $S$	Инерционное или колебательное
	Гармониковая мембрана (сильфон)	Перемещение сильфона $S$	То же
	Дифференциальный манометр	Перемещение мембраны $S$	То же
	Колокольный манометр	Перемещение поплавка $S$	То же

Таблица 1. Измерение давления и разрежения ( $p$ )

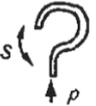
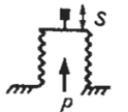
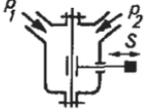
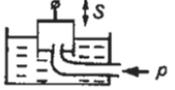
Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
			Инерционное или колебательное
			То же
			То же
			То же

Таблица 3. Измерение уровня ( $h$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
			Безинерционное (колебательное)

Таблица 3. Измерение уровня ( $h$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Поплавок	Перемещение $S_{ВЫХ}$	Безинерционное (колебательное)

Таблица 4. Измерение расхода ( $G$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Дроссельный расходомер	Перепад давления $\Delta p$	Безынерционное
	Счетчик	Частота вращения $n$	То же
	Пневмометрическая трубка	Перепад давления $\Delta p$	То же

Таблица 4. Измерение расхода ( $G$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Дроссельный расходомер		Безынерционное
	Счетчик		То же
	Пневмометрическая трубка		То же

Таблица 5. Измерение перемещения (линейного  $S$ , углового  $\alpha$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Мост постоянного и переменного тока	Напряжение $U$	Безынерционное

	Сельсин-трансформатор	То же	То же
	Дифференциально-трансформаторный преобразователь	То же	То же

Таблица 5. Измерение перемещения (линейного  $S$ , углового  $\alpha$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Мост постоянного и переменного тока		Безынерционное

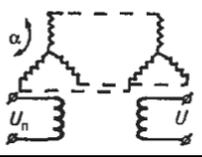
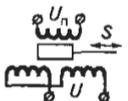
	Сельсин-трансформатор	<input type="text"/>	То же
	Дифференциально-трансформаторный преобразователь	<input type="text"/>	То же

Таблица 6. Измерение частоты вращения ( $n$ )

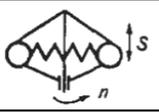
Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Механический тахометр	Перемещение $S$	Колебательное
	Электрический тахометр	Напряжение $U$	Безынерционное
	Импульсный тахометр	Напряжение $U$	Безынерционное

Таблица 6. Измерение частоты вращения ( $n$ )

Схема	Наименование	Выходной параметр	Тип звена
	Механический тахометр	<input type="text"/>	Колебательное
	Электрический тахометр	<input type="text"/>	Безынерционное
	Импульсный тахометр	<input type="text"/>	Безынерционное

### Исполнительные механизмы

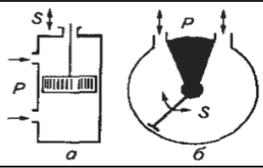
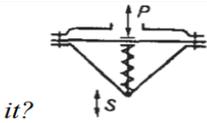
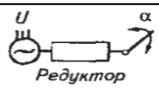
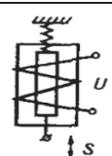
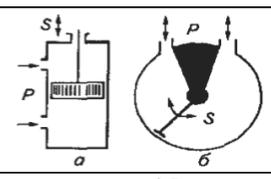
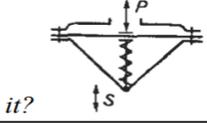
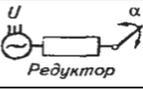
Схема	Наименование	Вход	Выход	Выходная мощность, Вт
	Поршневые двигатели с поступательным (а) и вращательным (б) движением поршня	Давление $0,1 \dots 10$ МПа	<input type="text"/>	$10^2 \dots 5 \cdot 10^4$
	Пневматический мембранный двигатель	Давление $0,1 \dots 0,5$ МПа	То же	До 200
	Электродвигательный исполнительный механизм	Напряжение	<input type="text"/>	До $4 \cdot 10^4$
	<input type="text"/>	То же	Механическое перемещение	До $1,4 \cdot 10^3$

Схема	Наименование	Вход	Выход	Выходная мощность, Вт
	Поршневые двигатели с поступательным (а) и вращательным (б) движением поршня	Давление 0,1...10 МПа	Механическое перемещение	$10^2 \dots 5 \cdot 10^4$
	Пневматический мембранный двигатель	Давление 0,1...0,5 МПа	То же	До 200
	Электродвигательный исполнительный механизм	Напряжение	Механическое вращение	До $4 \cdot 10^4$
	Электромагнит-соленоид	То же	Механическое перемещение	До $1,4 \cdot 10^3$

**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ № 6**

**1. Сопоставьте температуры со шкалами термометров.**

Укажите соответствие для всех 4 вариантов ответа:

- 1) Шкала Цельсия 2) Шкала Реомюра 3) Шкала Кельвина 4) Шкала Фаренгейта

Нормальная температура человеческого тела 36,6 градуса.

Абсолютный ноль

Температура кипения воды 80 градусов.

Температура таяния смеси воды, льда и хлорида аммония

**2. Переставьте буквы так, чтобы получилась название физической величины.**

Составьте слово из букв: ТЕПУМЕРАРТА ->

**3. Переведите температуру 30 оС в остальные температурные шкалы. Запишите число:** По шкале Реомюра \_\_\_\_\_ По шкале Кельвина \_\_\_\_\_

По шкале Фаренгейта \_\_\_\_\_

**4. Определите цену деления шкалы Цельсия и показания термометра по шкале Цельсия. Запишите числа:**



**5. Определите цену деления шкалы Фаренгейта и показания по шкале Фаренгейта  
Запишите числа:**

**КЛЮЧ ответов**

Задание 1.

1,3,2,4

Задание 2.

Температура

Задание 3.

24; 303,15; 86

Задание 4.

1<sup>0</sup>C; 22<sup>0</sup>C

Задание 5.

2<sup>0</sup>F; 72<sup>0</sup>F

### Шкалы температур

В России для измерения температуры воздуха и тела человека используется шкала Цельсия, а в США – шкала Фаренгейта.

Для пересчёта температурных значений пользуются формулами, представленными в таблице:

<b>Формула</b>	<b>Перевод значения температуры</b>
$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) : 1,8$	из шкалы Фаренгейта в шкалу Цельсия
$^{\circ}\text{F} = 1,8 \times ^{\circ}\text{C} + 32$	из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта

Турист из США планирует через два дня прилететь в Санкт-Петербург и просит сотрудника российской турфирмы сообщить ему температуру в городе в день его прилёта. Используя приведённые формулы, определите, какую температуру по шкале Фаренгейта надо сообщить туристу из США, если по прогнозу погоды в городе ожидается 10<sup>0</sup>C.

Ответ: А) 37<sup>0</sup>C или 37,8<sup>0</sup>C или 38<sup>0</sup>C;

Учащийся из России изучает английский язык в одной из частных школ Нью-Йорка, проживая в американской семье. В один из учебных дней он почувствовал себя плохо. Врач осмотрел его

и сообщил, что он не может пойти в школу, так как температура его тела составляет 100 °F. Чтобы понять, почему учащемуся следует остаться дома, определите температуру его тела в градусах Цельсия и оцените её в соответствии с информацией в таблице ниже.

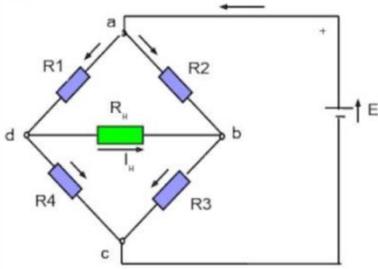
<i>Температура тела, °C</i>	<i>Оценка температуры</i>
От 35 до 36,4	пониженная
От 36,5 до 37	нормальная
От 37,1 до 39	повышенная
Выше 39	высокая

### Устный опрос № 12

#### **Вопросы для устного опроса № 12**

#### **Тема: « Приборы, работающие с термометрами сопротивления»**

- 1. На чем основано измерение температуры термометрами сопротивления** (основано на свойстве проводников и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры)
- 2. Какие требования предъявляются к металлам, из которых изготавливаются электрические термометры сопротивления** (стабильность градуировочной характеристики, а также ее воспроизводимость, обеспечивающая взаимозаменяемость термометров. Желательно, чтобы зависимость  $R_t = f(t)$  была линейной, температурный коэффициент электрического сопротивления и удельное сопротивление были достаточно большими, стоимость материала невысокая. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют платина, медь, никель и железо)
- 3. Назовите марку платиновых и медных термометров и температуру, на которую они рассчитаны** (промышленностью серийно выпускаются взаимозаменяемые платиновые термометры сопротивления (ТСП) и медные термометры сопротивления (ТСМ). Платиновые термометры сопротивления используются для измерения температуры от  $-200$  до  $+650$  °C, медные от  $-50$  до  $+150$  °C )
- 4. Что из себя представляют термометры сопротивления** (Для изготовления термометров сопротивления используется тонкая платиновая или медная проволока, наматываемая бифилярно на каркас из керамики, слюды, кварца, стекла или пластмассы. Каркас для защиты от повреждений помещают в тонкостенную алюминиевую гильзу, а затем в защитную гильзу из стали или латуни.)
- 5. В качестве вторичных приборов, работающих в комплекте с первичными преобразователями – электрическими термометрами сопротивления используются.....**  
(уравновешенные мосты)  
Это сложная электрическая цепь, в которой четыре резистора, называемых плечами, образуют замкнутый 4х угольник, в одну диагональ которого включается нагрузка, а в другую – источник постоянного тока. R1, R2, R3, R4 это плечи моста, ас – диагональ источника питания, db- диагональ нагрузки.



**6. Что из себя представляет уравновешенный мост** (это мост, выходное напряжение которого равно нулю. Такое состояние имеет место в том случае, когда выходное напряжение одного делителя напряжения равно выходному напряжению другого делителя напряжения, относительно массы. Если ввести в мостовую схему один или больше резистивных элементов с варьируемым сопротивлением, можно легко привести мост к такому уравновешенному состоянию)

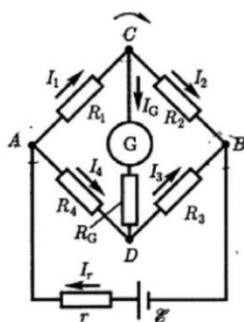
**7. Принцип работы по схеме**

	<p>Сопротивления <math>R_1, R_3</math> постоянные.  <math>R_2</math>—сопротивление реохорда (переменное);  <math>R_t</math>— термопреобразователь сопротивления;          НП— нуль-прибор.</p>
--	--

В измерительной схеме ток от источника  $U_{пит.}$  протекает по двум ветвям:  $acbiadb$ . Меняя значение  $R_2$  можно добиться такого состояния, при котором разность потенциалов в точках  $cid$ , а следовательно и ток в диагонали моста  $cid$ , равны нулю. Это состояние называется равновесием моста.

Мост считается уравновешенным, когда произведение сопротивлений противоположных плеч моста равны, т.е.  $R_1R_t=R_2R_3$ . При этом, каждому значению  $R_t$  будет соответствовать определенное значение  $R_2$ .

**8. Напишите систему уравнений Кирхгофа для уравновешенного моста**



Для узла А:  $I_r - I_1 - I_4 = 0$

Для узла В:  $I_2 + I_3 - I_r = 0$

Для узла С:  $I_1 - I_2 - I_G = 0$

Для узла D:  $I_4 - I_3 + I_G = 0$

Для контура ACBA:  $I_r r - I_1 R_2 + I_2 R_2 = \mathcal{E}_{ЭДС}$

Для контура ACD:  $I_1 R_1 + I_G R_G - I_4 R_4 = 0$

Для контура CBD:  $I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_G R_G = 0$

## Устный опрос № 13

### Вопросы для устного опроса № 13

#### Тема: «Измерение температуры веществ по тепловому излучению»

#### *Пирометр: как «видеть» тепло без прикосновений*

Представьте себе, что вы можете узнать температуру чего угодно: раскаленного металла в мастерской, сковороды на кухне или даже выхлопной трубы машины, и всё это без риска обжечься. Вот тут-то на помощь и приходит пирометр. Это устройство, что похоже на пистолет из научной фантастики, на самом деле ваш личный термометр для измерений на расстоянии.

1. Измерение температуры тел по их тепловому излучению называют.... (пирометрией), а средства измерений .....(пирометрами излучения)
2. Что такое абсолютно черное тело (тело, поглощающее все падающее на него излучение)
3. Описать принцип действия оптического пирометра (основан на сравнении спектральной яркости тела со спектральной яркостью градуированного источника излучения. В качестве чувствительного элемента, определяющего совпадение спектральных яркостей, служит глаз человека)
4. Приведите в соответствие

	<b>Радиационный пирометр</b>
	<b>Оптический пирометр</b>
	<b>Термоэлектрический пирометр</b>
	<b>Стационарный пирометр</b> Стационарные пирометры обычно используются в производственных помещениях или специализированных лабораториях. Их устанавливают рядом со станками, технологическими установками или встраивают в оборудование поточных линий.
	<b>Пирометры с круглыми прицелами</b> Оборудование с круглым прицелом предназначено для диагностирования достаточно большой площади исследуемого объекта. Функция определения максимальной, средней или минимальной температуры в пределах пятна наведения способствует ускорению поиска проблемных участков. Радиус действия таких приборов редко превышает 7 метров.

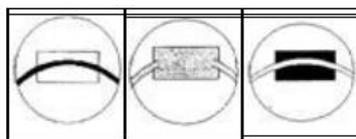
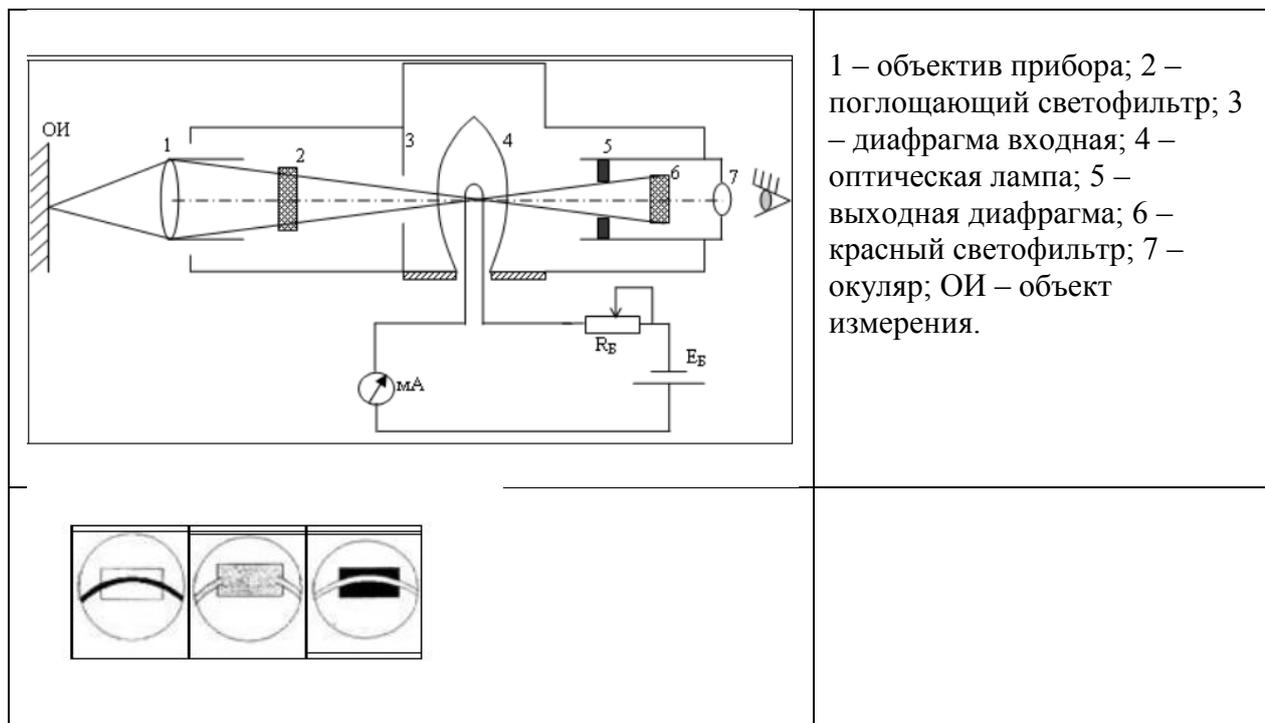


### Пирометры с точечными прицелами

Точечные прицелы оснащаются одним или парой лазеров. Два луча дают возможность определить еще и расстояние до объекта. Они позволяют выполнять измерения на дистанции 20-30 метров с точностью в несколько миллиметров.

## ПИРОМЕТР ОПТИЧЕСКИЙ (карточка 1)

Составить 10 вопросов к теме



Для измерения температуры объектив прибора 1 направляется на ОИ так, чтобы на его фоне видна была в окуляре 7 нить оптической лампы 4.

Сравнение спектральных яркостей ОИ и нити лампы 4 осуществляется при длине волны, равной 0,65 мкм, для чего перед окуляром установлен красный светофильтр 6. Диафрагмы 3 и 5 ограничивают входной и выходной углы пирометра, оптимальное значение которых позволяет обеспечить независимость показаний прибора от изменения расстояния между ОИ и объективом.

С помощью реостата  $R_B$  изменяют силу тока, идущего от батареи к нити лампы, до тех пор, пока яркость нити не станет равной видимой яркости объекта измерения ( $T_{я}^O = T_{я}^H$ ). При достижении указанного равенства нить «исчезает» на фоне изображения объекта измерения. В этот момент по миллиамперметру, отградуированному в значениях яркостной температуры нити лампы  $T_{я}^H$ , определяют яркостную температуру объекта  $T_{я}^O$ . Затем по  $T_{я}^O$  и определяют действительную (истинную) температуру объекта  $T$ .

Нить оптической лампы выполнена из вольфрама, поэтому для избежания ее возгонки при температуре выше  $1400^\circ\text{C}$ , для измерения более высоких температур перед лампой включается ослабляющий или поглощающий светофильтр 2. Благодаря этому светофильтру уменьшается видимая яркость ОИ в кратное число раз, что позволяет не перекаливать нить и сохранять стабильность градуировки пирометра.

В оптических пирометрах обычно имеется две шкалы, одной пользуются при невведенном поглощающем светофильтре (800—1200°С), а второй - при введенном поглощающем светофильтре (1200—2000°С).

Существующие оптические пирометры имеют интервал измерения 800—6000°С, классы точности - 1,5 до 4,0.

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПИРОМЕТР (карточка 2)

### Составить 10 вопросов к теме

Фотоэлектрические пирометры (ФП) являются автоматическими. Чувствительными элементами, воспринимающими лучистую энергию, служат фотоэлементы, фотоумножители, фотосопротивления и фотодиоды.

По принципу действия ФП бывают двух типов:

- а) лучистая энергия, воспринимаемая прибором, попадая на чувствительный элемент, изменяет его параметры (фототок, сопротивление);
- б) измерение лучистой энергии осуществляется компенсационным методом, здесь чувствительный элемент работает в режиме нуль-индикатора, сравнивая интенсивности излучения от измеряемого тела и от стабильного источника излучения – миниатюрной лампочки накаливания.

ФП второго типа более сложны, но и более точны, т.к. их показания не зависят от характеристик чувствительного элемента и электронной схемы.

Схема ФП второго типа, работающего по компенсационному методу, представлена на рисунке 1

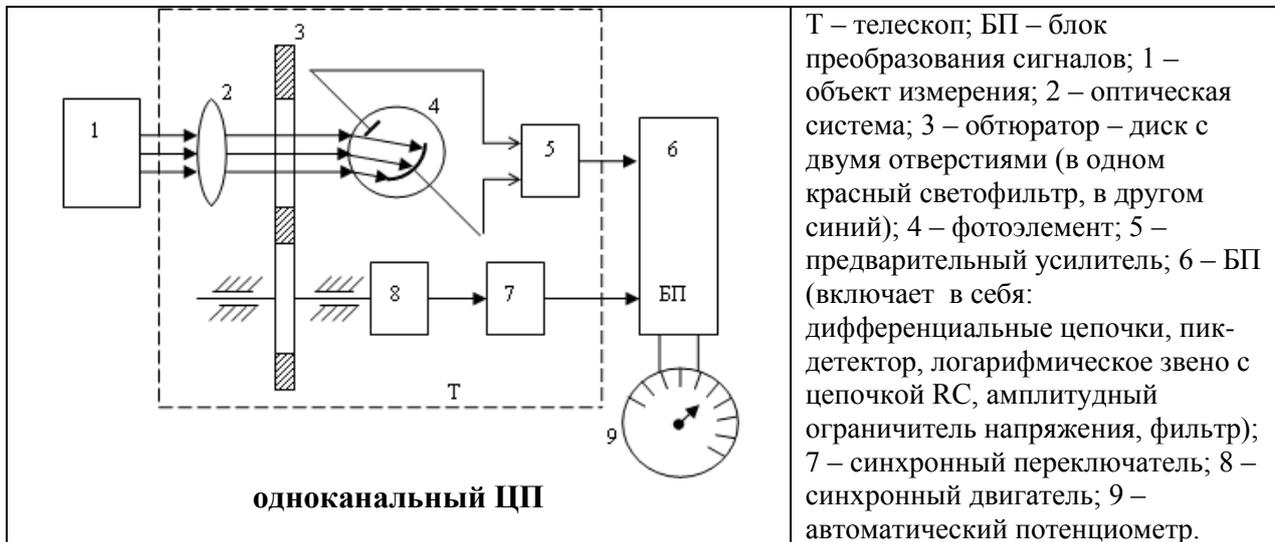


Световые потоки от ОИ и от 1 попадают на фотоэлемент 7 в противофазе. Это осуществляется тем, что перед отверстиями диафрагмы 5 установлена вибрирующая заслонка 4, поочередно перекрывающая эти отверстия. Каждый из световых потоков, попадая на фотоэлемент, создает противоположный по фазе синусоидальный ток. При одинаковых спектральных яркостях от ОИ и от источника 1, воздействующих в противофазе, на фотоэлементе генерируется постоянный ток. Если спектральные яркости не равны друг другу (например, при изменении температуры ОИ), то в цепи фотоэлемента появляется переменная составляющая фототока, которая усиливается усилителем 8 и поступает на фазочувствительный каскад силового блока 9.

В результате изменяется ток накала лампы 1 до тех пор, пока на фотоэлементе не уравниваются световые потоки от ОИ и от 1. Ток лампы, однозначно связанный с ее

спектральной яркостью, может служить мерой яркостной температуры объекта. Потому, измеряя автоматическим потенциометром падение напряжения на резисторе 10, шкалу потенциометра градуируют в значениях яркостной температуры. ФП имеют основную погрешность  $\pm 1\%$  ( $800\text{—}2000^\circ\text{C}$ ) и  $\pm 1,5\%$  ( $>2000^\circ\text{C}$ ).

### ПИРОМЕТР СПЕКТРАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ (ЦВЕТОВОЙ ПИРОМЕТР) (карточка 3)



Эти пирометры предназначены для измерения цветовой температуры путем измерения отношения спектральных энергетических яркостей, соответствующих двум длинам волн.

Существуют двухканальные и одноканальные цветные пирометры (ЦП). В *двухканальных ЦП* измерительные сигналы, соответствующие каждой длине волны излучения, передаются одновременно по двум независимым каналам, из соотношения величин данных сигналов определяется мгновенная цветная температура  $T_c$  объекта. Двухканальные ЦП используются в основном в лабораторных условиях, когда требуется определить  $T_c$  с большой скоростью.

В *ЦП с одноканальной схемой* измерения два различных монохроматических потока с помощью оптического коммутатора поочередно подаются на один фотоэлектрический приемник. Одноканальные ЦП обладают большой стабильностью, поэтому имеют широкое применение.

При вращении обтюратора синхронным двигателем на фотоэлемент попеременно попадает излучение красной и синей спектральной яркостей, в результате чего в фотоэлементе формируются импульсы фототока, пропорциональные соответствующим спектральным яркостям.

Импульсы фототока усиливаются в предварительном усилителе, в виде импульсов напряжения трапецеидальной формы поступают в БП.

ЦП имеет диапазон  $1400\text{—}2800^\circ\text{C}$ , класс точности 1,0.

**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ № 7**

**Вариант 1**

**Выберите правильный ответ:**

**1. Излучение каких тел является тепловым?**

а. лампа дневного свет; б. лампа накаливания; в. инфракрасный лазер; г. экран телевизора

**2. Для каких тел характерны полосатые спектры испускания?**

а. для нагретых твердых тел; б. для нагретых жидкостей; в. для разреженных молекулярных газов; г. для нагретых атомарных газов; д. для любых перечисленных выше тел

**3. Для каких тел характерны линейчатые спектры испускания?**

а. для нагретых твердых тел; б. для нагретых жидкостей;  
в. для разреженных молекулярных газов; г. для нагретых атомарных газов; д. для холодных атомарных газов; е. для любых перечисленных выше тел

**4. Для каждого вида спектра выберите соответствующие характеристики**

А) Сплошной спектр Б) Полосатый спектр

1. Спектры получают, пропуская свет от источника, дающего сплошной спектр, через вещество, атомы которого находятся в невозбужденном состоянии

2. Состоит из отдельных линий разного или одного цвета, имеющих разные расположения

3. Излучают нагретые твердые и жидкие вещества, газы, нагретые под большим давлением.

4. Дают вещества, находящиеся в молекулярном состоянии

5. Испускается газами, парами малой плотности в атомарном состоянии

6. Состоит из большого числа тесно расположенных линий

7. Одинаковы для разных веществ, поэтому их нельзя использовать для определения состава вещества

8. Это совокупность частот, поглощаемых данным веществом. Вещество поглощает те линии спектра, которые и испускает, являясь источником света

9. Это спектры, содержащие все длины волны определенного диапазона.

10. Позволяет по спектральным линиям судить о химическом составе источника света

**Вариант 2**

**Выберите правильный ответ:**

**1. Излучение каких тела является холодным?**

а. лампа дневного света; б. экран телевизора; в. солнечный свет; г. лампа накаливания

**2. Для каких тел характерны непрерывные (сплошные) спектры испускания?**

а. для нагретых твердых тел; б. для нагретых жидкостей;  
в. для нагретых атомарных газов; г. для разреженных молекулярных газов; д. для любых перечисленных выше тел;

**3. Для каких тел характерны линейчатые спектры испускания?**

А. для нагретых твердых тел; б. для нагретых жидкостей;

в. для разреженных молекулярных газов; г. для нагретых атомарных газов; д. для холодных атомарных газов; е. для любых перечисленных выше тел;

**4. Для каждого вида спектра выберите соответствующие характеристики**

А) Линейчатый спектр Б) Спектры поглощения

1. Спектры получают, пропуская свет от источника, дающего сплошной спектр, через вещество, атомы которого находятся в невозбужденном состоянии
2. Состоит из отдельных линий разного или одного цвета, имеющих разные расположения
3. Излучают нагретые твердые и жидкие вещества, газы, нагретые под большим давлением.
4. Дают вещества, находящиеся в молекулярном состоянии
5. Испускается газами, парами малой плотности в атомарном состоянии
6. Состоит из большого числа тесно расположенных линий
7. Одинаковы для разных веществ, поэтому их нельзя использовать для определения состава вещества
8. Это совокупность частот, поглощаемых данным веществом. Вещество поглощает те линии спектра, которые и испускает, являясь источником света
9. Это спектры, содержащие все длины волны определенного диапазона.
10. Позволяет по спектральным линиям судить о химическом составе источника света

#### Ключ ответов

Вопрос	Варианты ответов
Вариант 1	
1	б, в
2	в
3	г
4	А-3,7,9. Б-4.6
Вариант 2	
1	а,б
2	а,б, в
3	д
4	А-2, 5, 10, Б-1.8

#### Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений

#### ТЕСТ № 8 К ТЕМЕ «ПИРОМЕТРЫ»

**1. Термометры, принцип действия которых основан на измерении теплового излучения, называют:**

- а) термоэлектрическими термометрами; б) пирометрами; в) термисторами;  
г) термометрами сопротивления.

**2. Принцип действия оптических пирометров основан на:**

- а) на использовании зависимости плотности потока монохроматического излучения от температуры;  
б) на использовании отношения интенсивностей излучения в двух определенных участках спектра;  
в) на использовании зависимости электродвижущей силы в проводнике от температуры;  
г) на использовании теплового излучения нагретых тел.

**3. Пирометры позволяют контролировать температуру в диапазоне:**

- а) 0 – 200° С; б) 0 – 6000° С; в) 100 – 1000° С; г) 100 – 6000° С.

**4. Принцип действия оптического пирометра с «исчезающей нитью» основан на:**

- а) использовании теплового излучения нагретых тел;
- б) на сравнении яркостей объекта измерения и градуированного источника излучения в определенной длине волны;
- в) на сравнении т. э. д. с. двух разнородных материалов;
- г) на использовании отношения интенсивностей излучения в двух определенных участках спектра.

**5. Переносной визуальный пирометр частичного излучения типа ОПШИР-017 предназначен для измерения температуры в пределах:**

- а) 0 - 200° С; б) 800 - 1000° С; в) 0 - 6000° С; г) 800 - 2000° С.

**6. Предел измерения фотоэлектрических пирометров:**

- а) 450 - 2500° С; б) 0 - 2500° С; в) 450 - 6000° С; г) 0 - 2500° С.

**7. Для сохранения стабильной градуировки оптических пирометров при высоких температурах применяют:**

- а) милливольтметры; б) вольфрамовую нить лампы накаливания; в) затемненное стекло;
- г) собирающую линзу.

**8. Принцип действия радиационных пирометров основан на:**

- а) использовании светового излучения нагретых тел;
- б) использовании теплового излучения нагретых тел;
- в) использовании инфра-красного излучения нагретых тел;
- г) использовании зависимости излучения от давления.

**9. В качестве измерительного прибора, присоединяемого к термобатарее радиационного пирометра используют:**

- а) пирометрический милливольтметр; б) нуль-прибор; в) миллиамперметр;
- г) гальванометр.

**10. Шкала измерительного прибора, присоединяемого к пирометрам суммарного излучения, градуируется в:**

- а) мВ; б) мА; в) ° С; г) К.

**11. Термобатарея пирометров суммарного излучения обычно состоит из:**

- а) 2 – 8 соединенных последовательно термопар;
- б) 6 – 10 соединенных параллельно термопар;
- в) 4 – 12 соединенных последовательно термопар;
- г) 6 – 10 соединенных последовательно термопар.

**12. В пирометрах суммарного излучения обычно используют термопары градуировки:**

- а) ХА; б) ПП; в) ХК; г) ПР.

**13. Предел измерения радиационных термометров:**

- а) 0 – 3500° С; б) 200 - 6000° С; в) 100 - 3500° С; г) 100 - 6000° С.

**14. Пирометр суммарного излучения типа РАПИР предназначен для измерения температуры в пределах:**

- а) 400 - 2500° С; б) 400 - 3500° С; в) 450 - 2500° С; г) 400 - 6000° С.

**15. В пирометрах суммарного излучения типа РАПИР эквивалентные резисторы предназначены для:**

- а) уменьшения погрешности измерения;  
б) уменьшения влияния внешнего сопротивления;  
в) обеспечения постоянной нагрузки телескопа;  
г) обеспечения большей точности измерения телескопом.

**16. Оптическая система ПЧИ типа ОППИР-017 позволяет производить измерения температуры на расстоянии:**

- а) 0,7—5 м от излучателя; б) 0,8—10 м от излучателя; в) 5—10 м от излучателя;  
г) 0,7—10 м от излучателя.

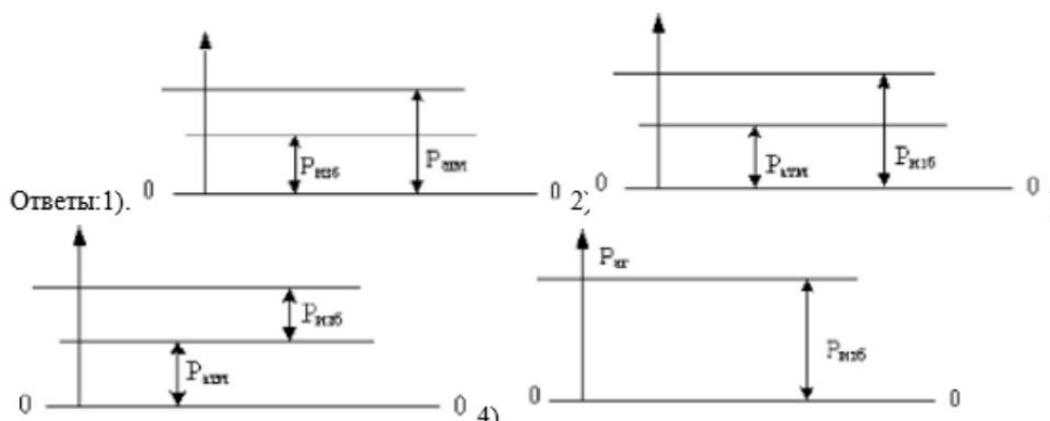
**17. Принцип действия каких пирометров основан на использовании зависимости интенсивности излучения от температуры в узком интервале длин волн спектра?**

- а) пирометров суммарного излучения; б) фотоэлектрических пирометров;  
в) пирометров спектрального отношения; г) пирометров типа РАПИР.

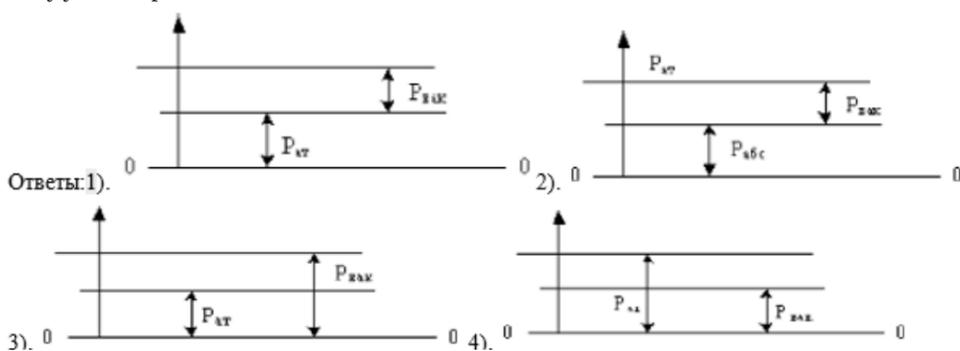
**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ № 9 К ТЕМЕ «ДАВЛЕНИЕ»**

**1. На каком из рисунков правильно показано избыточное давление? (3)**



**2. На каком из рисунков правильно показано вакуумметрическое давление?**



3. Что такое абсолютное давление?

- а). давление, отсчитываемое от нуля; б). превышение давления над атмосферным;  
 в). недостаток давления до атмосферного г). давление, отсчитываемое от атмосферного.

4. Укажите единицу измерения давления

- а). Па·с; б). кг·м/с<sup>2</sup> ; в). Н·м ; г). Па

5. Какое давление показывает манометр?

- а). абсолютное; б). атмосферное; в). избыточное; г). разность давлений в двух точках

6. Какое давление показывает вакуумметр?

- а). атмосферное; б). избыточное; в). вакуумметрическое; г). абсолютное

7. Какой из указанных приборов для измерения давления является наиболее точным? а).

- барометр; б). пьезометр; в). дифференциальный манометр; г). образцовый манометр

8. В чем измеряется давление по показанию пьезометра?

- а). Н/м<sup>2</sup>; б). кгс/см<sup>2</sup> ; в). Па; г). м вод. Ст

9. В чем измеряется давление по показаниям ртутного дифференциального манометра? а).

- Па; б) мм рт. ст; в). Н/м<sup>2</sup>; г). кгс/см<sup>2</sup>

Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений

### ТЕСТ № 10 К ТЕМЕ «МАНОМЕТРЫ»

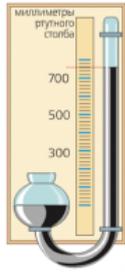
1. Манометр – это прибор для ...

- а). измерения сил, с которыми атмосфера действует на тела.  
 б). измерения атмосферного давления.  
 в). измерения давлений жидкостей и газов, больших или меньших атмосферного давления.  
 г). измерения давления.

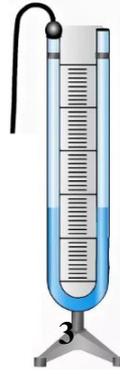
2. Какой из изображённых здесь приборов – манометр жидкостный, а какой металлический?



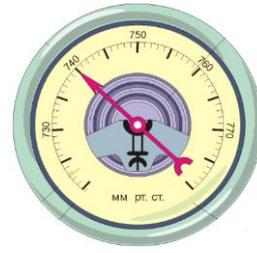
1



2.



3



4

- а). 2 – жидкостный манометр, 1 – металлический манометр.  
 б). 3 – жидкостный манометр, 4 – металлический манометр.  
 в). 2 – жидкостный манометр, 4 – металлический манометр.  
 г). 3 – жидкостный манометр, 1 – металлический манометр

**3. Действие жидкостного манометра основано на ....**

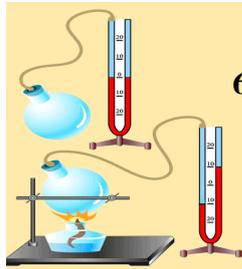
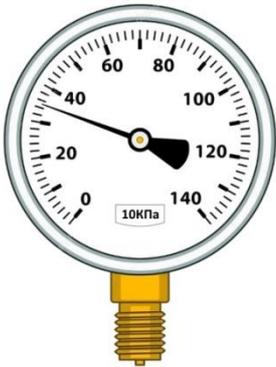
- а). законе Паскаля; б). законе Гука; в). законе всемирного тяготения; г). законе Архимеда.

**4. Чем больше давление газа в трубке металлического манометра, тем она ....**

- а). больше сжимается; б). больше распрямляется; в). больше расширяется.  
 г). меньше распрямляется.

**5. Определите давление газа по изображённой шкале металлического манометра.**

**Ответ запишите в виде числа (без единицы измерения), выраженного в КПа.**



**6. Больше или меньше атмосферного давления показывает давление воздуха в колбе манометра после её подогрева? На сколько**

- а). больше на 10 мм рт.ст. б). больше на 20 мм рт.ст.  
 в). меньше на 10 мм рт.ст. г). меньше на 20 мм рт.ст.

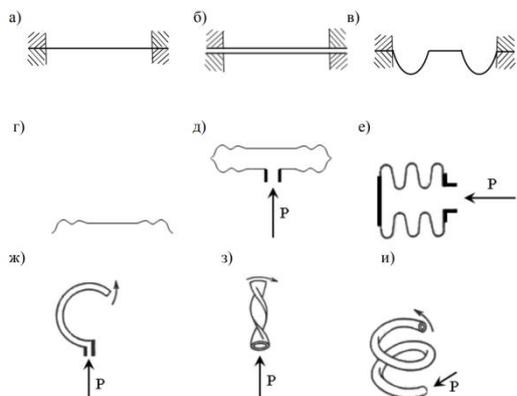
**Ключ к ответам**

1. в  
 2. г  
 3. а  
 4. б  
 5. 350 КПа  
 6. б

**Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме 1.2 Средства измерений**

**ТЕСТ «МАНОМЕТРЫ»**

1. Дайте название упругим элементам, воспринимающим измеряемое давление



<p>а) – мембрана;          б) – тонкая пластина;          в) – глубоко гофрированная диафрагма;          г) – мембранная коробка;          е) – сильфон;          ж) – С-образная трубка;          з) – винтовая трубка Бурдона;          и) – спиральная трубка.</p>	<p>мембрана          тонкая пластина          глубоко гофрированная диафрагма          мембранная коробка          сильфон          С-образная трубка          винтовая трубка Бурдона          спиральная трубка</p>
	<p>1-трубка Бурдона, 2-тяга передаточного механизма, 3-зубчатый сектор, 4-стрелка, 5-штуцер</p>

**Устный опрос № 14**

**Вопросы для устного опроса № 14**

**Тема: «Приборы и устройства для измерения давления»**

1. Это полая трубка, изогнутая под углом в 90°, которая используется в качестве устройства создающего перепад давления. В трубопровод устанавливается таким образом, чтобы открытый конец ее был направлен навстречу потоку (**трубка Пито**)

2. Имеется герметичный резервуар, в котором находится некоторое количество жидкости под давлением P1. Со временем объем жидкости уменьшился, а давление упало до значения P2. Как называется разность P1 - P2 (**дифференциальное давление**)
3. Как называется манометр который измеряет разницу в давлении между двумя точками (**дифференциальный манометр**)
4. Действие каких манометров основано на зависимости между давлением и упругой деформацией полой пружины (**пружинные или деформационные манометры**)
5. У большинства манометров сенсором служит... (**трубка Бурдона**)
6. Из перечисленных видов приборов для измерения давления исключите несуществующий вид
  - а) приборы давления с упругими чувствительными элементами;
  - б) жидкостные приборы давления;
  - в) дифференциальные манометры.
  - г) оптические приборы давления;
  - д) приборы давления электрические.
7. Какие устройства используются для защиты манометров от действия высоких температур и агрессивных сред? (**перед манометрами устанавливают: сильфонные трубки, они бывают либо U образные, либо в виде кольцевой петли**)
8. В каких случаях применение манометра допускается? (**если стрелка манометра при его отключении к нулевой отметке шкалы на величину, превышающую половину допустимой погрешности для данного манометра**)
9. Что означает "S" на позиции приборов? (**защита**)

### **Устный опрос № 15**

#### **Вопросы для устного опроса № 15**

#### **Тема: «Преобразователь давления «Метран»**

1. Для каких целей предназначен датчик давления «Метран» (предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин – давления избыточного, абсолютного, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал)
2. Коды исполнения датчика (А – абсолютное давление; G – избыточное давление; D – разность давлений)
3. Устройство датчика (Датчик состоит из измерительного преобразователя и электронного преобразователя.)
4. Чувствительным элементом тензопреобразователя является.... (пластина из монокристаллического сапфира с кремниевыми плёночными тензорезисторами, прочно соединённая с металлической мембраной тензопреобразователя)
5. Измерительный блок преобразователя состоит из.....( корпуса, в верхней части которого закреплён тензопреобразователь. К нижней части корпуса приварена разделительная мембрана. Внутренняя часть корпуса между мембраной и тензопреобразователем заполнена жидкостью.)

- 6. Принцип работы** (измеряемое давление воздействует на разделительную мембрану и вызывает её прогиб. Давление через жидкость передаётся на измерительную мембрану тензопреобразователя и вызывает её деформацию)
- 7. Достоинство** (можно устанавливать непосредственно на трубопроводах и другом оборудовании находящемся под давлением и передавать на расстояние, после преобразования измеряемого параметра в электрический сигнал)
- 8. Недостатки** (происходит смещение нуля прибора при больших колебаниях температуры)
- 9. Критическим отказом, возникающим в процессе эксплуатации датчиков, является** (нарушение внешней герметичности датчика)
- 10. Нарушение внешней герметичности возможно в результате** (повреждения уплотнительных прокладок; коррозии мембраны)
- 11. Возможные ошибочные действия персонала, приводящие к инциденту или аварии** (неправильная установка соответствующих уплотнительных прокладок монтажных фланцев, неправильный выбор уплотнительных прокладок; неправильная установка или эксплуатация клапанных блоков; подача на датчик рабочего давления, значительно превышающего предельно допустимого; выбранные материалы датчика не являются коррозионностойкими к технологической среде)

#### Карточка 4 (тензодатчик «Метран»)

Датчик состоит из корпуса 1, мембранного тензопреобразователя (ТП) 2 и электронного преобразователя 3.

Измеряемое давление подводится в рабочую полость и воздействует непосредственно на измерительную мембрану тензопреобразователя 2, вызывая её прогиб.

Измерительная мембрана тензопреобразователя состоит из металлической мембраны, на внешней поверхности которой жёстко закреплён чувствительный элемент, представляющий собой монокристаллическую сапфировую пластину с кремниевыми плёночными тензорезисторами (структура КНС).

Тензорезисторы соединены в мостовую схему.

Деформация измерительной мембраны вызывает изменение сопротивления тензорезистора и разбаланс мостовой схемы. Электрический сигнал, образующийся при разбалансе мостовой схемы, подаётся в электронный преобразователь 3.

Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал от тензопреобразователя в стандартный токовый выходной сигнал.

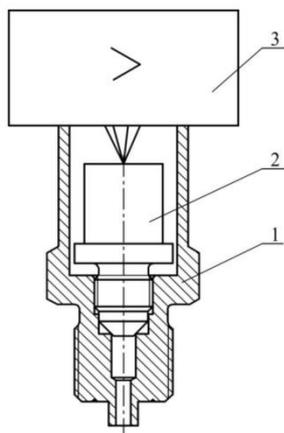
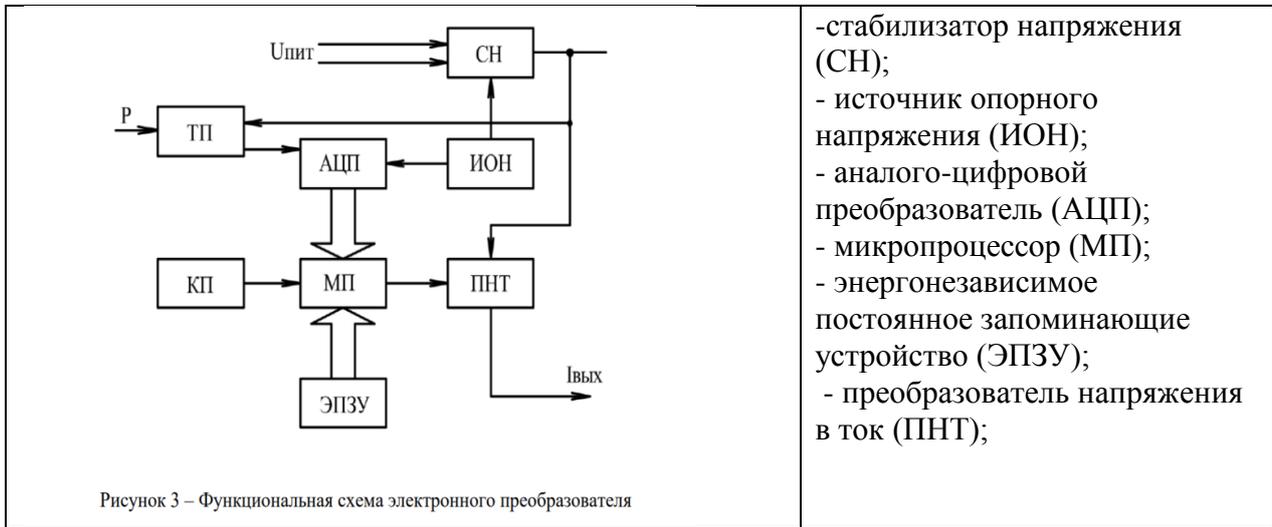


Рисунок 1 – Схема датчика метран-55



- стабилизатор напряжения (СН);
- источник опорного напряжения (ИОН);
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- микропроцессор (МП);
- энергонезависимое постоянное запоминающее устройство (ЭПЗУ);
- преобразователь напряжения в ток (ПНТ);

Неисправность	Причина	Способ устранения
1 Выходной сигнал отсутствует	Обрыв в линии нагрузки или в линии связи с источником питания	Найти и устранить обрыв
	Нарушение полярности подключения источника питания	Устранить неправильное подключение источника питания
2 Выходной сигнал нестабилен, погрешность датчика превышает допустимую	Нарушена герметичность в линии подвода давления	Найти и устранить негерметичность
	Нарушена герметичность сальникового уплотнения вентиля датчика	Подтянуть сальник вентиля или заменить новым
	Нарушена герметичность уплотнения монтажного ниппеля датчика	Заменить уплотнительное кольцо или прокладку на новую, взятую из комплекта монтажных частей

### Устный опрос № 16

#### **Вопросы для устного опроса № 16**

#### **Тема: «Расходомеры»**

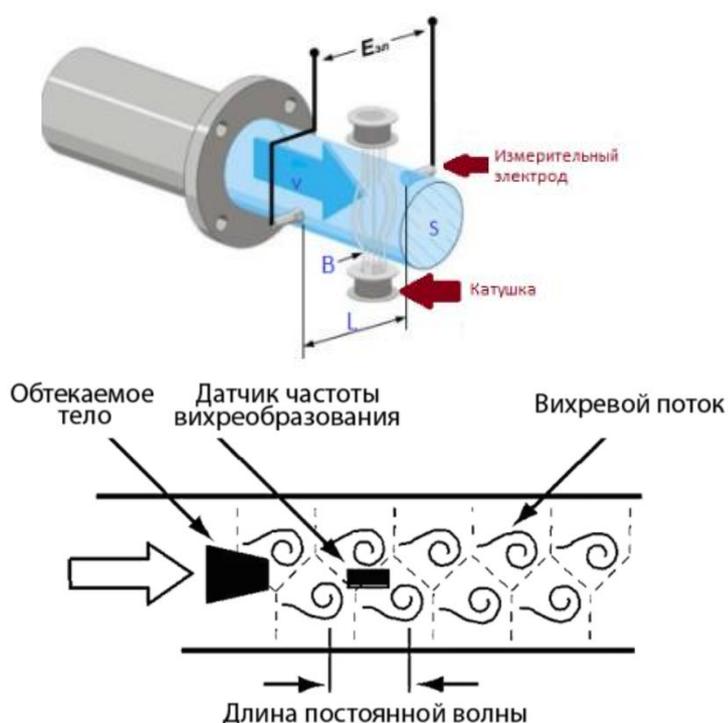
- 1. Дать определение «Расходомера»** ( это устройства, спроектированные для измерения расхода жидкости, газа или пара через трубопровод или другой канал, они обнаруживают поток среды, проходящей через них, различными способами в зависимости от типа прибора)
- 2. Принцип работы электромагнитных расходомеров** (при протекании по трубопроводу электропроводящей жидкости в ней под действием внешнего магнитного поля индуцируется эдс, значение которой позволяет оценивать расход протекающей по трубопроводу среды.)
- 3. Где используется электромагнитный расходомер** (предназначен для учета расхода: коррозионно-активных кислот, щелочей и смесей; сточных и канализационных вод; неньютоновских жидкостей; загрязненных жидкостей на металлургических предприятиях)
- 4. Преимущества** (стабильная работа, поскольку у них нет движущихся деталей; возможность применения на трубопроводах большого диаметра; низкий коэффициент сопротивления потоку, что снижает потери давления на измерительном участке; возможность эксплуатации в широком динамическом диапазоне (1:100) и выше; работа при минимальных длинах требуемых измерительных участков)

**5. Устройство электромагнитных расходомеров** (Внутри расходомера находятся 2 катушки, создающие электромагнитное поле, которое пронизывает поток измеряемой среды. 2 электрода, воспринимающие напряжение, расположены напротив друг друга. Стенки прибора сделаны из материала, который не способен проводить ток. После того как измеряемая среда начинает перемещение, положительно и отрицательно заряженные частицы под воздействием магнитного поля начинают отклоняться в противоположные стороны. Из-за этого на электродах возникает разность потенциалов, которая пропорциональна скорости движения веществ в потоке.)

**6. Принцип работы вихревого расходомера** (Принцип действия вихревых расходомеров основывается на явлении вихревого следа, известного как эффект Кáрмана . Когда жидкость обтекает плохообтекаемое цилиндрическое тело, поток разделяется и образует завихрения, которые, срываясь, уносятся потоком. Возникновение вихрей происходит попеременно позади вдоль каждой стороны тела обтекания. Эти вихри являются причиной возникновения зон флуктуации (пульсации) давления, которые улавливаются чувствительным элементом. Частота генерации вихрей, а следовательно и пульсаций давления, прямо пропорциональна скорости жидкости. В таких вихрях образуются зоны повышенного и пониженного давления. Эта разница улавливается чувствительным элементом и отражается в виде выходного электронного сигнала)

**7. Преимущества вихревого расходомера** (универсальность – способность работать практически со всеми жидкостями и газами; достаточная точность и широта динамического диапазона измерений; низкая чувствительность к загрязненности и агрессивности рабочей среды благодаря отсутствию перемещающихся элементов; устойчивость к перепадам давления и температуры, гидравлическим и термическим ударам)

**8. Недостатки вихревого расходомера** (У него плохие антивибрационные характеристики. Внешняя вибрация может вызвать ошибки измерения вихревого расходомера и даже не работать должным образом. Ударная волна жидкости с высокой скоростью потока вызывает колебания в вихревом теле, что снижает точность измерения. Невозможно измерить грязный и вязкий носитель)



**9. Кориолисовый расходомер, принцип работы** (внутри расходомера расположена трубка. Вибратор заставляет трубку постоянно вибрировать. При отсутствии потока, измерительная трубка вибрирует равномерно. Сенсоры, расположенные на входе и выходе с точностью определяют основное колебание. Как только жидкость начинает перемещаться по измерительной трубе, на имеющуюся вибрацию накладывается дополнительное колебание в результате инерции жидкости. Вследствие эффекта Кориолиса вибрация трубки на входе и выходе отличается друг от друга)

10. Кориолисовый расходомер также может быть использован для одновременного определения плотности потока жидкости. Для этого сенсоры также фиксируют частоту вибрации. Другими словами, учитывается частота движения трубки вперед и назад за 1 секунду (трубка, заполненная водой, вибрирует чаще, чем трубка, заполненная медом, например, плотность которого намного выше. Таким образом, частота вибрации является прямым измерением плотности жидкости. И плотность, и расход определяются одновременно, но независимо друг от друга при вибрации трубки)

## **Устный опрос № 17**

### **Вопросы для устного опроса № 17**

#### **Тема: «Уровнемеры»**

**1. Дать определение уровнемера** (прибор, предназначенный для непрерывного измерения в промышленном масштабе уровней жидких и сыпучих продуктов находящихся в различных емкостях, резервуарах, технологических хранилищах и аппаратах)

#### **2. Принципы работы уровнемеров**

Емкостные (работают на основе изменения емкости конденсатора при изменении уровня жидкости. Датчик состоит из двух электродов, которые разделены изолирующим материалом и помещены в контейнер с жидкостью. Изменение уровня жидкости изменяет емкость конденсатора)

Микроволновые (используются для измерения уровня жидкости в контейнерах, которые имеют высокую температуру или давление. Они измеряют время задержки и изменение фазы отраженных микроволн, которые преломляются при прохождении через поверхность жидкости)

Гидростатические (для измерения уровня жидкости в резервуарах, трубопроводах и других системах, которые работают под давлением. Они измеряют давление жидкости на погруженный в нее датчик)

Буйковые (на поверхности жидкости плавает поплавок, связанный с датчиком, который измеряет его положение и определяет уровень жидкости)

Ультразвуковые (работают на основе измерения времени прохождения ультразвуковых волн через жидкость. Датчик излучает ультразвуковую волну, которая отражается от поверхности жидкости и возвращается к датчику)

Радиоизотопные (датчик содержит радиоактивный источник и детектор, который измеряет количество излучения, проходящего через жидкость)

**3. Основные критерии для выбора уровнемера** (вид контролируемой среды; физико – химические средства контролируемого сырья; диапазон измеряемого уровня; передача показаний; тип резервуара или емкости; условия использования; условия монтажа)

**4. Вид контролируемой среды** (жидкости либо растворы; пастообразные, вязкие, тягучие среды; сыпучие изделия и сырье; кусковые изделия)

- 5. Физико-химические свойства контролируемого сырья или продукта:** (вязкость; химическая активность; электрическая проводимость; удельный вес; диэлектрическая проницаемость; взрывоопасность; давление; влажность; температура; давление)
- 6. Тип конструкции контролируемого резервуара либо ёмкости:**(открытый; закрытый с высоким давлением; закрытый с низким давлением; горизонтальный; вертикальный; сферический; цилиндрический)
- 7. Условия использования уровнемера:**(наличие паров измеряемой среды; наличие пены; возможность изменения диэлектрической проницаемости и плотности среды; причины возмущения на поверхности; турбулентность; требования к пожарной безопасности и взрывозащите датчиков уровня)
- 8. Условия монтажа уровнемеров и преобразователей:**(через запорную арматуру; боковой либо верхний монтаж; диаметр, положение и длина монтажного патрубка; наличие потоков измеряемой среды при наливе; расположение уровнемера в выносной камере; конструкции внутри резервуара; габаритные размеры резервуара; профиль дна ёмкости)
- 9.** Со временем у расходомеров происходит снижение точности получаемых результатов, которое может негативно сказаться на эффективности его применения. Назовите наиболее частые причины (Отложения продуктов коррозии труб в проточной части расходомера, вследствие механического износа его деталей или нарушения контактов между частями электрической схемы)

### **Устный опрос № 18**

#### **Вопросы для устного опроса № 18**

#### **Тема:« Приборы для измерения и контроля вибрации»**

**1. Чем опасна вибрация в промышленности** (Вибрация становится причиной излишнего шума, увеличенного износа элементов и их разрушения)

**2. Виды приборов для измерения вибрации и их назначение:**

**Пьезоэлектрические** (при вибрации колебания от исследуемого предмета передаются на пьезоэлементы с дисками. На их обкладках появляется электрическое напряжение. Его величина будет прямо пропорциональна усилию. В ходе измерения сигнал идет через пьезокристалл, который способен сжиматься и разжиматься под влиянием переменных давлений. Первичное возбуждение происходит благодаря магнитному полю. В устройство входит электронный блок, необходимый для обработки сигналов.

Преимущество пьезоэлектрических виброметров — небольшая стоимость. Также эти надежные приборы могут работать при неблагоприятных климатических условиях)

**Оптические** (оптические или лазерные приборы состоят из светочувствительного датчика, необходимого для обработки светового луча, основного блока, который обрабатывает данные. Иногда аппарат представляет собой моноблок. Оптические приборы могут без контакта с объектом измерять параметры вибрации. Принцип работы основан на доплеровском сдвиге частот лазерного излучения, которое отражается от подвижного предмета. Если датчики для измерения вибрации направить на исследуемый объект в состоянии покоя, то длины исходного и отраженного луча будут равны. Если предмет вибрирует, то производится фиксация изменений лазерным датчиком. Он регистрирует колебания, передает их на вычислительную плату. Электроника вычисляет параметры вибрации)

**Вихретоковые** (это бесконтактный тип аппаратов, но измерять характеристики колебаний он сможет только тогда, когда изучаемый объект пропускает электрический ток. Определить параметры вибрации диэлектриков с помощью этого прибора нельзя.

Кроме датчиков, аппараты комплектуются катушкой, диэлектрическим элементом. Бесконтактный вихревой пробник присоединен к электронному блоку с помощью специального кабеля)

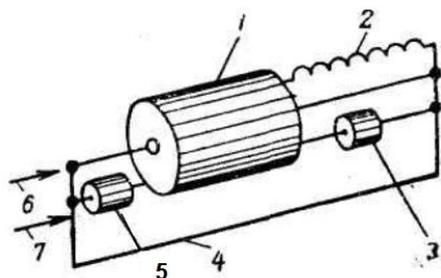
В ходе работы аппарат возбуждает колебания в катушке. Возникает электромагнитное поле, которое взаимодействует с изучаемым предметом. Электронный блок получает по кабелю нужные для расчетов данные и выдает на дисплей характеристики колебаний.

Прибор позволяют измерять вибрацию электромоторов, турбин, компрессорных установок. Но вихревой виброметр считается узкоспециализированным устройством. Также высок процент погрешности)

**Индукционные** (индукционные приборы отличаются большой массой и габаритами, если сравнивать с аналогами других типов. Другой минус – они не позволяют точно вычислить, параметры колебаний. Но эти устройства очень помехоустойчивы.

Индукционный датчик воспринимает механическую вибрацию, выполняет ее преобразование в электрический сигнал, который поступает на первичную обмотку трансформатора. Затем сигнал усиливается и подается на плату преобразователя для усиления и выпрямления. Некоторые модели индукционных виброметров не потребуют электропитания. Но они обладают малой чувствительностью, применяются на производствах и в лабораториях, где не требуется высокая точность определения параметров вибрации)

**3. Из каких основных узлов состоит вибродатчик** ( вибропреобразователь- — это блок, который преобразует механическую вибрацию в электросигнал; - электронный блок, позволяющий принимать, расшифровывать, обрабатывать электрический сигнала, выводить сведения по интерфейсу внешнему; обычно сюда входит АЦП, который позволяет обрабатывать информацию в цифровом виде)



1–сейсмический элемент; 2–пружина; 3–демпфер; 4–корпус прибора; 5–датчик; 6–входная ось вибродатчика; 7–направление передачи вибраций на корпус вибродатчика

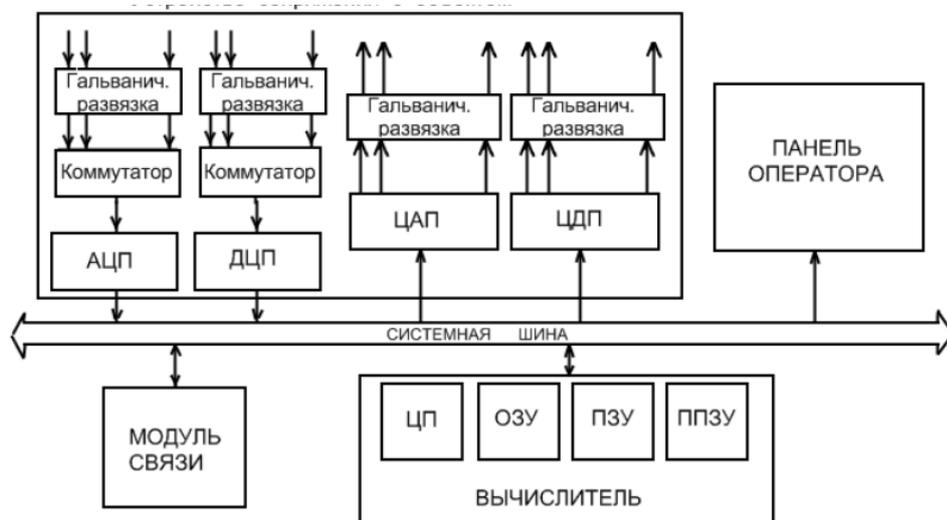
### Устный опрос № 19

#### **Вопросы для устного опроса № 19**

#### **Тема: « Программируемые контроллеры»**

1. **Определение программируемых промышленных контроллеров** (программируемые контроллеры для автоматизации промышленных предприятий? ПЛК — это микропроцессорное устройство для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления. Оно имеет конечное число входов и выходов, датчиков, ключей, исполнительных механизмов, подключенных к ним к объекту управления, и предназначено для работы в режимах реального времени.)

2. **Рассказать по схеме устройство ПЛК**



ЦП – центральный процессор;

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;

ПЗУ – постоянное ЗУ, здесь хранится все программное обеспечение контроллера;

ППЗУ – перепрограммируемое ПЗУ. Сюда заносится программа работы контроллера по управлению технологическим АЦП – аналого-цифровой преобразователь. Выполняет преобразование сигналов с датчиков аналогового (непрерывного) типа в цифровой код (термопары, терморезисторы, тензодатчики, датчики усилия, перемещения и т.д.)

ДЦП – дискретно-цифровой преобразователь. Преобразует в цифровой код сигналы с датчиков дискретного типа (концевые выключатели, реле температуры, реле давления).

АЦП и ДЦП – одноканальные, поскольку подключение сигналов датчиков к ним осуществляется последовательно во времени с помощью коммутаторов.

Коммутаторы – обеспечивают обегаящий опрос датчиков объекта.

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь. Формирует напряжения, пропорциональные вычисленным значениям режимов работы исполнительных устройств аналогового типа (напряжение, пропорциональное частоте вращения двигателя). ЦАП – многоканальный, поскольку нельзя даже на короткое время снимать управляющий сигнал с исполнительного устройства. Значит, сигнал на него нужно подавать непрерывно.

ЦДП – цифро-дискретный преобразователь. Он также многоканальный. Формирует сигналы включения (отключения) исполнительных устройств дискретного типа.

процессом. Она составляется и заносится в контроллер на конкретном предприятии.

**3. Ввод сигналов и вывод сигналов с датчиков управляющих напряжений осуществляется через гальваническую развязку**

**4. Виды гальванической развязки (релейная, оптическая, трансформаторная)**

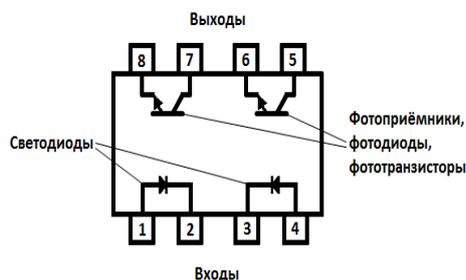
**5. Релейная развязка**



Гальваническая развязка на основе реле

Одно реле может коммутировать сразу несколько групп контактов, как замыкающих, так и размыкающих.

## 6. Оптическая развязка (оптронная)



Сигнал передается через оптическое излучение и реализуется с помощью пары светодиод – фотоприемник, в качестве которых могут использоваться фотодиоды или фототранзисторы. С помощью оптронной развязки удается развязывать входные и выходные цепи, разность потенциалов между которыми достигает 500В. Пусть, например, потенциал ПЛК близок к потенциалу корпуса земли, а исполнительное устройство находится под напряжением 380В (трехфазное напряжение питания двигателя). При прямом (без развязки) управлении таким устройством ПЛК просто сгорит.

## 7. Трансформаторная развязка

Этот вид развязки основан на передаче импульсного напряжения через трансформатор. Для этого во входной цепи сигнала устанавливают модулятор, преобразующий медленно изменяющийся сигнал в импульсный.

Импульсный сигнал поступает на трансформатор, вторичная обмотка которого оказывается гальванически отвязана от первичной. Во вторичной обмотке образуется пропорциональное входному сигналу импульсное напряжение, которое с помощью демодулятора преобразуется в исходный входной сигнал. Отсюда название модем (модулятор – демодулятор).

**8. Принцип работы ПЛК** (ПЛК успевает опросить все датчики, преобразовать с помощью АЦП и ДЦП сигналы с датчиков в цифровой код и записать их в ОЗУ. Затем ПЛК выполняет вычисления и определяет значения сигналов, которые нужно выдать на исполнительные устройства. Если это устройство логико-командного типа, то вычисляется логическая функция, если устройство аналогового типа, то решается дифференциальное уравнение в форме передаточной функции  $W(p)$ ). После этого ПЛК через ЦАП и ЦДП выдает управляющие сигналы на свои выходы)

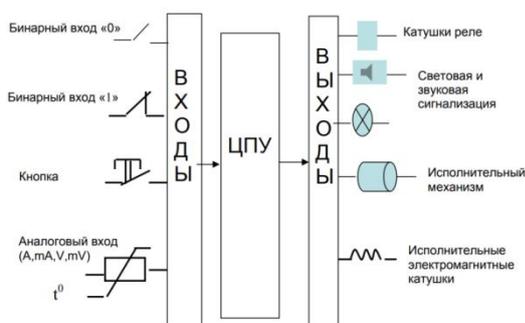


Рисунок 1 - Входы и выходы промышленного контроллера

## ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 2

**Тема:** Классификация измерительных преобразователей

**Цель работы:** Поддерживать интерес учащихся, к данной теме, структурировать информацию. Возможность демонстрации при дистанционном обучении. Оказать сильное воздействие на память и воображение, облегчить процесс запоминания.

**Норма времени на выполнение:** 1 час

**Форма представления выполненной работы:** опорный конспект

**Информационные источники:**

**Содержание работы:**

### Методические рекомендации по составлению опорного конспекта

Освойте технику быстрого чтения по специальной методике, например по книге О.А. Андреева, Л.Н. Хромова. Учитесь быстро читать (М., 1991).

**Опорный конспект** – это развернутый план Вашего предстоящего ответа на **теоретический вопрос**. Он призван помочь Вам последовательно изложить тему, а преподавателю – лучше понимать Вас и следить за логикой Вашего ответа.

Правильно составленный опорный конспект должен содержать все то, что в процессе ответа Вы намериваетесь рассказать. Это могут быть чертежи, графики, формулы (если требуется, с выводом), формулировки основных законов, определения.

#### Основные требования к содержанию опорного конспекта:

1. **Полнота** – это означает, что в нем должно быть отражено все содержание вопроса.
2. Логически обоснованная последовательность изложения.

#### Основные требования к форме записи опорного конспекта:

1. **Лаконичность.** ОК должен быть минимальным, чтобы его можно было воспроизвести за 6 – 8 минут. По объему он должен составлять примерно один полный лист.
2. **Структурность.** Весь материал должен располагаться малыми логическими блоками т.е. должен содержать несколько отдельных пунктов, обозначенных номерами или строчными пробелами.
3. **Акцентирование.** Для лучшего запоминания основного смысла ОК, главную идею ОК выделяют рамками различных цветов, различным шрифтом, различным расположением слов (по вертикали, по диагонали).
4. **Унификация.** При составлении ОК используются определённые аббревиатуры и условные знаки, часто повторяющиеся в курсе данного предмета (ВОВ, РФ, и др)
5. **Автономия.** Каждый малый блок (абзац), наряду с логической связью с остальными, должен выражать законченную мысль, должен быть аккуратно оформлен (иметь привлекательный вид).
6. **Оригинальность.** ОК должен быть оригинален по форме, структуре, графическому исполнению, благодаря чему, он лучше сохраняется в памяти. Он должен быть наглядным и понятным не только Вам, но и преподавателю.
7. **Взаимосвязь.** Текст ОК должен быть взаимосвязан с текстом учебника, что так же влияет на усвоение материала.

#### Примерный порядок составления опорного конспекта

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.

2. Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

### **Форма контроля и критерии оценки**

**Оценка «5»** -полнота использования учебного материала. Объём конспекта – 1 тетрадная страница на один раздел или один лист формата А 4. Логика изложения (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями). Наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Грамотность (терминологическая и орфографическая). Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Самостоятельность при составлении.

**Оценка «4»** -использование учебного материала не полное. Объём конспекта – 1 тетрадная страница на один раздел или один лист формата А 4. Не достаточно логично изложено (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями). Наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Грамотность (терминологическая и орфографическая). Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Самостоятельность при составлении.

**Оценка «3»** -использование учебного материала не полное. Объём конспекта – менее одной тетрадной страницы на один раздел или один лист формата А 4. Не достаточно логично изложено (наличие схем, количество смысловых связей между понятиями). Наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Грамотность (терминологическая и орфографическая). Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Самостоятельность при составлении. Не разборчивый почерк.

**Оценка «2»** -использование учебного материала не полное. Объём конспекта – менее одной тетрадной страницы на один раздел или один лист формата А 4. Отсутствуют схемы, количество смысловых связей между понятиями. Отсутствует наглядность (наличие рисунков, символов, и пр.; аккуратность выполнения, читаемость конспекта. Допущены ошибки терминологические и орфографические. Отсутствие связанных предложений, только опорные сигналы – слова, словосочетания, символы. Не самостоятельность при составлении. Не разборчивый почерк.

## **ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 3**

**Тема:** «Температурные шкалы. Статические характеристики

**Цель работы:** сформировать понятие о температурных шкалах, научиться строить статические характеристики термопреобразователей

**Норма времени на выполнение:** 1 час

**Форма представления выполненной работы:** практическая работа

**Информационные источники:**

**Содержание работы:**

Алгоритм самостоятельной работы по выполнению расчетных заданий:

1. Внимательно прочитайте учебный материал по изучаемой теме (конспект). В случае необходимости воспользуйтесь справочными материалами
2. Выпишите формулы из конспекта (справочного материала) по изучаемой теме.
3. Обратите внимание, как использовались данные формулы при выполнении заданий на учебном занятии.
4. Запишите Ваш вариант задания.
5. Проанализируйте условия задания и определите алгоритм его решения.
6. Выполните расчеты.
7. Решите предложенное задание, используя выписанные формулы.
8. Оформите решение.
9. При необходимости снабдите решение схемами, рисунками.
10. Проанализируйте полученный результат (проверьте правильность подстановки в формулы численных значений, правильность расчетов, правильность вывода неизвестной величины из формулы и т.п.).

**Задача № 1.** Выразите в Кельвинах значения температуры:  $-54^{\circ}\text{C}$ ;  $173^{\circ}\text{C}$ ;  $23^{\circ}\text{C}$ .

Решение:  $T = t + 273$ ;

$$T_1 = -54^{\circ}\text{C} + 273 = 219 \text{ К};$$

$$T_2 = 173^{\circ}\text{C} + 273 = 446 \text{ К};$$

$$T_3 = 23^{\circ}\text{C} + 273 = 296 \text{ К}.$$

### Задача 2.

На рисунках 1 и 2 представлены фотографии, показывающие реальную конструкцию - соединение (стык) рельсов. Для возможности удлинения рельсов при изменении температуры в стыках между концами рельсов оставляются зазоры. Рельсы соединяются между собой с помощью накладок, которые перекрывают их концы с обеих сторон (рис. 2).

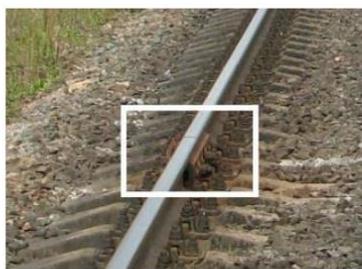


Рис.1



Рис.2

При возрастании температуры будет происходить тепловое расширение рельса и его длина будет меняться по некоторому закону. Рельс удлиняется в обе стороны на равную величину (рис 3,4).



Рис.3

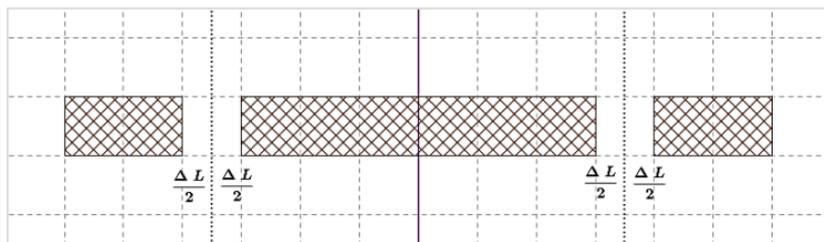


Рис.4

**Условие.** При температуре  $0^{\circ}\text{C}$  рельс имеет длину  $L_0 = 25$  м. При прокладке путей между рельсами оставили зазор в 12 мм. При возрастании температуры будет происходить тепловое расширение рельса и его длина, выраженная в метрах, будет меняться по закону  $L(t) = L_0(1 + \alpha t)$ , где  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}(\text{C}^{\circ})^{-1}$  – коэффициент теплового расширения рельса,  $t$  – температура (в градусах Цельсия). При какой минимальной температуре между рельсами исчезнет зазор? Ответ выразите в градусах Цельсия.

**Ответ.**  $40^{\circ}\text{C}$

### Задача 3

1. Изучить устройство, назначение, условия эксплуатации, области применения и принцип действия датчиков температуры. Заполнить таблицу:

Датчик	Устройство	Назначение	Условия эксплуатации	Области применения
Жидкостные стеклянные термометры расширения				
Дилатометрические и биметаллические термодатчики				
Манометрические термометры				
термоэлектрического термометра				
Термометры сопротивления				
Полупроводниковые термометры сопротивления				

2. Определить поправку на температуру свободных концов термопары и рассчитать значение сигнала термопары  $E = E_{\text{изм}} + E_{\text{попр}}$ . Результаты занести таблицу.
3. По данным столбцов 1,5,6 построить графики статических характеристик.

ТЛ-4	ТХК			ТСМ	Термистор
t, °C	E <sub>изм</sub> , мВ	E <sub>попр</sub> , мВ	E, мВ	R <sub>ТСМ</sub> , Ом	R <sub>п/п</sub> , Ом
0	0	0		0	0
20	0,91	0,4		0,8	0,112
40	0,96	1,7		1,61	0,234
50	1,56	1,79		2,02	0,299
60	2,02	2,03		2,43	0,368
80	3,36	2,12		3,26	0,5
100	4,53	2,42		4,1	0,643

Вид статических характеристик металлических терморезисторов (1), термисторов (2) и позисторов (3) приведен на рис.

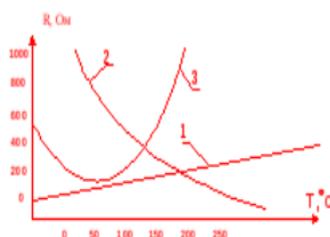


Рис. Статические характеристики термометров сопротивления

## ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 4: ПОДГОТОВКА К ПРОВЕРОЧНОЙ РАБОТЕ

**Тема:** «Первичные преобразователи давления»

**Цель работы:** сформировать понятие о первичных преобразователях давления,

**Норма времени на выполнение:** 1 час

**Форма представления выполненной работы:** теоретический материал

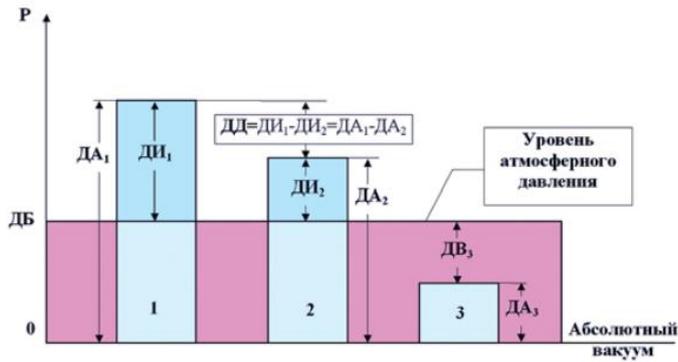
**Содержание работы:**

Алгоритм самостоятельной работы:

1. Внимательно прочитайте учебный материал по изучаемой теме (конспект). В случае необходимости воспользуйтесь справочными материалами

2. Выпишите формулы из конспекта (справочного материала) по изучаемой теме.

10. Проанализируйте полученный результат (проверьте правильность подстановки в формулы численных значений, правильность расчетов, правильность вывода неизвестной величины из формулы и т.п.).



## МАНОМЕТРЫ



Рис. 3. Классификация манометров



Рис. 4. Классификация измерительных преобразователей давления

### ПРЕЗЕНТАЦИИ НА ТЕМУ «РАСХОДОМЕРЫ»

#### Правила оформления компьютерных презентаций

##### Рекомендации по дизайну презентации

Чтобы презентация хорошо воспринималась слушателями и не вызывала отрицательных эмоций (подсознательных или вполне осознанных), необходимо соблюдать правила ее оформления.

Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Поэтому необходимо учитывать специфику комбинирования фрагментов информации различных типов. Кроме того, оформление и демонстрация каждого из перечисленных типов информации также подчиняется определенным правилам. Так, например, для текстовой информации важен выбор шрифта, для графической — яркость и насыщенность цвета, для наилучшего их совместного восприятия необходимо оптимальное взаиморасположение на слайде.

Рассмотрим рекомендации по оформлению и представлению на экране материалов различного вида.

##### Текстовая информация

размер шрифта: 24–54 пункта (заголовки), 18–36 пунктов (обычный текст);

цвет шрифта и цвет фона должны контрастировать (текст должен хорошо читаться), но не резать глаза;

тип шрифта: для основного текста гладкий шрифт без засечек (Arial, Tahoma, Verdana), для заголовка можно использовать декоративный шрифт, если он хорошо читаем;

курсив, подчеркивание, жирный шрифт, прописные буквы рекомендуется использовать только для смыслового выделения фрагмента текста.

##### Графическая информация

рисунки, фотографии, диаграммы призваны дополнить текстовую информацию или передать ее в более наглядном виде;

желательно избегать в презентации рисунков, не несущих смысловой нагрузки, если они не являются частью стилевого оформления;

цвет графических изображений не должен резко контрастировать с общим стилевым оформлением слайда;

иллюстрации рекомендуется сопровождать пояснительным текстом;

если графическое изображение используется в качестве фона, то текст на этом фоне должен быть хорошо читаем.

##### Анимация

Анимационные эффекты используются для привлечения внимания слушателей или для демонстрации динамики развития какого-либо процесса. В этих случаях использование анимации оправдано, но не стоит чрезмерно насыщать презентацию такими эффектами, иначе это вызовет негативную реакцию аудитории.

##### Звук

- звуковое сопровождение должно отражать суть или подчеркивать особенность темы слайда, презентации;

- необходимо выбрать оптимальную громкость, чтобы звук был слышен всем слушателям, но не был оглушительным;
- если это фоновая музыка, то она должна не отвлекать внимание слушателей и не заглушать слова докладчика. Чтобы все материалы слайда воспринимались целостно, и не возникало диссонанса между отдельными его фрагментами, необходимо учитывать общие правила оформления презентации.

### **Единое стилевое оформление**

- стиль может включать: определенный шрифт (гарнитура и цвет), цвет фона или фоновый рисунок, декоративный элемент небольшого размера и др.;
- не рекомендуется использовать в стилевом оформлении презентации более 3 цветов и более 3 типов шрифта;
- оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от его содержательной части;
- все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле;

### **Содержание и расположение информационных блоков на слайде**

- информационных блоков не должно быть слишком много (3-6);
- рекомендуемый размер одного информационного блока — не более 1/2 размера слайда;
- желательно присутствие на странице блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга;
- ключевые слова в информационном блоке необходимо выделить;
- информационные блоки лучше располагать горизонтально, связанные по смыслу блоки — слева направо;
- наиболее важную информацию следует поместить в центр слайда;
- логика предъявления информации на слайдах и в презентации должна соответствовать логике ее изложения.

Помимо правильного расположения текстовых блоков, нужно не забывать и об их содержании — тексте. В нем ни в коем случае не должно содержаться орфографических ошибок. Также следует учитывать **общие правила оформления текста**.

После создания презентации и ее оформления, необходимо отрепетировать ее показ и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на экране компьютера или проекционном экране), насколько скоро и адекватно она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления.

**Тема работы:** «Расходомеры»

**Цель работы:** Поддерживать интерес учащихся, к данной теме, структурировать информацию. Возможность демонстрации при дистанционном обучении. Оказать сильное воздействие на память и воображение, облегчить процесс запоминания.

**Норма времени на выполнение:** 1 час

**Форма представления выполненной работы:** презентация

**Информационные источники:** Библиографическая ссылка на статью: Грибан О.Н.

Применение учебных презентаций в образовательном процессе: виды, этапы и структура презентаций //

## **Содержание работы:**

**1. Титульный слайд.** Дизайн такого слайда отличается от остальных слайдов презентации. На нём обычно указываются название презентации и данные об авторе. Также можно добавить дату демонстрации.

## **2. Слайд с оглавлением.**

**3. План.** Слайд, который обычно начинается со слов «Изучив эту тему, Вы узнаете...».

Рекомендуем обязательно использовать этот слайд, так как он даёт чёткое представление о том, какую пользу получит человек от работы с этой презентацией

**4. Вопрос-ответ.** Работа с таким слайдом осуществляется следующим образом: 1) сначала на экране показывается вопрос (крупно в центре экрана), 2) аудитории задаётся вопрос, 3) после получения ответа от аудитории, на экране показывается правильный ответ (по щелчку мыши, можно использовать эффект анимации для привлечения дополнительного внимания).

**5. Повествование.** Слайд, наполненный текстовой и графической информацией. Обязательно содержит заголовок и основной текст. Позволяет раскрыть конкретный аспект излагаемой темы. Если информации много, то лучше разделить её на несколько слайдов (для удобства восприятия в заголовке допускается использование слова «Продолжение»).

**6. Термин.** Этот модуль может использоваться для акцентирования внимания на ключевом термине изучаемой темы. На слайде можно сначала показать термин, спросить у аудитории, как она его понимает, после этого показать определение термина на экране. На слайде больше не должно быть другой отвлекающей текстовой и графической информации.

**7. Сравнение.** Слайд или группа слайдов, которая подходит для демонстрации сравниваемых предметов, явлений, точек зрения. Рекомендуется показ сначала одного элемента сравнения, а затем другого. Важно подчеркнуть различия, которые, например, можно визуализировать с помощью таблицы или схемы. Хорошо работает для показа изображений в динамике по принципу «до» и «после».

**8. Задание.** Этот модуль позволяет провести проверку знаний учащихся. Может содержать: текст, изображение, карту, ребус, кроссворд и др. Также на таком слайде может демонстрироваться проблемное задание.

**9. Справка.** Справочный слайд необходим для получения дополнительной уточняющей информации по изучаемой теме.

**10. Промежуточный вывод.** Используется при демонстрации продолжительной по времени презентации (20 минут и более)

## **11. Итоговый вывод.**

## **12. Список источников.**

**13. Слайд с указанием источников, используемых в презентации.** При возможности необходимо указать гиперссылки на эти материалы. Домашнее задание

**14. Итоговый слайд.** Есть несколько вариантов содержания этого слайда: а) фраза «Спасибо за внимание»; б) точная копия титульного слайда (в этом случае аудитории будет напомнено, кто выступал и о чём рассказывал); в) контактная информация; г) домашнее задание; в) вопросы для самоконтроля. Визуально этот слайд должен, как и титульный, отличаться от других слайдов презентации.

## **Критерии оценки выполнения письменной самостоятельной работы (пример):**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме; учтены все требования к данной работе; самостоятельно поставлены цели и задачи работы, соответствующие заданной

теме/проблеме; получены результаты в соответствии с поставленной целью; работа оформлена аккуратно и грамотно.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

## **ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 6: ПРЕЗЕНТАЦИИ «ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ»**

**Тема работы:** «Газоанализаторы»

**Цель работы:** Поддерживать интерес учащихся, к данной теме, структурировать информацию. Возможность демонстрации при дистанционном обучении. Оказать сильное воздействие на память и воображение, облегчить процесс запоминания.

**Норма времени на выполнение:** 1 час

**Форма представления выполненной работы:** презентация

**Информационные источники:** Библиографическая ссылка на статью: Грибан О.Н.

Применение учебных презентаций в образовательном процессе: виды, этапы и структура презентаций //

## **ТЕМА 1.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

### **Устный опрос № 20**

#### **Вопросы для устного опроса № 20**

#### **Тема: «Роботизированный технологический комплекс»**

**1. Что входит в РТК** (совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота (ПР) и средств оснащения, автономно функционирующих и осуществляющих многократные циклы. РТК, предназначенные для работы в ГПС, должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему)

**2. Общая структура РТК** (основное технологическое оборудование; межоперационное транспортирование и складирование; манипулирование; измерение и контроль; удаление технологических отходов)

**3. Преимущества применения роботизированного обслуживания станков:** (Максимальная производительность.; качество и точность; безопасность; экономия затрат;. гибкость; компактность. снижение времени цикла)

**4. Показатели РТК:** (объем партий продукции, которые могут выпускаться без переналадки комплекса, номенклатура – перечень выпускаемых видов продукции)

**5. Компоновка РТК** в зависимости от размещения технологического оборудования и промышленных роботов может быть: (линейной, круговой, линейно-круговой)

**6. Управление РТК подразделяется на:** (централизованное, децентрализованное, комбинированное)

**6. По степени участия человека** РТК могут быть двух видов: (в первом человек выполняет некоторые технологические операции (основные или вспомогательные), во втором человек участвует в управлении комплексом)

## Устный опрос № 21

### **Вопросы для устного опроса № 21**

#### **Тема: « Типовые и групповые технологические процессы»**

**1. Операция** — часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (станке, стенде, агрегате и т.д.), состоящая из ряда действий над каждым предметом труда или группой совместно обрабатываемых предметов.

**2. Какие операции не относятся к технологическим операциям** (операции, которые не ведут к изменению геометрических форм, размеров, физико-химических свойств предметов труда: операции по транспортировке предметов труда и контролю качества продукции)

**3. Примеры технологических операций** (загрузка, нагрев, томление, штамповка, травление, дробление, резка, сварка, рассев, обжиг, клеймение, окраска, подача газа к горелке, подача воды в контур рециркуляции, создание разрежения в топке, упаковка, транспортирование, складирование )

**4. Что относится к естественным процессам** (процессы, которые связаны с охлаждением деталей после термообработки, с сушкой после окраски деталей или других видов покрытия и со старением металла)

**5. Классификация технологических процессов механической обработки** (единичные, типовые и групповые.)

**6. Единичный процесс**( процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Единичный технологический процесс разрабатывается на изделия оригинальной конструкции, не имеющих аналогов с ранее производимыми изделиями. Базовой информацией для разработки единичного технологического процесса является комплект конструкторской документации, а также опыт создания аналогичных процессов)

**7. Типовой** (процесс изготовления группы изделий с общим конструктивными и технологическими признаками)

**8. Групповой** (процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Групповой технологический процесс осуществляется на станках одной группы: токарных, фрезерных, шлифовальных и пр. преимущественно в пределах одной операции)

**9. Продолжительность производственного цикла изготовления продукции** (это календарный период времени, в течение которого сырье, основные материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия превращаются в готовую продукцию)

10. Из чего состоит продолжительность производственного цикла партии деталей ( $T_{пц} = (T_{пз} + T_{тех} + T_{ест} + T_{всп} + T_{пер}) - T_{сов}$ , где

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время, час;  $T_{тех}$  - время технологического цикла при последовательном виде движения предметов труда, ч;  $T_{ест}$  - время естественных процессов. ч;  $T_{всп}$  - время вспомогательных операций, ч,  $T_{пер}$  - время перерывов организационно-технического порядка, ч;  $T_{сов}$  - время совмещенных операций)

Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме  
1.3 Технологические процессы

ТЕСТ № 11

1. Заполните клеточки

### Производственный цикл изготовления изделия



Тестовое комплексное задание для контроля знаний по теме  
1.3 Технологические процессы

### ТЕСТ № 12 К ТЕМЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

1. Дайте определение понятию «пожар»:

а) обусловленная воздействием человека огненная стихия, ограниченно поддающаяся контролю

- б) развивающийся стихийно и неконтролируемый процесс горения, который приводит к уничтожению материальных ценностей и представляет опасность для жизни людей
- в) полностью контролируемый процесс горения

**2. Задачами пожарной профилактики являются:**

- а) создание превентивных мер, которые направлены на исключение возможности возникновения пожаров и минимизацию их последствий
- б) организация мер по минимизации разрушительного воздействия огня на людей и материальные ценности
- в) ограничение распространения огня

**3. Какой вид противопожарного инструктажа проходят работники при устройстве на работу?**

- а) целевой, б) плановый, в) первичный

**4. Опасными факторами пожара являются:**

- а) пламя, искры и тепловой поток; снижение видимости в дыму
- б) снижение концентрации кислорода в воздухе; повышение температуры окружающей среды; вероятный взрыв
- в) повышенная концентрация отравляющих продуктов горения и термического разложения; пламя, искры и тепловой поток; снижение видимости в дыму; снижение концентрации кислорода в воздухе

**5. Что означает знак?**



- а) Место размещения пожарного гидранта
- б) кнопка включения средств и систем пожарной автоматики
- в) звуковой оповещатель пожарной опасности

**6. К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, которые оказывают воздействие на материальные ценности и людей, относятся:**

- а) вещества, предназначенные для огнетушения. б) токсичные продукты горения, в) дым

**7. Для помещения, в котором возможно пребывание до 70 человек одновременно, предусмотрено ... пожарных выходов.**

- а) 3, б) 2, в) 4

**8. Водные огнетушители предназначены для тушения пожаров класса (классов):**

- а) А, б) А и В, в) В

**9. Как часто следует перезаряжать углекислотные огнетушители?**

- а) 1 раз в 3 года, б) не реже 1 раза в 7 лет, в) не реже 1 раза в 5 лет

**10. Укажите минимальное количество ручных огнетушителей, которые должны находиться на каждом этаже общественных зданий и сооружений.**

- а) 5, б) 2, в) 4

**11. В какой цвет окрашивают пожарные шкафы?**

- а) красный, б) желтый, в) черный

**12. Какими огнетушителями можно тушить электроустановки?**

- а) водные, пенные, порошковые,
- б) водные, пенные, хладоновые, порошковые, углекислотные
- г) углекислотные

**13. Если в электронагревательном приборе отсутствует терморегулятор, можно ли его эксплуатировать?**

а) да, в случае производственной необходимости, б) да, если есть разрешение пожарного инспектора, в) нельзя ни при каких условиях

**14. Обычными объектами по степени опасности поражения молнией считаются:**

а) здания, предназначенные для производства, проживания людей и торговли, высота которых не превышает 60 метров

б) малоэтажные жилые и общественные здания, в) одноэтажные промышленные здания

**15. Укажите удаленность площадок для курения от мест хранения известкового ила, удаленного из ацетиленового генератора:**

а) 5 метров, б) не менее 7 метров, в) не менее 10 метров

**16. Разрешено ли проводить погрузочно-разгрузочные работы с пожароопасными веществами при работающем двигателе автомобиля?**

а) нет, б) да, если вещества относят к 1 или 2 классам опасности, в) да, если вещества относят ко 2 классу опасности

**17. Перегородка, используемая в качестве ограждения при проведении сварочных работ, должна иметь высоту не менее ... метров.**

а) 1,6; б) 1,8; в) 2,0

**18. Укажите, как следует складировать баллоны с горючим газом, не оснащенные башмаками?**

а) вертикально, б) горизонтально на стеллажах или рамах, в) в ячейках

**19. Функциями системы обеспечения пожарной безопасности являются:**

а) тушение пожаров; проведение спасательных работ; противопожарная пропаганда; разработка и внедрение мер пожарной безопасности

б) проведение спасательных работ и работ по ликвидации последствий пожаров; государственный противопожарный надзор

в) ликвидация пожаров и их последствий

**20. Что запрещено при эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха?**

а) держать закрытыми двери венткамер,

б) открывать вытяжные отверстия, решетки и каналы,

в) подключать к воздуховодам отопительное оборудование газового типа

**21. Расстояние между прожекторами и горючими конструкциями составляет:**

а) не менее 5 метров, б) определяется техпаспортом прожектора, в) не менее 10 метров

**22. Как часто следует проводить эксплуатационные испытания пожарных лестниц и ограждений на крышах зданий и сооружений?**

а) не реже 1 раза в 3 года, б) не реже 1 раза в 5 лет, в) каждые 2 года

**23. Укажите принцип расположения настенных звуковых оповещателей о пожаре.**

а) расстояние от оповещателя до потолка не менее 150 мм

б) расстояние между оповещателями максимум 150 см

в) расстояние от пола до оповещателя не менее 200 см

**24. Единицей измерения предела огнестойкости строительных конструкций в зависимости от их способности сопротивляться воздействию пожара и распространению его опасных факторов являются:**

а) джоули в секунду, б) джоули на сантиметр квадратный, в) минуты

**25. Огневым видом работ не является:**

а) газовая сварка, б) варка битумных масс, в) штамповка

**26. В помещениях, где располагаются электросварочные установки, величина проходов составляет:**

а) не менее 80 см, б) от 60 до 120 см, в) от 80 до 160 см

**27. В помещениях, оборудованных ЭВМ, устанавливаются следующие виды пожарных извещателей:**

а) дымовые, б) тепловые и дымовые, в) тепловые и пламени

**28. Укажите вид обуви, в котором работникам запрещено посещать склад, в котором хранятся баллоны с горючим газом.**

а) с резиновой подошвой, б) подбитая металлическими гвоздями или подковами, в) кожаная

**29. При возникновении пожара звонящий сообщает в пожарную службу следующие данные:**

а) адрес объекта, серьезность возгорания, б) адрес объекта, наличие на объекте пострадавших,

в) адрес объекта, точное место пожара, свои имя и фамилию

**30. Выход, который ведет на путь эвакуации, в безопасную зону или непосредственно из здания наружу – это:**

а) путь спасения, б) эвакуационный выход, в) безопасный выход

**31. Место проведения огневых работ обязательно оснащают:**

а) пожарным гидрантом, б) ящиком с песком, в) огнетушителем

**32. По степени горючести строительные материалы бывают:**

а) классов А, В и С, б) воспламеняемые и невоспламеняемые, в) горючие и негорючие

## **Устный опрос № 22**

### **Вопросы для устного опроса № 22**

#### **Тема: «АУПТ – автоматическая установка пожаротушения»**

**1. Принцип действия водяных АУП** (заключается в подаче воды из подающего водопровода на очаг возгорания через сеть трубопроводов и спринклерные головки. Это позволяет быстро и эффективно потушить огонь, уменьшить температуру и концентрацию кислорода в помещении. При этом важно контролировать состояние устройства, включая условия вентиляции, температурные пороговые значения и тонко распыленную обработку)

**2. Устройство АУПТ** (средства обнаружения пожара, конструкции включения, пути транспортировки и распределение огнетушащего вещества, насосное оборудование, побудительные устройства, запорная арматура, узлы управления, резервуары хранения, дозаторы)

**3. Средства обнаружения пожара** - это механические или электрические извещатели, которые сообщают наличии пожара в здании.

**4. Конструкции включения** - это устройства, которые автоматически включают систему пожаротушения, как только обнаружен пожар.

**5. Пути транспортировки и распределения огнетушащего вещества** - это трубопроводы, сопла, оросители или насадки, которые транспортируют огнетушащее вещество (вода, пена, порошок, аэрозоли и газы) в место возгорания.

**6. Насосное оборудование** - это устройства, которые обеспечивают необходимое давление для транспортировки огнетушащего вещества по трубопроводам.

**7. Побудительные устройства** - это устройства, которые активируют систему пожаротушения, например, газовые баллоны или электрические устройства.

- 8. Запорная арматура** - это клапаны, вентили и задвижки, которые используются для управления потоком огнетушащего вещества в системе.
- 9. Узлы управления** - это компоненты, которые обеспечивают управление и мониторинг системы пожаротушения.
- 10. Резервуары хранения огнетушащего вещества** - это емкости, в которых хранится огнетушащее вещество для использования в случае пожара.
- 11. Дозаторы** - это устройства, которые точно дозируют огнетушащее вещество в систему пожаротушения для достижения оптимальной эффективности тушения пожара.
- 12. Виды пожарных устройств** (спринклерные системы, дренчерные системы пожаротушения)
- 13. Спринклерные системы** представляют собой ороситель (спринклер), встроенный в трубопровод, который наполнен водой (для помещений с температурой выше 5°C) или сжатым воздухом, под давлением. Каждый спринклер оборудован тепловым замком, который открывается при достижении определенной температуры, обычно в диапазоне от 57 до 343°C, в зависимости от требований АУПТ. Время срабатывания не должно превышать 5-10 минут. После срабатывания спринклера давление в трубопроводе снижается, что приводит к открытию клапана в управляющем устройстве. Вода направляется к детектору, который дает команду на включение насоса. Недостатком спринклерных систем является их медленная реакция на возникновение пожара.
- 14. Дренчерные системы пожаротушения, или дренчерные завесы**, отличаются от спринклерных тем, что они не имеют тепловых замков. В этих системах детекторы срабатывают от пожарных извещателей. В таком типе расход воды выше, поскольку оросители могут активироваться одновременно. Для дренчерных систем пожаротушения нормативы установлены на выдачу воды от 0,5 до 1 литра в секунду на один метр завесы. Дренчерные завесы используют для локализации пожара, разделения его на сектора и охлаждения технологического оборудования в помещении)
- 15. Пенные АУПТ** используют коллоидную систему из заполненных газом пузырьков, но дополнительно оснащены генераторами пены и ее дозаторами. Пена представляет собой коллоидную систему, состоящую из заполненных углекислым или инертным газом пузырьков. Как правило, пенные АУПТ конструктивно не отличаются от водных, но оборудованы генераторами пены и ее дозаторами. Классификация пенных видов в основном зависит от типа дозатора.
- 16. Газовые автоматические установки** пожаротушения объемного типа используют смеси из сжатых и сжиженных газов для тушения пожаров. Составы на основе сжатых газов включают «Аргонит» и «Инерген», которые состоят из диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), азота (N) и аргона (Ar), и не причиняют вред окружающей среде. Механизм тушения основан на замещении воздуха в помещении газовой смесью, так как при выбросе сжатых газов процент кислорода, необходимый для горения, резко снижается. Однако резкое падение уровня кислорода в зоне нахождения людей может привести к головокружению или потере сознания, поэтому перед использованием газовых ГАУПТ на основе сжатых газов необходима эвакуация.
- 17. Порошковые АУПТ**- Установки порошкового пожаротушения применяются в случаях, когда невозможно использовать воду, хладоны, двуокись углерода или пену из-за их активного взаимодействия с продуктами горения, опасности коррозии металлов или короткого замыкания. Для тушения пожара с помощью порошкового типа используется специальный мелкодисперсный порошок, который подается в зону возгорания. Это позволяет охладить участок возгорания за счет передачи тепла частицам порошка и расхода энергии на плавление этих частиц. При этом объем поступающего кислорода уменьшается, так как горящая среда разбавляется продуктами

термического разложения порошка, и сама химическая реакция горения замедляется. Подача порошка может осуществляться с помощью газа высокого давления или специального пиротехнического патрона.

**18.Аэрозольные АУПТ** используют твердотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы (АОС), которые при горении образуют тонкодисперсный порошок. Он содержит инертные газы и твердые частицы с величиной дисперсности не более 10 мкм. Главным элементом установки является генератор огнетушащего контроля, который содержит заряд специального состава и пусковое устройство для активации. Они часто используются для тушения электротехнического оборудования и защиты транспортных средств. Однако такие механизмы неэффективны при тушении материалов, склонных к самовозгоранию и тлению, полимерных материалов и порошков металлов. Кроме того, аэрозольные АУПТ нельзя использовать в помещениях, относящихся к взрывоопасным категориям. Люди должны покинуть помещение до активации генератора, так как применение аэрозольных пожарных систем может вызвать резкое уменьшение видимости, повышение температуры и давления газовой среды.

## ТЕМА 1.4 СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

### Устный опрос № 23

#### Вопросы для устного опроса № 23

Тема: «Организационно-методические принципы сертификации в РФ»

#### 1. Определение ИСО что такое «сертификация»?

- а). это деятельность по разработке сертификата на продукцию или услугу.
- б). это действие, удостоверяющее, что изделие или услуга соответствует определенным стандартам или другим нормативным документам.
- в). это проверка полноты предоставления услуг

#### 2. Какой законодательный акт РФ, устанавливает правовые основы сертификации?

- а). Закон Российской Федерации "О защите прав потребителя" 1992 г.
- б). Федеральный закон РФ «О сертификации» 1993 г.
- в). Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» 2002 г

#### 3. Кто являются основными участниками процесса сертификации (укажите несколько ответов)

- а). заявитель; б) продавец; в) производитель; г) орган сертификации; д) испытательные лаборатории

#### 4. Добавить слово «В случае получения положительного результата, в процессе сертификации выдается \_\_\_\_\_, подтверждающий соответствие продукции всем минимальным требованиям, установленным национальным законодательством.

- а). бюллетень; б). справка в). сертификат соответствия; г). документ

#### 5. Добавить. «Как вид сертификации обязательная сертификация распространяется на \_\_\_\_\_»

- а). продукцию и услуги; б). на потенциально опасную продукцию и услуги; в). обеспечение безопасности окружающей среды; г). имущество людей.

#### 6. Каким документом устанавливается организация проведения обязательной сертификации?

- а). паспортом на продукцию и услуги б). сертификатом соответствия; в). отраслевым стандартом; г). техническим регламентом.

#### 7. Кем в настоящее время утверждается общий перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации?

- а). президентом РФ; б). законодательным собранием; в). министром транспорта; г). правительством РФ.

**8. Какие схемы сертификации определены в руководстве ИСО?**

- а). испытания образца продукции с последующим контролем на основе надзора за заводскими образцами, закупаемыми на открытом рынке.  
 б). испытания образца продукции с последующим контролем на основе надзора за заводскими образцами.  
 в). испытания образца продукции с последующим контролем на основе надзора за образцами, приобретенными на открытом рынке и полученными с завода.  
 г). проверка одной партии изделия.

**9. Форму и схему подтверждения соответствия выбирает:**

- а) заявитель;  
 б) заказчик;  
 в) органы по сертификации.

**Устный опрос № 24**

**Вопросы для устного опроса № 24**

**Тема: «Поверка средств измерений, понятие о калибровке»**

**1. Дать определение калибровки** (совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений)

2.



**3. Как выглядит поверительное клеймо**

Изображения клейма	Наименование
	Поверительное клеймо в виде штампа
	Поверительное клеймо в виде наклейки
	Калибровочное клеймо в виде штампа

**4. Расшифровка поверительного клейма**



**5. Какие существуют методы поверок ?** (метод непосредственного сличения с эталоном, метод сличения с помощью компаратора, метод прямых, метод косвенных измерений)

**6. Дать характеристику методам поверок:**

Метод непосредственного сличения с эталоном, заключается в проведении непосредственных измерений ФВ поверяемым и эталонным СИ.

Метод сличения с помощью компаратора основан на использовании прибора сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое и эталонное СИ

Метод прямых измерений аналогичен методу непосредственного сличения, но производится сличение на всех числовых отметках каждого диапазона.

Метод косвенных измерений применяется, когда действительные значения СИ невозможно определить прямыми измерениями или косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые

**7. Отличие поверки от калибровки** (поверка - метрологическая процедура, подтверждающая паспортные параметры прибора с выдачей аттестата, периодичность определяется требованиями на месте использования, калибровка - процесс настройки параметров, без аттестации, проводится по необходимости. Поверка делается для подтверждения факта исправности и пригодности к применению средства измерения. Для получения свидетельства о поверке прибор должен соответствовать всем заявленным характеристикам по всем пунктам методики поверки. А калибровка — для получения значений, которые СИ показывает при измерении заданных величин)

**8. Кто определяет заключение о возможности использования прибора после калибровки** (определяет сам пользователь прибора на основании результатов калибровки)

**9. Что оценивать после калибровки?** (важно, чтобы после процедур калибровки результаты измерительного прибора были отражены в сертификате калибровки, поскольку эта информация может быть проверена и использована в процессах принятия решений группой контроля качества, например, для внесения исправлений в процесс измерения, помимо установления соответствия между показаниями средств измерений и эталонным значением проверяют несоответствия результатов измерений.

**10. Процесс оценки сертификата калибровки может также определять другие метрологические потребности** (влияние влияющих величин на показание или метрологическое поведение измерительных систем в неблагоприятных условиях использования, таких как высокие или низкие температуры, отсутствие силы тяжести или ядерное излучение)

**11. Процесс калибровки и ремонта**



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Практические работы существенно дополняют лекции по дисциплине. В процессе анализа и решения работ обучающиеся расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать законы, разбираться в их особенностях и принципах работы оборудования, применяемого в промышленности. Происходит процесс усвоения методики расчетов, вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Практические работы не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых процессов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к рассматриваемым ситуациям. При подготовке к практическим работам, обучающимся необходимо повторить или изучить соответствующий теоретический материал по конспектам и/или рекомендуемым учебникам и пособиям. Выделить в рассматриваемом материале главные моменты, понять и запомнить соответствующие им закономерности и смысл входящих в них физических величин. Обучающиеся должны понимать, что выполнение практических работ является показателем прочности и глубины усвоения теоретических знаний

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА, СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ, ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ»

**Тема занятия:** Определение расхода, скорости движения жидкости, гидростатического давления

**Цель занятия:** сформировать знания о зависимости свойств жидкости от давления, температуры; о сущности гидростатического, абсолютного и избыточного давления;

**знать:**

- уравнение расхода и материального баланса потока;
- уравнение энергетического баланса;
- потери напора и давления при движении жидкости;

**уметь:**

- определять по справочнику свойства жидкостей в зависимости от условий;
- определять давление в назначенных точках систем;
- рассчитывать режим движения жидкостей;
- определять потери давления и напора;

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (таблицы, графики и др.)

**Критерии оценивания практического занятия:**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

### **Теоретические сведения:**

Сила давления - мера взаимодействия между жидкостью и стенкой. Она появляется потому, что жидкость на практике всегда находится в деформированном (сжатом) состоянии. На неё действуют собственный вес, реакции стенок и другие сжимающие силы. В результате деформации в жидкости появляется сжимающее напряжение, которое мы называем абсолютным давлением

### **Постановка задачи**

В резервуаре над жидкостью плотностью  $\rho$  находится газ. Давление газа  $p_0$  может быть больше, чем атмосферное – тогда показание мановакуумметра равно  $p_{m0}$ . Если давление газа меньше, чем атмосферное - показание прибора равно  $p_{v0}$ . В боковой стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие с размерами  $k \times m$ . Центр тяжести отверстия находится на глубине  $h_0$  под уровнем свободной поверхности жидкости (поверхности контакта жидкости с газом). Отверстие закрыто круглой крышкой 1, которая может поворачиваться вокруг оси  $A$  против часовой стрелки под действием момента от силы давления жидкости. Чтобы крышка не поворачивалась, к ней приложена сила  $R$ . Размеры  $a$  и  $b$  фиксируют положение оси вращения и точки приложения силы относительно центра тяжести отверстия. В дне резервуара, на глубине  $H$  расположено круглое отверстие диаметра  $d$ . Отверстие закрыто крышкой 2, которая крепится болтами к резервуару.  $p_{mH}$  – показание манометра, который установлен на уровне дна резервуара

Дано:  $\rho; p_{m0} (p_{v0}); h_0; H; a; b; k; m$ .

Определить:

1. Давление  $p_0$ .
2. Показание  $p_{mH}$ .
3. Силу  $R$ .
4. Силу  $F_2$ , отрывающую болты крышки.

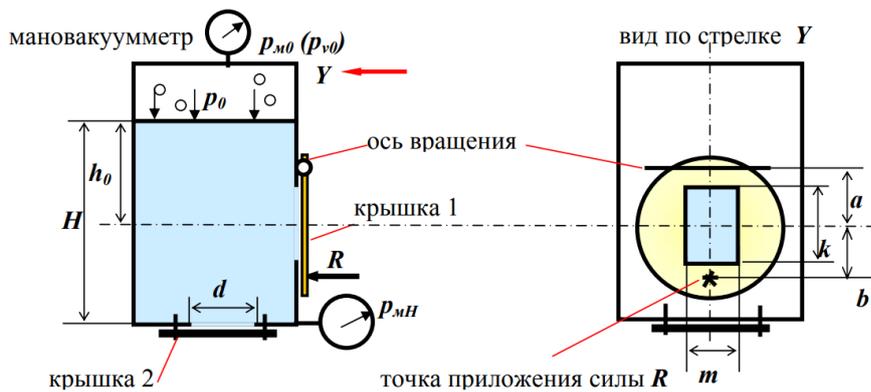


Рис.1

### Вычисление гидростатического давления

Абсолютное давление в жидкости можно вычислить по формуле (1), которая называется основным уравнением гидростатики, а также можно измерить с помощью приборов - мановакуумметров.

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h;$$

$$p_{вес.} = \rho \cdot g \cdot h,$$

где  $p_{вес.}$  – давление за счет веса жидкости (весовое давление или давление столба жидкости). Давление газа  $p_0$  передается через жидкость на глубину  $h$  по закону Паскаля.

1. Определяем абсолютное давление газа по показанию мановакуумметра:

$p = p_{ат} + p_{м0}$  - если давление газа больше атмосферного и прибор показывает  $p_{м0}$ ;

$p = p_{ат} - p_{v0}$  - если давление газа меньше атмосферного и прибор показывает  $p_{v0}$ .

2. Определяем абсолютное давление в жидкости на глубине  $H$  по уравнению (1):

$p_H = p_0 + \rho \cdot g \cdot H = p_{ат} + p_{м0} + \rho \cdot g \cdot H$  - если давление газа больше атмосферного;

$p_H = p_0 + \rho \cdot g \cdot H = p_{ат} - p_{v0} + \rho \cdot g \cdot H$  - если давление газа меньше атмосферного.

3. Определяем показание манометра  $p_{мH}$ :

$p_{мH} = p_H - p_{ат} = p_{ат} + p_{м0} + \rho \cdot g \cdot H - p_{ат} = p_{м0} + \rho \cdot g \cdot H$  - если давление газа больше атмосферного;

$p_{мH} = p_H - p_{ат} = p_{ат} - p_{v0} + \rho \cdot g \cdot H - p_{ат} = - p_{v0} + \rho \cdot g \cdot H$  - если давление газа меньше атмосферного.

**Задача 1.6.** Определить массу воды в пожарном рукаве диаметром 51 мм и длиной 20 м.

Дано:  $d = 51$  мм;  $l = 20$  м.

Найти:  $m$ .

Решение:

Масса воды определяется из формулы

$$m = \rho \cdot V.$$

Плотность воды принимаем  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Объем воды:

$$W = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,051^2}{4} \cdot 20 = 0,04084 \text{ м}^3.$$

$$m = 1000 \cdot 0,04084 = 40,84 \text{ кг}.$$

Ответ:  $m = 40,84$  кг.

### Основное уравнение гидростатики

$$p = p_o + \rho gh$$

Гидростатическое уравнение подчиняется закону Паскаля.

**Закон Паскаля:** давление, производимое внешними силами в любой точке жидкости, передается жидкостью во всех направлениях без изменения.

Выделяют следующие виды гидростатического давления:

- 1) **абсолютное (полное)  $p$**  - определяется по формулам  $p = p_o + \rho gh$ ;  
 $p = p_a + \rho gh$ ;
- 2) **атмосферное** зависит от высоты места над уровнем моря и состояния погодных условий; оно отвечает давлению, развиваемому столбом воды высотой 10 м; в СИ равно 98100 Па.
- 3) **избыточное** – создается действием столба жидкости и превышает атмосферное и определяется, как разность абсолютного и атмосферного давлений
- 4) **вакуумметрическое (разрежение) или вакуум** наблюдается, если величина абсолютного давления меньше атмосферного, и определяется

$$P_{изб} = p - p_a$$

$$P_{вак} = p_a - p$$

1.2. Определить атмосферное давление  $P_{атм}$  на поверхности озера, если полное гидростатическое давление на глубине равно:

Удельный вес, Н/м	9810	9830	9820	9880
Гидростатическое давление, Па	$5,89 \cdot 10^5$	$5,14 \cdot 10^5$	$4,32 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^5$
Глубина, м	50	42	29	25
Ответ, Па	98500	87140	147220	143000

2. Для решения задачи 1.2 используются формулы:

$$P = P_o + \rho qh; \quad P_o = P_{атм}, \quad \text{отсюда}$$

$$P = P_{атм} + \rho qh; \quad P_{атм} = P - \rho qh, \quad (\text{Па})$$

1.3. Определить избыточное давление  $P_{изб}$  на забое скважины. Скважина заполнена глинистым раствором.

Глубина скважины, м	3650	1800	2340	1200
Плотность глинистого раствора, кг/м <sup>3</sup>	1600	1250	1220	1460
Ответ, Па	$5,73 * 10^7$	$2,21 * 10^7$	$2,8 * 10^7$	$1,72 * 10^7$

3. Для решения задачи 1.3 используются формулы:

$$P_m = P - P_{атм}; P = P_0 + \rho q h; P_0 = P_{атм};$$

$$P_m = \rho q h; \text{ (Па)}$$

1.5. Определить удельный вес жидкости при помощи способа сообщающихся сосудов. В правое колено налита ртуть, а в левое – жидкость.

Удельный вес ртути, глинистого раствора, н/м <sup>3</sup>	$13,3 * 10^4$	$1,57 * 10^4$	$1,1 * 10^4$	$1,77 * 10^4$
Высота столба над поверхностью раздела, h <sub>2</sub> , мм	50	70	120	80

5. Для решения задачи 1.5 используются формулы:

$$q_1 h_1 = q_2 h_2; q_1 / q_2 = h_1 / h_2;$$

$$q_1 = q_2 h_2 / h_1, \text{ (н/м}^2\text{)}$$

По трубопроводу диаметром 270×10 мм перекачивается вода с расходом 150 м<sup>3</sup>/час. Определить скорость воды в трубе и режим её движения.

### Р е ш е н и е

Решение этой простой задачи основано на знании и умении применить *уравнение расхода*, которое для потока круглого сечения (**трубы!**) имеет вид

$$V = Sw = \frac{\pi d^2}{4} w; \quad (1)$$

Отсюда скорость воды в трубе будет равна

$$w = \frac{V}{S} = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \times 150}{3600 \times 3,14 \times 0,25^2} = 0,85 \text{ м/с} \quad (2)$$

При подстановке чисел в формулу (2) необходимо помнить, что:

1. указанный в задании размер трубы 270×10 мм означает, что наружный диаметр трубы равен 270 мм, а толщина стенки 10 мм. Тогда внутренний диаметр будет равен наружный диаметр минус **две** толщины стенки, т.е. 270-2×10=250 мм.
2. расчёты требуется выполнять только в системе СИ, а линейные размеры в СИ измеряются в **метрах!**
3. время в системе СИ измеряется в **секундах!** Поэтому 3600 в уравнении (2) – это перевод из часов в секунды.

Для определения режима движения воды в трубе следует вычислить численное значение критерия Рейнольдса

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu}. \quad (3)$$

В условии задачи ничего не сказано про температуру, от которой зависят как плотность воды, так и её вязкость. Ничего страшного! Раз не сказано, то примем сами. Будем считать, что температура воды равна 20 °С. По справочнику (см. сайт)

определяем:  $\rho = 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,  $\mu = 0,001 \text{ Па} \times \text{с}$ .

Тогда численное значение критерия Рейнольдса составит

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{0,85 \times 0,25 \times 998}{0,001} = 212075. \quad (4)$$

Отсюда делаем вывод, что т.к. критерий Рейнольдса  $Re$  намного больше 10000, то в трубе будет **развитое турбулентное течение**.

**Ответ:** скорость воды в трубе 0,85 м/с, режим движения турбулентный, т.к. критерий Рейнольдса равен 212075.

Бензол с расходом 200 т/час и средней температуре 40°C поступает в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 717 труб диаметром  $d \times \delta = 20 \times 2$  мм. Определить скорость бензола в трубах трубного пучка и режим его движения в них.

### Р е ш е н и е

Как и в предыдущей задаче, нам необходимо воспользоваться уравнением расхода, но теперь это будет **уравнение массового расхода!** Почему массового? Да потому, что по заданию нам дан **массовый расход** бензола – 200 т/час. Уравнение массового расхода имеет вид

$$G = V \times \rho = Sw\rho = n \frac{\pi d^2}{4} w\rho. \quad (5)$$

В уравнении (5)  $n$  – число труб, по которым движется поток.

Пора изобразить наш аппарат – так будет проще представлять движение потоков в нём. Кожухотрубчатый теплообменник – это аппарата, в котором происходит переход теплоты от одного потока к другому. Вот его эскиз

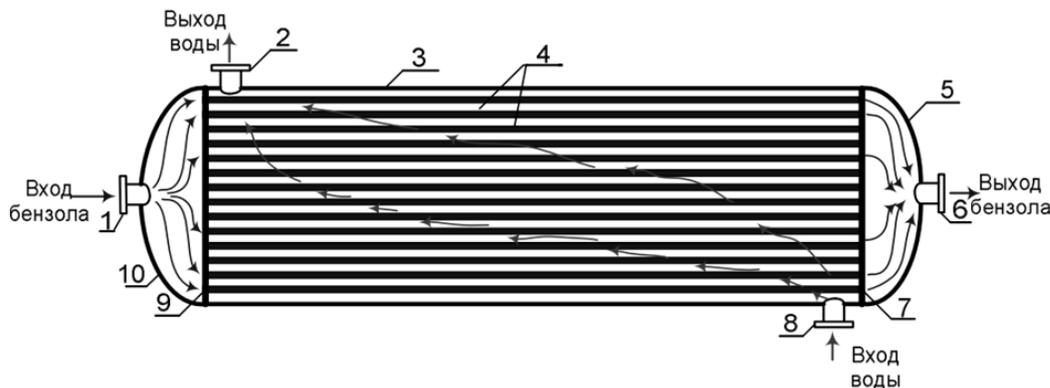


Рис. 1 к задаче 2. Схема одноходового кожухотрубчатого теплообменника

Уж, коли, мы заговорили про кожухотрубчатый теплообменник, назовём основные элементы его конструкции.

1, 2, 6, 8 – штуцера для входа и выхода потоков. Слово **штуцер** происходит от немецкого *Stutzen* – ружьё, обрез. В промышленности под штуцером понимается отрезок трубы, предназначенный для крепления аппарата с трубопроводом или другим аппаратом.

3 – кожух теплообменника.

4 – трубы трубного пучка.

5 и 10 – крышки теплообменника.

7 и 9 – трубные решётки, в которых закреплены трубы трубного пучка.

Сейчас нам в принципе всё равно, какой процесс происходит в нашем аппарате.

Нам важна гидродинамика потоков в нём! Продолжим рассмотрение этого вопроса.

Из уравнения (5) вычислим среднюю скорость бензола в трубах аппарата

$$w_{mp} = \frac{4G_{\delta}}{n\pi d^2 \rho_{\delta}} = \frac{4 \times 200000}{3600 \times 717 \times 3,14 \times 0,016^2 \times 858} = 0,45 \frac{m}{c}. \quad (6)$$

Напомним: 3600 – это перевод из часов в секунды, 0,016 – внутренний диаметр труб трубного пучка в метрах! Значение плотности бензола при средней его температуре 40°C взято из справочника (см., например, мой сайт).

Определим теперь режим движения бензола в трубах. Для этого вычислим значение критерия Рейнольдса

$$Re_{mp} = \frac{w_{mp} d \rho_{\delta}}{\mu_{\delta}} = \frac{0,45 \times 0,016 \times 858}{0,000492} = 12556. \quad (7)$$

**Ответ: скорость бензола в трубах трубного пучка 0,45 м/с, режим движения – турбулентный, т.к. критерий Рейнольдса равен 12556.**

На трубопроводе имеется переход с диаметра 50 мм на диаметр 100 мм (диаметры внутренние). По трубопроводу движется вода, имеющая температуру 20°C. Её скорость в узком сечении 1,5 м/с. Определить:

1. объёмный и массовый расходы воды;
2. скорость воды в широком сечении;
3. режимы течения в узком и широком сечениях.

#### Р е ш е н и е

Я всегда советую своим студентам начинать решение с эскиза. Давайте сделаем его для этой задачи.

Вот этот переход с диаметра 50 мм на диаметр 100 мм. Стрелками показано направление движения потока. Понятно, что чем уже сечение, тем больше должна быть скорость потока. И наоборот – чем шире, тем меньше скорость. А связь между площадью сечения потока и его скоростью как раз можно установить из уравнения материального баланса.

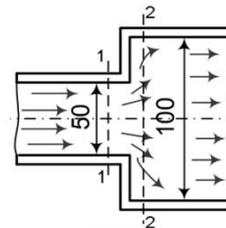


Рис. 4

Проведём на нашем эскизе два сечения, проходящие через трубу диаметром 50 мм и через трубу диаметром 100 мм.. Обозначим их 1-1 и 2-2.

Итак, уравнение материального баланса (его ещё называют **уравнением неразрывности потока**) для наших выбранных сечений можно записать так

$$G_1 = G_2. \quad (15)$$

Помня, что  $G = V \times \rho$ , можно записать уравнение (15) так

$$V_1 \rho_1 = V_2 \rho_2. \quad (16)$$

Пойдём дальше и распишем объёмный расход  $V$  по уравнению (1)

$$S_1 w_1 \rho_1 = S_2 w_2 \rho_2. \quad (17)$$

Так как наши потоки – трубы, т.е. имеют круглое сечение, то уравнение (17) можно записать так

$$\frac{\pi d_1^2}{4} w_1 \rho_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} w_2 \rho_2 \quad (18)$$

или после сокращения

$$d_1^2 w_1 \rho_1 = d_2^2 w_2 \rho_2 \quad (19)$$

В общем случае сокращать плотность  $\rho$  сразу нельзя, т.к. никто не сказал, что в разных сечениях она одинакова. Мало того, у нас будут задачи на уравнение материального баланса потока (см. задачи 5 и 6), в которых мы будем учитывать изменение плотности при переходе от одного сечения к другому!

Конкретно для нашей задачи мы можем **допустить**, что вода при переходе из сечения 1-1 в сечение 2-2 не изменяет свою плотность,  $\rho_1 = \rho_2$ . Тогда из уравнения (19) получаем

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \quad (20)$$

Т.е. получаем, что **скорость потока в трубе обратно пропорциональна квадрату её диаметра**. Следовательно, при увеличении диаметра в 2 раза скорость уменьшается в 4 раза! А если диаметр уменьшился в 3 раза, то скорость возрастёт в 9 раз!

Вернёмся к нашей задаче и определим объёмный и массовый расходы воды. Для нахождения объёмного расхода воспользуемся уравнением (1)

$$V = S_1 w_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} w_1 = \frac{3,14 \times 0,05^2}{4} \times 1,5 = 0,0029 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (21)$$

Массовый расход воды будет равен

$$G = V\rho = 0,0029 \times 998 = 2,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \quad (22)$$

Скорость воды в широком сечении 2-2 найдём из уравнения (20)

$$w_2 = w_1 \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 1,5 \left(\frac{0,05}{0,1}\right)^2 = 0,375 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (23)$$

Критерий Рейнольдса для узкого сечения 1-1

$$Re_1 = \frac{w_1 d_1 \rho}{\mu} = \frac{1,5 \times 0,05 \times 998}{0,001} = 74850. \quad (24)$$

Критерий Рейнольдса для сечения 2-2

$$Re_2 = \frac{w_2 d_2 \rho}{\mu} = \frac{0,375 \times 0,1 \times 998}{0,001} = 37425. \quad (25)$$

**Ответ: объёмный расход воды 0,0029 м<sup>3</sup>/с, массовый расход 2,9 кг/с, скорость воды в широком сечении 0,375 м/с, режим движения воды в обоих сечениях – турбулентный.**

**Задача 1.7.** Водовод пожарного водопровода диаметром 300 мм и длиной 50 м, подготовленный к гидравлическим испытаниям, заполнен водой при атмосферном давлении. Определить объем воды, которую необходимо дополнительно подать в водовод, чтобы избыточное давление в нем поднялось до 5 МПа. Деформацией труб водовода пренебречь.

Дано:  $d = 300$  мм;  $l = 50$  м;  $\Delta p = 5$  МПа.

Найти:  $\Delta W$ .

Решение:

Коэффициент объемного сжатия

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \frac{\Delta W}{\Delta p}.$$

Отсюда объем воды, который необходимо дополнительно подать в водовод,

$$\Delta W = \beta_w \cdot W \cdot \Delta p.$$

Коэффициент объемного сжатия воды составляет

$$\beta_w = 47 \cdot 10^{-11} \text{ 1/Па (приложение 4).}$$

Первоначальный объем воды

$$W = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 50 = 3,532 \text{ м}^3.$$

$$\Delta W = 47 \cdot 10^{-11} \cdot 3,532 \cdot 5 \cdot 10^6 = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Ответ:  $\Delta W = 8,3$  л.

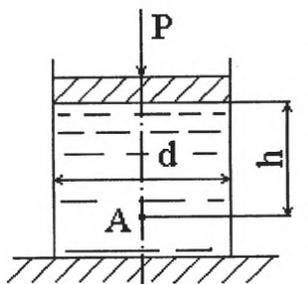
**Задача 1.9.** Водовод пожарного водопровода диаметром  $d$  и длиной  $l$ , подготовленный к гидравлическим испытаниям, заполнен водой при атмосферном давлении. Определить, изменение величины избыточного давления в водопроводе, если в него дополнительно был подан объем воды, равный 10 л. Деформацией труб водовода пренебречь.

**Методические рекомендации.** Первоначальный объем воды определяется по уравнению  $W = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l$ . Изменение величины избыточного давления в водопроводе определяется из выражения для коэффициента объемного сжатия (1.9).

Исходные данные к задаче 1.9

Номер варианта	$d$ , мм	$l$ , м
1	250	40
2	200	55
3	100	50
4	150	38
5	300	54
6	150	42
7	100	45
8	200	58
9	300	35
0	250	50

**Задача 2.1.** Определить абсолютное и избыточное гидростатическое давление воды в точке А на глубине  $h$  от поршня, если на поршень диаметром 150 мм действует сила  $P$ , атмосферное давление  $p_a=0,1$  МПа (рис. 2.7).



**Рис. 2.7.** К решению задачи 2.1

Методические рекомендации. Абсолютное гидростатическое давление в точке А равно:

$$P_{A,abs} = P_a + P_n + P_j$$

где:  $P_a$  – атмосферное давление;

$P_n$  – избыточное гидростатическое давление на поверхности жидкости от действия поршня;

$P_j$  – избыточное гидростатическое давление в точке А от столба жидкости.

Исходные данные к задаче 2.1

Номер варианта	$h, м$	$P, кН$
1	0,19	6,2
2	0,48	5,5
3	0,68	3,8
4	0,70	6,5
5	0,32	7,1
6	0,25	5,8
7	0,75	7,0
8	0,68	7,1
9	0,44	4,3
0	0,45	6,0

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 "РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ, ПОДБОР ПО ГОСТУ"**

**Цель:** Ознакомиться с особенностью расчёта простых трубопроводов. Самостоятельно произвести расчёт согласно индивидуальному заданию.

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (таблицы, графики и др.)

### **Критерии оценивания практического занятия:**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

### **Теоретические сведения:**

Трубопроводы для транспортировки различных жидкостей являются неотъемлемой частью агрегатов и установок, в которых осуществляются рабочие процессы, относящиеся к различным областям применения. При выборе труб и конфигурации трубопровода большое значение имеет стоимость как самих труб, так и трубопроводной арматуры.

Труба – это полый цилиндр из металла, дерева или другого материала, применяемый для транспортировки жидких, газообразных и сыпучих сред. В качестве перемещаемой среды может выступать вода, природный газ, пар, нефтепродукты и т.д. Трубы используются повсеместно, начиная с различных отраслей промышленности и заканчивая бытовым применением.

Для изготовления труб могут использоваться самые разные материалы, такие как сталь, чугун, медь, цемент, пластик, такой как АБС-пластик, поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид, полибутелен, полиэтилен и пр.

Основными размерными показателями трубы являются ее диаметр (наружный, внутренний и т.д.) и толщина стенки, которые измеряются в миллиметрах или дюймах. Также используется такая величина как условный диаметр или условный проход – номинальная величина внутреннего диаметра трубы, также измеряемая в миллиметрах (обозначается Ду) или дюймах (обозначается DN). Величины условных диаметров стандартизированы и являются основным критерием при подборе труб и соединительной арматуры.

### **Проектирование трубопроводов**

При проектировании трубопроводов за основу берутся следующие основные конструктивные параметры:

- требуемая производительность;

- место входа и место выхода трубопровода;
- состав среды, включая вязкость и удельный вес;
- топографические условия маршрута трубопровода;
- максимально допустимое рабочее давление;
- гидравлический расчет;
- диаметр трубопровода, толщина стенок, предел текучести материала стенок при растяжении;
- количество насосных станций, расстояние между ними и потребляемая мощность.

### Основные положения для расчета потока в трубопроводе

Одним из важных показателей является вязкость среды, характеризующаяся таким параметром как коэффициент вязкости.

критерий Рейнольдса  $Re$ .

$Re = (v \cdot L \cdot \rho) / \mu$  где:  $\rho$  — плотность жидкости;  $v$  — скорость потока;  $L$  — характерная длина элемента потока;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости.

То есть критерий Рейнольдса характеризует отношение сил инерции к силам вязкого трения в потоке жидкости. Изменение значения этого критерия отображает изменение соотношения этих типов сил, что, в свою очередь, влияет на характер потока жидкости. В связи с этим принято выделять три режима потока в зависимости от значения критерия Рейнольдса. При  $Re < 2300$  наблюдается так называемый

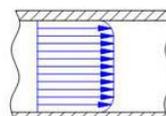
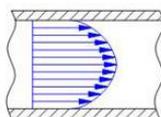
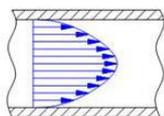
**ламинарный поток**, при котором жидкость движется тонкими слоями, почти не смешивающимися друг с другом, при этом наблюдается постепенное увеличение скорости потока по направлению от стенок трубы к ее центру.

**переходный режим**, при котором отдельные слои начинают смешиваться друг с другом. режим, характеризующийся беспорядочным изменением скорости и направления потока в каждой отдельной его точке, что в сумме дает выравнивание скоростей потока по всему объему. Такой режим называется **турбулентным**.

### Профиль скоростей в потоке

ламинарный режим

переходный режим турбулентный режим

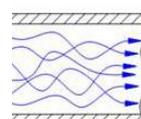
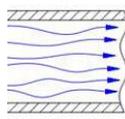
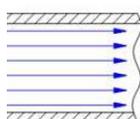


### Характер течения

ламинарный режим

переходный режим

турбулентный режим



Если трубопровод не теплоизолированный, то есть возможен обмен тепла между перемещаемой и окружающей средой, то характер потока в нем может изменяться даже при постоянной скорости (расходе). Такое возможно, если на входе перекачиваемая среда имеет достаточно высокую температуру и течет в турбулентном режиме. По длине трубы температура перемещаемой среды будет падать вследствие тепловых потерь в окружающую среду, что может повлечь за собой смену режима потока на ламинарный или переходный.

**Температура**, при которой происходит смена режима, называется критической температурой. Значение вязкости жидкости напрямую зависит от температуры, поэтому для подобных случаев используют такой параметр как критическая вязкость, соответствующая точке смены режима потока при критическом значении критерия Рейнольдса:

$$v_{кр} = (v \cdot D) / Re_{кр} = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot D \cdot Re_{кр})$$

где:

$v_{кр}$  – критическая кинематическая вязкость;

$Re_{кр}$  – критическое значение критерия Рейнольдса;

$D$  – диаметр трубы;

$v$  – скорость потока;

$Q$  – расход.

Еще одним важным фактором является **трение**, возникающее между стенками трубы и движущимся потоком. При этом коэффициент трения во многом зависит от шероховатости стенок трубы.

Формула Коулбрука-Уайта также применяется для вычисления коэффициента трения турбулентного потока. На основании этой формулы возможно построение графиков, по которым устанавливается коэффициент трения.

$$(\sqrt{\lambda})^{-1} = -2 \cdot \log(2,51 / (Re \cdot \sqrt{\lambda}) + k / (3,71 \cdot d))$$

где:

$k$  – коэффициент шероховатости трубы;

$\lambda$  – коэффициент трения.

Существуют также и другие формулы приблизительного расчета потерь на трение при напорном течении жидкости в трубах. Одним из наиболее часто используемых уравнений в этом случае считается уравнение Дарси-Вейсбаха. Оно основывается на эмпирических данных и используется в основном при моделировании систем. Потери на трение – это функция скорости жидкости и сопротивления трубы движению жидкости, выражаемой через значение шероховатости стенок трубопровода.

$$\Delta H = \lambda \cdot L / d \cdot v^2 / (2 \cdot g)$$

где:

$\Delta H$  – потери напора;

$\lambda$  – коэффициент трения;

$L$  – длина участка трубы;

$d$  – диаметр трубы;

$v$  – скорость потока;

$g$  – ускорение свободного падения.

Потеря давления вследствие трения для воды рассчитывают по формуле Хазена — Вильямса.

$$\Delta H = 11,23 \cdot L \cdot 1 / C^{1,85} \cdot Q^{1,85} / D^{4,87}$$

где:

$\Delta H$  – потери напора;

$L$  – длина участка трубы;

$C$  – коэффициент шероховатости Хайзена-Вильямса;

$Q$  – расход;

$D$  – диаметр трубы.

**Давление** Рабочее давление трубопровода – это наибольшее избыточное давление, обеспечивающее заданный режим работы трубопровода. Решение о размере трубопровода и количестве насосных станций обычно принимается, опираясь на рабочее давление труб, производительность насоса и расходы. Максимальное и минимальное давление трубопровода, а также свойства рабочей среды, определяют расстояние между насосными станциями и требуемую мощность.

Номинальное давление PN – номинальная величина, соответствующая максимальному давлению рабочей среды при 20 °С, при котором возможна продолжительная эксплуатация трубопровода с заданными размерами.

При увеличении температуры нагрузочная способность трубы понижается, как и допустимое избыточное давление вследствие этого. Значение  $p_{zul}$  показывает максимальное давление (изб) в трубопроводной системе при увеличении рабочей температуры.

#### **Расчет падения давления в трубопроводе**

Расчет падения давления в трубопроводе производят по формуле:

$$\Delta p = \lambda \cdot L/d \cdot \rho/2 \cdot v^2$$

где:

$\Delta p$  – перепад давления на участке трубы;

$L$  – длина участка трубы;

$\lambda$  – коэффициент трения;

$d$  – диаметр трубы;

$\rho$  – плотность перекачиваемой среды;

$v$  – скорость потока.

#### **Расчет размеров трубопровода при изменении температуры**

Расчет изменения линейных размеров трубопровода при изменении температуры производят по формуле:

$$\Delta L = a \cdot L \cdot \Delta t$$

$a$  – коэффициент температурного удлинения, мм/(м°С) (см. таблицу ниже);

$L$  – длина трубопровода (расстояние между неподвижными опорами), м;

$\Delta t$  – разница между макс. и мин. температурой перекачиваемой среды, °С.

Температурное удлинение трубопроводов устраняют как применением специальных компенсационных участков трубопровода, так и при помощи компенсаторов, которые могут состоять из упругих или подвижных частей.

Компенсационные участки состоят из упругих прямых частей трубопровода, расположенных перпендикулярно друг к другу и крепящихся при помощи отводов. При температурном удлинении увеличение одной части компенсируется деформацией изгиба другой части на плоскости или деформацией изгиба и кручения в пространстве. Если трубопровод сам компенсирует температурное расширение, то это называется самокомпенсацией.

#### **Определение оптимального размера диаметра трубопроводов**

Оптимальный диаметр трубопровода может быть найден на основе технико-экономических расчетов. *Размеры трубопровода*, включая размеры и функциональные возможности различных компонентов, а также условия, при которых должна происходить эксплуатация трубопровода, определяет *транспортирующая способность системы*. Трубы большего размера подходят для более интенсивного массового потока среды при условии, что другие компоненты в системы подобраны и рассчитаны под эти условия надлежащим образом.

Оптимальный размер – наименьший из подходящих размеров трубы для конкретного применения, экономически эффективный на протяжении всего срока службы системы.

Формула для расчета производительности трубы:

$$Q = (\pi \cdot d^2) / 4 \cdot v$$

Q – расход перекачиваемой жидкости;

d – диаметр трубопровода;

v – скорость потока.

На практике для расчета оптимального диаметра трубопровода используют значения оптимальных скоростей перекачиваемой среды, взятые из справочных материалов, составленных на основе опытных данных.

Отсюда получаем формулу для расчета оптимального диаметра трубы:

$$d_o = \sqrt{(4 \cdot Q) / (\pi \cdot v_o)}$$

Q – заданный расход перекачиваемой жидкости;

d – оптимальный диаметр трубопровода;

v – оптимальная скорость потока.

При высокой скорости потока обычно применяют трубы меньшего диаметра, что означает снижение затрат на закупку трубопровода, его техническое обслуживание и монтажные работы

### **Контрольные вопросы**

1. Какие параметры определяют размеры трубопроводов?
2. Как влияет изменение температуры на работу трубопровода?
3. Какие формулы используют при расчете диаметра трубопровода?
4. Какие факторы влияют на расчет трубопровода?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 "ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ И ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ"**

**Цель:** углубление знаний о процессах теплоотдачи и теплопередачи

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (таблицы)

Критерии оценивания практического занятия:

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы

позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.  
Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью

### Теоретические сведения:

Теплопередача – наука о процессах распространения тепла. Распространение тепла осуществляется различными способами.

Теплопроводность представляет собой процесс распространения тепловой энергии при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела, имеющих различные температуры. Теплопроводность обусловлена движением микрочастиц тела.

Конвекция возможна только в движущейся среде.

Конвекция – это процесс переноса тепловой энергии при перемещении объемов жидкости или газа в пространстве из области с одной температурой в область с другой температурой. При этом перенос тепла неразрывно связан с переносом самой среды. При наличии массообмена процесс теплообмена усложняется. Теплота также может дополнительно переноситься молекулярным путем вместе с массой диффундирующих веществ.

Тепловое излучение – это процесс распространения тепловой энергии с помощью электромагнитных волн. При тепловом излучении происходит двойное превращение энергии: тепловая энергия излучающего тела переходит в лучистую и лучистая энергия, поглощаясь телом, переходит в тепловую.–обратно.

В природе и технике элементарные процессы распространения тепла – теплопроводность, конвекция и тепловое излучение – часто происходят совместно.

### Примеры решения задач:

**Задача 1.** Определить коэффициент теплоотдачи и тепловой поток при течении воды в трубе диаметром 40 мм, длиной 3 м со скоростью 1 м/с, если средняя температура воды 80 °С, а температура стенки 65 °С.

**Решение:** Определим режим течения воды в трубе.

Физические параметры воды при определяющей температуре, равной 80°С:

$\lambda = 67,5 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К);  $\nu = 0,365 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $Pr = 2,21$ .

Критерий  $Pr_{ст}$  находим при температуре стенки 65°С:  $Pr_{ст} = 2,74$ .

Значение критерия Рейнольдса находим по уравнению  $Re = \frac{1 \cdot 0,04}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 1,095 \cdot 10^5 > 10^4$ .

Режим движения турбулентный, поэтому выбираем критериальное уравнение (16.9):

$$Nu = 0,021 \cdot (1,095 \cdot 10^5)^{0,8} \cdot 2,21^{0,43} \cdot \left(\frac{2,21}{2,74}\right)^{0,25} \\ = 300,95.$$

Определяем коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{301 \cdot 67,5 \cdot 10^{-2}}{0,04} = 5050 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Так как отношение  $L/d = 3/0,04 = 75 > 50$ , поправка  $E_1 = 1$

Тепловой поток определяем по уравнению  $Q = 5050 \cdot 3,14 \cdot 0,04 \cdot 3 \cdot 80 - 65 = 28543$  Вт.

**Задача 2.** Как изменятся значения коэффициента теплоотдачи и теплового потока, если труба изогнута в виде змеевика диаметром 1000 мм, а остальные условия, как в задаче 2?

**Решение:** Для изогнутых труб коэффициент теплоотдачи, полученный для прямых труб, умножают на поправочный коэффициент – уравнение

$$\alpha_{\text{зм}} = \alpha \varepsilon_{\text{зм}} = 5050 \cdot \left( 1 + 3,54 \cdot \frac{0,04}{1} \right) = 5757 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Тепловой поток соответственно равен

$$Q = 5757 \cdot 3,14 \cdot 0,04 \cdot 3 \cdot (80 - 65) = 32539 \text{ Вт}.$$

**Задача 3.** Определить коэффициент теплоотдачи вертикальной стенки высотой 2 м воздуху, если средняя температура стенки 120°C, а температура воздуха вдали от стенки 20°C.

**Решение:**

Теплоотдача при свободном движении рассчитывается по формуле (16.26). Определяющая температура равна

$$t = \frac{120 + 20}{2} = 70^\circ\text{C}.$$

Физические параметры воздуха при определяющей температуре 70°C:

$$\lambda = 2,96 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \nu = 20,02 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; Pr = 0,694;$$

$$\beta = \frac{1}{70 + 273} = \frac{1}{343}.$$

**Задача 4** Оловянный и латунный шары одинаковой массы, взятые при температуре 20 градусов Цельсия опустили в горячую воду. Одинаковое ли количество теплоты получат шары от воды при нагревании? Удельная теплоемкость олова 250 Дж/(кг °С), латуни 380 Дж/(кг °С).

$$\text{Формула } Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t$$

**Решение:** Так как масса одинакова мы ее уберем из формулы.

$$Q_1 = c_1 \Delta t = 250 \cdot 20 = 5000 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = c_2 \Delta t = 380 \cdot 20 = 7600 \text{ Дж}.$$

*Ответ: кол-во теплоты различается.*

**Задача 5** Какое количество теплоты выделится при полном сгорании торфа массой 200 г?

Удельная теплота сгорания торфа  $14 \cdot 10^6$  Дж/кг.

Дано:  $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ ,  $q = 14 \cdot 10^6$  Дж/кг.

$$Q = ?$$

$$\text{Формула: } Q = q \cdot m$$

$$\text{Решение: } Q = 0,2 \text{ кг} \cdot 14 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} = 2,8 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

*Ответ:  $2,8 \cdot 10^6$  Дж.*

**Задача 6** Стальную и свинцовую гири массой по 1 кг прогрели в кипящей воде, а затем поставили на лед. Под какой из гирь растает больше льда? Удельная теплоемкость стали 500 Дж/(кг °С), свинца 140 Дж/(кг °С).

Дано:  $m_{ст}=1\text{ кг}$ ,  $m_{св}=1\text{ кг}$ ,  $c_{ст}=500\text{ Дж/(кг °С)}$ ,  $c_{св}=140\text{ Дж/(кг °С)}$

**Решение:** находясь в кипящей воде стальная и свинцовая гири приобретают одинаковую температуру  $t_2=100\text{ °С}$ . Затем на льду они оба остывают до  $t_1=0\text{ °С}$ , выделяя разное количество теплоты.

$$Q_{ст} = c_{ст}m_{ст}(t_2-t_1) = 500 \cdot 100 = 50\,000\text{ Дж.}$$

$$Q_{св} = c_{св}m_{св}(t_2-t_1) = 140 \cdot 100 = 14\,000\text{ Дж.}$$

*Ответ: под стальной гирей растает больше льда.*

**Задача 7** В железный котёл массой 5 кг налита вода массой 10 кг. Какое количество теплоты нужно передать котлу с водой для изменения их температуры от 10 до 100 °С?

При решении задачи нужно учесть, что оба тела — и котёл, и вода — будут нагреваться вместе. Между ними происходит теплообмен. Их температуры можно считать одинаковыми, т. е. температура котла и воды изменяется на  $100\text{ °С} - 10\text{ °С} = 90\text{ °С}$ . Но количества теплоты, полученные котлом и водой, не будут одинаковыми. Ведь их массы и удельные теплоёмкости различны.

**Дано:**

$$m_1 = 5\text{ кг}$$

$$c_1 = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$m_2 = 10\text{ кг}$$

$$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$t_1 = 10\text{ °С}$$

$$t_2 = 100\text{ °С}$$

$$Q = ?$$

**Решение:**

Количество теплоты, полученное котлом, равно:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1),$$

$$Q_1 = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 5\text{ кг} \cdot 90\text{ °С} \approx 207\,000\text{ Дж} = 207\text{ кДж.}$$

Количество теплоты, полученное водой, равно:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1),$$

$$Q_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 10\text{ кг} \cdot 90\text{ °С} \approx 3\,780\,000\text{ Дж} = 3780\text{ кДж.}$$

На нагревание и котла, и воды израсходовано количество теплоты:  $Q = Q_1 + Q_2$ ,  
 $Q = 207\text{ кДж} + 3780\text{ кДж} = 3987\text{ кДж.}$

**Ответ:**  $Q = 3987\text{ кДж.}$

**Задача 8** Смешали воду массой 0,8 кг, имеющую температуру 25 °С, и воду при температуре 100 °С массой 0,2 кг. Температуру полученной смеси измерили, и она оказалась равной 40 °С. Вычислите, какое количество теплоты отдала горячая вода при остывании и получила холодная вода при нагревании. Сравните эти количества теплоты.

**Дано:**

$$m_1 = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,8 \text{ кг}$$

$$c_1 = c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_1 - ?$$

$$Q_2 - ?$$

**Решение:**

Горячая вода остыла от 100 до 40 °С, при этом она отдала количество теплоты:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t),$$

$$Q_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \times \\ \times (100 \text{ }^\circ\text{C} - 40 \text{ }^\circ\text{C}) = \\ = 50\,400 \text{ Дж.}$$

Холодная вода нагрелась с 25 до 40 °С и получила количество теплоты:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t - t_1),$$

$$Q_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot (40 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C}) = \\ = 50\,400 \text{ Дж.}$$

$$\text{Ответ: } Q_1 = 50\,400 \text{ Дж, } Q_2 = 50\,400 \text{ Дж.}$$

**Задача 9** Стальная деталь массой 3 кг нагрелась от 25 до 45 °С. Какое количество теплоты было израсходовано?

**Дано:**

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c = 500 \text{ Дж/кг } ^\circ\text{C}$$

$$Q - ?$$

**Решение:**

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

$$Q = 500 \text{ Дж/кг } ^\circ\text{C} \cdot 3 \text{ кг} \cdot (45 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$Q = 30000 \text{ Дж} = 30 \text{ кДж}$$

$$\text{Ответ: } 30 \text{ кДж}$$

**Задача 10** В сосуде содержится 3 л воды при температуре 20 °С. Сколько воды при температуре 45 °С надо добавить в сосуд, чтобы в нём установилась температура 30 °С? Необходимый свободный объём в сосуде имеется. Теплообменом с окружающей средой пренебречь

**Дано:**

$$V_1 = 3 \text{ л}$$

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2 = ?$$

**СИ:**

$$3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

**Решение:**

Для решения данной задачи воспользуемся уравнением теплового баланса: количество теплоты  $Q_1$ , полученное холодным телом, равно по модулю количеству теплоты  $Q_2$ , отданному горячим телом:

$$|Q_1| = |Q_2|, \text{ или } Q_1 = -Q_2.$$

Тогда

$$Q_1 = cm_1(t - t_1), \quad m_1 = \rho V_1;$$

$$Q_2 = cm_2(t - t_2), \quad m_2 = \rho V_2.$$

Согласно уравнению теплового баланса

$$c\rho V_1(t - t_1) = -c\rho V_2(t - t_2) \rightarrow V_1(t - t_1) = V_2(t_2 - t).$$

Следовательно,  $V_2 = V_1(t - t_1)/(t_2 - t)$ .

Установим наименование полученной величины:

$$[V_2] = \text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C} / \text{ }^\circ\text{C} = \text{м}^3.$$

Такое наименование соответствует наименованию единицы объёма.

Подставив числовые значения, получим

$$V_2 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot (30 - 20) / (45 - 30) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ (2 л)}.$$

**Ответ:** 2 л.

**Задача 11** Какое количество теплоты потребуется для нагревания на  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  воды объемом 0,5 л; олова массой 500 г; серебра объемом 2 см<sup>3</sup>; стали объемом 0,5 м<sup>3</sup>; латуни массой 0,2 т ?

**Дано:**

$$V_1 = 0,5 \text{ л} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг};$$

$$m_5 = 0,2 \text{ т} = 200 \text{ кг}$$

$$V_3 = 2 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\Delta t = 1 \text{ }^\circ\text{C}; \quad V_4 = 0,5 \text{ м}^3;$$

$$c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}; \quad c_2 = 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$c_3 = 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}; \quad c_4 = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$c_5 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 - ?$$

**Решение:**

$$Q_1 = c_1 m_1 \Delta t; \quad m_1 = \rho_1 V_1;$$

$$Q_1 = c_1 \rho_1 V_1 \Delta t; \quad Q_2 = c_2 m_2 \Delta t;$$

$$Q_3 = c_3 \rho_3 V_3 \Delta t; \quad Q_4 = c_4 \rho_4 V_4 \Delta t;$$

$$Q_5 = c_5 m_5 \Delta t.$$

$$Q_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,5 \times$$

$$\times 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1 \text{ }^\circ\text{C} = 2100 \text{ Дж};$$

$$Q_2 = 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 1 \text{ }^\circ\text{C} = 125 \text{ Дж};$$

$$Q_3 = 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 10,5 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \times$$

$$\times 1 \text{ }^\circ\text{C} = 5,25 \text{ Дж};$$

$$Q_4 = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ м}^3 \cdot 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 1 \text{ }^\circ\text{C} = 1950 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 1,95 \text{ МДж};$$

$$Q_5 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 200 \text{ кг} \cdot 1 \text{ }^\circ\text{C} = 76 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 76 \text{ кДж}.$$

**Задача 14** Какое количество теплоты получили алюминиевая кастрюля массой 200 г и находящаяся в ней вода объемом 1,5 л при нагревании от  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  до кипения при температуре  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

Дано:

$$m_1 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$V_2 = 1,5 \text{ л} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}; t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$c_2 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_1 = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$Q = ?$

Решение:

$$Q = Q_1 + Q_2; Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1); Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1);$$

$$m_2 = \rho \cdot V_2; Q_2 = c_2 \rho V_2 (t_2 - t_1);$$

$$Q_1 = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) =$$

$$= 14,72 \cdot 10^3 \text{ Дж}; Q_2 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \times$$

$$\times 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 504 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

$$Q = 14,72 \cdot 10^3 \text{ Дж} + 504 \cdot 10^3 \text{ Дж} =$$

$$= 518,72 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 518,72 \text{ кДж}.$$

**Задача 15** Металлический цилиндр массой  $m = 60 \text{ г}$  нагрели в кипятке до температуры  $t = 100^\circ\text{C}$  и опустили в воду, масса которой  $m_{\text{в}} = 300 \text{ г}$ , а температура  $t_{\text{в}} = 24^\circ\text{C}$ .

Температура воды и цилиндра стала равной  $\theta = 27^\circ\text{C}$ . Найти удельную теплоёмкость металла, из которого изготовлен цилиндр. Удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$ .

Решение. Воспользуемся формулой

$$c = \frac{1}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta T}, \quad (\Delta T = T_2 - T_1), \quad c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{t - \theta}, \quad (1)$$

где  $Q$  — количество теплоты, отданное цилиндром воде.

Согласно

$$Q = cm(t_2 - t_1), \quad Q = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (\theta - t_{\text{в}}). \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим

$$c = \frac{m_{\text{в}} (\theta - t_{\text{в}})}{m (t - \theta)} c_{\text{в}}.$$

Ответ.  $c = 863 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}.$

**Задача 16** В теплоизолированном сосуде сначала смешивают три порции воды 100 г, 200 г и 300 г с начальными температурами  $20^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$  и  $50^\circ\text{C}$  соответственно. После установления теплового равновесия в сосуд добавляют новую порцию воды массой 400 г при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Определите конечную температуру в сосуде. Ответ дайте в  $^\circ\text{C}$ , округлив до целого числа. Теплоёмкостью калориметра пренебрегите.

**Решение.**

Уравнение теплообмена:  $Q_{\text{получ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ . Теплоту вычислим по формуле  $Q = cm_{\text{x}}(t - t_{\text{x}})$  откуда  $Q_{\text{получ}} = cm_1(t - t_1) + cm_2(t - t_2) + cm_3(t - t_3) = 0$ .

Раскрываем скобки, приводим подобные и получаем выражение для  $t$ :

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{0,1 \cdot 20 + 0,2 \cdot 70 + 0,3 \cdot 50}{0,1 + 0,2 + 0,3} = \frac{2 + 14 + 15}{0,6} \approx 52^\circ\text{C}$$

Далее получаем, что в сосуд с  $m_4 = 600 \text{ г}$  воды при  $t_4 = 51,7^\circ\text{C}$  добавили еще воды массой  $m_5 = 400 \text{ г}$  при  $t_5 = 20^\circ\text{C}$ .

$$t = \frac{m_4 t_4 + m_5 t_5}{m_4 + m_5} = \frac{0,6 \cdot 52 + 0,4 \cdot 20}{0,6 + 0,4} \approx 39^\circ\text{C}$$

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 "ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ, ПОЛЕЗНОЙ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР"**

**Цель:** приобрести практические навыки в расчете температуры кипения, полезной разности температур. Анализ работы вакуум – выпарных установок с естественной циркуляцией. типа.

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (таблицы)

### **Критерии оценивания практического занятия:**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью

### **Теоретические сведения:**

При выпаривании различают общую и полезную разность температур.

**Общая** – разность температуры теплоносителя и температуры кипения чистого растворителя при давлении в паровом пространстве аппарата.

**Полезная** - это разность температур между теплоносителем и кипящим раствором.

Полезная разность температур всегда ниже общей. Это объясняется более высокой температурой кипения растворов нелетучих веществ по сравнению с чистым растворителем, а так же повышением давления в растворе по сравнению с давлением в паровом пространстве.

Повышение давления приводит к повышению температуры кипения, что уменьшает полезную разность температур

Общая разность температур в выпарной установке - это разность между большей и меньшей температурой паров, то есть между температурой греющего пара и температурой вторичного пара на входе в конденсатор.

$$\Delta t_{\text{общ.}} = t_{\text{зр.п.}} - t_0$$

$$\Delta t_{\text{общ.}} = 132,9 - 100 = 32,9\text{K}$$

2) Полезная разность температур - разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора.

$$\Delta t_{\text{пол.}} = t_{\text{зр.п.}} - t_{\text{кип.}}$$

$$\Delta t_{\text{пол.}} = 132,9 - 110 = 22,9\text{K}$$

Общая располагаемая разность температур – это разность между температурой греющего пара  $t_1$ , поступающего в первую ступень установки и температурой вторичного пара из последней ступени при входе в конденсатор:  $\Delta t_{\text{общ}} = t_1 - t_k$

**Полезная разность температур** — это разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора.

Она необходима для осуществления процесса выпаривания, при котором теплоту от теплоносителя передают кипящему раствору.

**Выпариванием** называется процесс концентрирования растворов путём удаления растворителя испарением при кипении жидкости. Выпаривание применяется для повышения концентрации разбавленных растворов или для выделения из них растворённого вещества путём кристаллизации. Особенностью процесса выпаривания является переход в парообразное состояние только растворителя. Температура кипения растворов всегда выше температуры кипения растворителей, она зависит от химической природы растворённых веществ и растворителей и растёт с увеличением концентрации растворов и внешнего давления. Разность между температурами кипения раствора  $t$  и чистого растворителя при одинаковом внешнем давлении называется температурной депрессией  $\Delta t_d$

$$\Delta t_d = t - t_{\text{раствора}}$$

Повышение температуры кипения раствора определяется также гидростатической и гидравлической депрессиями.

Повышение температуры кипения за счёт гидростатического давления столба жидкости в вертикальной трубе называется гидростатической депрессией  $\Delta t_{\text{г.д.}}$ .

Повышение температуры кипения раствора из-за повышения давления в аппарате вследствие гидравлических потерь при прохождении вторичного пара называется гидравлической депрессией  $\Delta t_{\text{гр.д.}}$ . Пар, образующийся при выпаривании кипящего раствора, называется вторичным. При расчётах  $\Delta t_{\text{гр.д.}} = 1^\circ\text{C}$ .

Полная депрессия  $\Delta t_n$  равна сумме температурной, гидростатической и гидравлической депрессий

$$\Delta t_n = \Delta t_d + \Delta t_{\text{г.д.}} + \Delta t_{\text{гр.д.}} \quad (2)$$

Температура кипения раствора определяется в зависимости от температуры насыщения вторичного пара по формуле

$$T_{\text{кип. р-ра.}} = t_{\text{нас.втор.пара}} + \Delta t_d \quad (3)$$

Выпаривание сопровождается ростом плотности и вязкости раствора, что ведёт к уменьшению коэффициента теплопередачи.

### **Способы выпаривания**

Выпаривание производится за счёт теплоты извне, передаваемой чаще всего через поверхность нагрева и реже путём непосредственного контакта раствора с теплоносителем. В качестве теплоносителей используют водяной пар, а также высококипящие жидкости и их пары и топочные газы. Процессы выпаривания проводят под вакуумом, при повышенном и атмосферном давлениях. Выбор давления связан со свойствами выпариваемого раствора и возможностью использования тепла вторичного пара. Выпаривание под вакуумом имеет

определённые преимущества перед выпариванием при атмосферном давлении. При выпаривании под пониженным давлением вакуум в аппарате создают за счёт конденсации вторичного пара в конденсаторе вакуум-насосом. Вакуум-выпарка позволяет понизить температуру кипения раствора, а также увеличить разность температуры между греющим агентом и кипящим раствором, что даёт возможность уменьшить поверхность теплообмена. При выпаривании под повышенным давлением образующийся вторичный пар может быть использован в качестве греющего агента, для отопления или других технологических нужд.

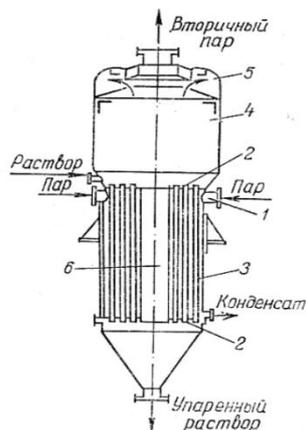


Рис. 1. Выпарной аппарат с естественной циркуляцией

Выпарной аппарат с естественной циркуляцией раствора состоит из греющей камеры 1, куда поступает пар, плит 2, в которые завальцованы трубы 3 длиной от 2 до 4 м, парового пространства 4, сепаратора 5, циркуляционной трубы 6

Упариваемый раствор циркулирует по трубкам снизу вверх и опускается вниз по циркуляционной трубе. Циркуляция в аппарате происходит за счет разницы удельных весов жидкости в опускной циркуляционной трубе и парожидкостной эмульсии в кипятильных трубах. Наличие парового пространства 4 над выпариваемым раствором должно обеспечить удовлетворительную сепарацию брызг выпариваемого раствора от вторичного пара. Недостаточная сепарация брызг ведет к потере раствора, а при многокорпусном выпаривании к загрязнению поверхности нагрева следующего корпуса и конденсата вторичного пара. Уменьшение скорости вторичного пара (т.е. увеличение диаметра аппарата) и увеличение высоты парового пространства приводят к уменьшению брызгоуноса.

Обычно в однокорпусных выпарных установках известны давления первичного греющего и вторичного паров, а следовательно, определены и их температуры. Разность между температурами греющего и вторичного паров называют **общей разностью температур выпарного аппарата:**

$$\Delta t_{об} = T_{г} - t_{вп}$$

Общая разность температур связана с полезной разностью температур соотношением:

$$\Delta t_{п} = \Delta t_{об} - \Delta' - \Delta'' = T_{г} - t_{вп} - \Delta' - \Delta''$$

Обозначив  $t_{вп} - \Delta' - \Delta'' = t_k$ , получим

$$\Delta t_{п} = T_r - t_k.$$

Величины  $\Delta'$  и  $\Delta''$  называют **температурными депрессиями** (температурными потерями).

Величину  $\Delta'$  называют **концентрационной температурной депрессией** и определяют как повышение температуры кипения раствора по сравнению с температурой кипения чистого растворителя при данном давлении:

$$\Delta' = t_k - t_{вп},$$

где  $t_k$ ,  $t_{вп}$  температуры соответственно кипения раствора и чистого растворителя; последняя численно равна температуре вторичного пара при данном давлении.

Таким образом, температура образующегося при кипении растворов вторичного пара (т.е. пара над раствором, который затем в виде греющего идет в следующий корпус) ниже, чем температура кипения раствора, и поэтому часть общей разности температур всей установки теряется бесполезно.

В технической литературе приводятся сведения по температурам кипения растворов различных концентраций, как правило, при атмосферном давлении - атм, которую легко определить по справочникам. При других давлениях  $\Delta'$  находят с помощью **уравнения И. А. Тищенко**:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} (T^2/r) \Delta'_{атм},$$

где  $T$  - температура кипения чистого растворителя, К;  $r$  - теплота испарения чистого растворителя при данном давлении, кДж/кг

Температурную потерю  $\Delta''$  называют гидростатической температурной депрессией', она характеризует повышение температуры кипения раствора с увеличением давления гидростатического столба жидкости. Гидростатическая депрессия  $\Delta''$  проявляется лишь в аппаратах с кипением раствора в кипятильных трубах нагревательной камеры. В этом случае за температуру кипения раствора принимают температуру кипения в средней части кипятильных труб. Тогда

$$\Delta'' = t_{ср} - t_{вп},$$

где  $t_{ср}$  температура кипения растворителя при давлении  $P_{ср}$  в средней части кипятильных труб, К;  $t_{вп}$  - температура вторичного пара при давлении в аппарате

$P_a$ , К.

. Давление в средней части кипятильных труб определяют по выражению

$$P_{ср} = P_a + H \rho_{пж} g/2, \quad (14.15)$$

где  $H$  - высота кипяtilьных труб, м;  $\rho_{пж}$  - плотность парожидкостной смеси в аппарате, кг/м<sup>3</sup>.

Для ориентировочных расчетов можно принять, что доля пара в кипящем растворе (паронаполнение)  $\varepsilon = 0,5$ . Тогда плотность парожидкостной среды равна половине плотности раствора  $\rho_{пж}$  а  $\rho_{ж}/2$ . Поэтому

$$P_{ср} \approx P_a + H\rho_{ж}g/4.$$

### Задача (Разминка)

Сколько энергии израсходовано на нагревание воды массой 1,5 кг от 20 до 100 °С и последующее преобразование этой воды в пар.

#### Решение:

Найдём, сколько энергии потребовалось для того, чтобы нагреть 1,5 кг воды до 100 °С. Применим формулу, о которой мы говорили [здесь](#).

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1)$$

$$Q_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 1,5 \text{кг} \cdot (100^\circ\text{С} - 20^\circ\text{С}) = 504 \text{кДж}$$

$c$  - удельная теплоёмкость воды,  $m$  - масса воды,  $t_2$  - конечная температура,  $t_1$  - начальная температура.

Найдём количество энергии, которое потребуется для того, чтобы воды превратить в пар.

$$Q_2 = Lm$$

$$Q_2 = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 1,5 \text{кг} = 3450 \text{кДж}$$

Общее количество энергии получается:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 504 \text{кДж} + 3450 \text{кДж} = 3954 \text{кДж}$$

**Ответ:** 3954 кДж

### Задача (Из льда в пар)

Какое количество теплоты потребуется, чтобы из льда массой 3 кг, взятого при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$ , получить пар при  $100^{\circ}\text{C}$  ?

#### Решение:

Найдём количество теплоты, которое потребуется, чтобы нагреть лёд до температуры плавления. Лёд плавится при  $0^{\circ}\text{C}$ . Ищем количество теплоты по формуле из [этой статьи](#).

$$Q_1 = c_l m (t_2 - t_1) = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 3 \text{кг} \cdot (0^{\circ}\text{C} - (-5^{\circ}\text{C})) = 31500 \text{Дж}$$

Обратите внимание, что удельная теплоёмкость льда отличается от удельной теплоёмкости воды.

Найдём количество теплоты, которое потребуется для плавления льда. Об этом мы говорили в [этой статье](#).

$$Q_2 = \lambda \cdot m = 34 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 3 \text{кг} = 1020 \text{кДж}$$

Найдём количество теплоты, которое потребуется для того, чтобы нагреть воду с  $0^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  (температуры кипения).

$$Q_3 = c_v m (t_3 - t_2) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 3 \text{кг} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}) = 1260 \text{кДж}$$

Вычислим количество теплоты, которое нужно, чтобы превратить воду в пар при температуре кипения.

$$Q_4 = L m = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 3 \text{кг} = 6900 \text{кДж}$$

Найдём общее количество теплоты.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q = 31,5 \text{кДж} + 1020 \text{кДж} + 1260 \text{кДж} + 6900 \text{кДж} = 9211,5 \text{кДж}$$

**Ответ:** 9211,5 кДж

---

## Задача (Конденсация пара)

В калориметре находится вода массой  $m_{\text{в}} = 1,5$  кг при температуре  $t_1 = 20$  °С. Сколько пара, имеющего температуру  $t_2 = 100$  °С, нужно добавить в калориметр, чтобы температура в нём поднялась до  $t_3 = 50$  °С. Ответ дайте в граммах и округлите до целых.

### Решение:

Мы говорили в ранее опубликованных статьях ([статья 1](#), [статья 2](#)) об **уравнении теплового баланса**. В этой задаче будем так же пользоваться этим приёмом.

Когда пар попадёт в калориметр, он начнёт конденсироваться. При конденсации пар отдаёт свою энергию. Напишем формулу для вычисления выделенной энергии.

$$Q_1 = Lm_{\text{п}}$$

$L$  - удельная теплота парообразования воды,  $m_{\text{п}}$  - масса пара.

Так же конденсированная вода должна остудиться со 100 °С до 50 °С. Она ещё выделит некоторое количество теплоты:

$$Q_2 = cm_{\text{п}}(t_3 - t_2)$$

$c$  - удельная теплоёмкость воды. Здесь мы из конечной температуры вычитаем начальную, тогда в уравнении теплового баланса нужный знак встанет автоматически.

Найдём количество теплоты, которое должна получить вода в калориметре, чтобы достичь 50 °С.

$$Q_3 = cm_{\text{в}}(t_3 - t_1)$$

Напишем **уравнение теплового баланса**.

$$-Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

Здесь  $Q_1$  имеет отрицательный знак, т.к. пар, конденсируясь, отдаёт свою энергию. Когда речь идёт о формуле  $Q = cm\Delta t$ , знак встаёт автоматически, если  $\Delta t$  - это конечная температура минус начальная.

$$-Lm_{\text{п}} + cm_{\text{п}}(t_3 - t_2) + cm_{\text{в}}(t_3 - t_1) = 0$$

Выразим массу пара  $m_{\text{п}}$ .

$$m_{\text{п}} = \frac{-cm_{\text{в}}(t_3 - t_2)}{c(t_3 - t_2) - L}$$

$$m_{\text{п}} = \frac{-4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 1,5 \text{кг} \cdot 30^\circ\text{С}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot (-50^\circ\text{С}) - 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 75 \text{г}$$

**Ответ:** 75 г

### Задача (Чайник кипит)

В электрический чайник налили холодную воду при температуре  $t_1=10$  °С. Через  $\tau_1 = 10$  минут после включения чайника вода закипела. Через какое время она полностью испарится? Ответ напишите в минутах и округлите до целых.

### Решение:

Пусть в единицу времени от чайника к воде подводится  $w$  энергии.

Распишем формулу для количества теплоты, которое потребовалось, чтобы довести воду до температуры кипения ( $t_2 = 100$  °С).

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1) = w \cdot \tau_1$$

$c$  - удельная теплоёмкость воды,  $m$  - масса воды в чайнике. Но с другой стороны это количество теплоты равно  $w \cdot \tau_1$ .

Чтобы вода испарилась, потребуется следующее количество энергии:

$$Q_2 = Lm = w \cdot \tau_2$$

$L$  - удельная теплота парообразования воды,  $\tau_2$  - время за которое вся вода превратится в пар.

Выразим из первого уравнения  $m$  поставим во второе.

$$L \cdot \frac{w \cdot \tau_1}{c(t_2 - t_1)} = w \cdot \tau_2$$

$$\tau_2 = L \cdot \frac{\tau_1}{c(t_2 - t_1)}$$

$$\tau_2 = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{10 \text{ мин}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} (100^\circ\text{С} - 10^\circ\text{С})} \approx 61 \text{ мин}$$

**Ответ:** 61 мин

<p><math>m = 3</math> кг <math>m \cdot c_1 \cdot (t_{\text{пл}} - t_1)</math> – количество теплоты, необходимое для</p> <p><math>t = -20</math>°С нагревания льда до температуры плавления;</p> <p><math>t_{\text{пл}} = 0</math> °С <math>m \cdot \lambda</math> – количество теплоты, необходимое для плавления</p> <p><math>t_{\text{к}} = 100</math> °С льда;</p> <p><math>c_1 = 2,10</math> кДж/(кг · К) = 2100 Дж/(кг · оС) <math>m \cdot c_2 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{пл}})</math> - количество теплоты, необходимое для</p> <p><math>c_2 = 4,2</math> кДж/(кг · К) = 4200 Дж/(кг · оС) нагревания воды</p>	<p><b>Найти: Q – ?</b></p> <p><b><math>Q = m \cdot c_1 \cdot (t_{\text{пл}} - t) + m \cdot \lambda + m \cdot c_2 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{пл}}) + m \cdot r</math></b></p> <p>или <b><math>Q = m \cdot (c_1 \cdot (t_{\text{пл}} - t) + \lambda + c_2 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{пл}}) + r)</math></b>;</p> <p><b><math>Q = 3 \cdot (2100 \cdot (0 - (-20)) + 330000 + 4200 \cdot (100 - 0) + 2300000)</math></b> <b>= 9213000</b></p> <p><b>Ответ: Q = 9213000 Дж = 9,2 МДж.</b></p>
--	---

<p>от температуры плавления до температуры</p> <p><math>\lambda = 330 \text{ кДж/кг} = 330000 \text{ Дж/кг}</math> кипения;</p> <p><math>r = 2,3 \text{ МДж/кг} = 2300000 \text{ Дж/кг}</math> - количество теплоты, необходимое для парообразования воды при температуре кипения.</p>	
--	--

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 СОСТАВЛЕНИЕ СЕРТИФИКАТА О КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (таблицы, графики и др.)

**Критерии оценивания практического занятия:**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

**Учебная цель:** приобрести практические навыки определения основных метрологических характеристик средств измерений.

**Перечень оборудования:** методическое указание, индивидуальное задание, линейка, карандаш, отчет по лабораторной работе на тему калибровка СИ.

### **Краткие теоретические материалы:**

Согласно ФЗ РФ «Об обеспечении единства измерений» статья 18. Калибровка средств измерений.

Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке. Калибровка средств измерений выполняется с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин - к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Порядок признания результатов калибровки при поверке средств измерений в сфере государственного регулирования обеспечения

единства измерений и требования к содержанию сертификата калибровки, включая прослеживаемость, устанавливаются Правительством Российской Федерации.

*Сертификат о калибровке* - документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

В соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025 сертификат калибровки должен содержать следующую информацию:

- наименование документа "Сертификат калибровки";
- наименование и юридический адрес калибровочной лаборатории, а также место проведения калибровки, если оно не совпадает с юридическим адресом лаборатории;
- номер сертификата калибровки, при этом, если сертификат калибровки помещается на нескольких страницах или содержит приложения (протоколы калибровки, градуировочные таблицы и т.д.), каждая страница сертификата калибровки или приложения должна быть соответствующим образом идентифицирована как имеющая отношение к конкретному сертификату калибровки. Каждая страница сертификата калибровки должна быть пронумерована, общее количество страниц должно быть указано;
- наименование и адрес заказчика (или подразделения предприятия в случае выполнения работ для собственных нужд предприятия);
- идентификацию используемой методики калибровки;
- наименование (тип), заводской номер и, при необходимости, состояние средства измерений, поступившего на калибровку;
- дату проведения калибровки;
- результаты калибровки с указанием единиц измерения величин;
- условия проведения калибровки (например, условия окружающей среды, при которых проводилась калибровка и которые могли оказать влияние на результаты калибровки);

- оценка неопределенности измерений и указание о соответствии полученной неопределенности значению целевой неопределенности;

- доказательства прослеживаемости измерений к государственному первичному эталону соответствующей единицы величины или национальному первичному эталону иностранного государства;

- должность, подпись и расшифровку подписи лица, проводившего калибровку;

- при необходимости, в целях предупреждения злоупотреблений и защиты интеллектуальной собственности на сертификатах калибровки может быть помещена надпись: "Сертификат калибровки не может быть воспроизведен полностью или частично без письменного разрешения калибровочной службы".

Право проведения калибровки средств измерений предоставляется метрологическим службам, аккредитованным в установленном в электроэнергетике

Критерием пригодности средств измерений к применению является соответствие технических и метрологических характеристик средств измерений указанным в техническом описании и инструкции по эксплуатации.

При выдаче средств измерений из калибровки необходимо проверить комплектность, наличие клейм, пломб, сертификата о калибровке, записи в паспорте.

На средства измерений, проходящие калибровку составляет график калибровки и представляет его на согласование в базовую организацию метрологической службы.

При получении средств измерений от предприятий необходимо произвести внешний осмотр, проверить комплектность, наличие сертификата о калибровке, а также надписей на корпусе (наименование предприятия и назначение средства измерений), а при необходимости - инструкции по эксплуатации.

При выдаче средств измерений из калибровки необходимо проверить комплектность, наличие клейм, пломб, сертификата о калибровке, записи в паспорте.

Если средство измерений по результатам калибровки признано непригодным к применению, калибровочное клеймо гасится, сертификат о калибровке аннулируется, делаются соответствующие записи в паспорте и средство измерений направляется в ремонт.

В случае непригодности средств измерений к ремонту выдается справка на списание с указанием конкретных причин непригодности.

*Примечание.* Допускается устанавливать другой класс точности или предел основной погрешности на средства измерений, если метрологические характеристики калибруемого средства измерений не соответствуют установленным техническим требованиям. Область применения таких средств измерений определяется самим энергопредприятием.

Протоколы с результатами калибровки хранятся не менее срока периодичности калибровки, установленного для данного средства измерений

#### **Содержание отчета:**

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Сертификат
- 3 График
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1 Как выполняется калибровка средств измерений (СИ)?
- 2 Признаются ли результаты калибровки при поверке СИ?
- 3 Кто имеет право выдавать сертификат на СИ?
- 4 Какую информацию должен содержать сертификат на СИ?
- 5 Перечислить комплектность при выдаче СИ после калибровки.
- 6 Допускается ли при калибровке менять класс точности на СИ?
- 7 Что выдаётся в случае непригодности средства измерения?

## Приложение 1

(наименование акционерного общества)	
(наименование метрологической службы предприятия) <b>СЕРТИФИКАТ № _____</b> <b>О КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b> Срок действия до _____ <small>(число, месяц, год)</small>	
№ _____ <small>(наименование средства измерений)</small>	
Тип _____	
Предел измерений _____	
Принадлежит _____	
Год выпуска _____	
Действительные значения метрологических характеристик _____	
На основании результатов калибровки признан годным и допущен к применению в пределах действительных значений метрологических характеристик.	
Место калибровочного знака _____	Главный метролог или специалист проводивший калибровку _____ <small>(подпись) (инициалы, фамилия)</small> « _____ » _____ 20__ г.

## Приложение 2

УТВЕРЖДАЮ  
Главный инженер предприятия  
\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_  
20\_\_ г.

### График калибровки средства измерений

\_\_\_\_\_  
(наименование предприятия)

Место калибровки \_\_\_\_\_  
Вид измерений \_\_\_\_\_

№ п.п	Наименование средства измерений	Тип	Пределы измерений верхний - нижний	Заводской номер	Дата предыдущей калибровки	Периодичность калибровки	Место установки	Сроки калибровки	Примечание

\_\_\_\_\_  
Главный метролог энергопредприятия

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 «АНАЛИЗ РЕАЛЬНОГО СЕРТИФИКАТА  
СООТВЕТСТВИЯ»**

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (образцы сертификтов)

**Критерии оценивания практического занятия:**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

**Цель работы:** Проанализировать заданный сертификат соответствия и написать выводы о его годности

**Порядок выполнения работы**

**I. Проанализировать все позиции сертификата соответствия и ответить на следующие вопросы:**

1. В какой системе выдан сертификат? \_\_\_\_\_
2. Привести знак (логотип) системы сертификации \_\_\_\_\_
3. Орган по сертификации, выдавший сертификат соответствия \_\_\_\_\_
4. Срок действия сертификата соответствия \_\_\_\_\_
5. На какую продукцию выдан сертификат \_\_\_\_\_
6. Изготовитель продукции \_\_\_\_\_
7. Каким нормативным документам соответствует данная продукция \_\_\_\_\_
8. На основании каких документов выдан сертификат соответствия \_\_\_\_\_
9. Характер системы сертификации \_\_\_\_\_
10. Какую цель преследует данный сертификат \_\_\_\_\_

**II. На основании анализа заданного сертификата соответствия написать выводы о его годности**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Выводы:

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р ГОССТАНДАРТ РОССИИ	
	<b>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ</b>
№ РОСС RU.АЯ35.М01332	Срок действия с 22.03.2005 по 22.03.2008
	<b>№0081255</b> ❄
ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ РОСС RU.0001.10АЯ35 ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ ООО "ХАБАРОВСКИЙ ЦЕНТР СЕРТИФИКАЦИИ И МЕТРОКОНТРОЛЯ" 680000, г.Хабаровск, ул.К.Маркса, 65, тел. (4212) 70-35-89, 64-98-60, факс (4212) 30-16-77	
УСЛУГА (РАБОТА) Ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых приборов (см. приложение на бланке № 0340137)	
КОД ОК 002-93 (ОКУН) 013100, 013300	
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ Правила бытового обслуживания населения в Российской Федерации (п.п. 2-4, 10, 11, 12), ГОСТ Р 50936-96, ГОСТ Р 50938-96, ГОСТ Р МЭК 60065-2002 (п.п.9.1.1, 9.1.2, 9.1.4, 9.1.5, 9.1.6, п. 9.2), ГОСТ Р 50829-95 (п.6.14), ГОСТ Р МЭК 60950-2002 (п.2.1.2), ГОСТ 25861-83 (пп. 2.1.2, 2.1.5, 2.1.6), ГОСТ 21552-84 (п.1.7.2), ГОСТ 12.2.007.0-75 (п.3.2.2), ГОСТ 13.2.001-90 (п.3.5), ГОСТ 27570.0-87 (п.п. 8.5, 10, 16.3, 22.12, 22.13, п. 23 кроме пп. 23.4, 23.5) /ГОСТ Р МЭК 335-1-94	
ИСПОЛНИТЕЛЬ ЗАО "ЛАНИТ-ПАРТНЕР". Код-ОКПО:48340490. ИНН:2721060592 г.Хабаровск, ул. Запарина, 137, тел. 32-38-62, факс 32-38-65	
НА ОСНОВАНИИ Акта оценки оказания услуг от 15.03.2005 № 563, протоколов испытаний по требованиям безопасности после ремонта № 212(У), № 213(У) от 21.03.2005г., схемы сертификации №2	
	Руководитель органа Эксперт
	Л.А. Шехманова инициалы, фамилия М.С. Лобач инициалы, фамилия
Сертификат не применяется при обязательной сертификации	

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ГОССТАНДАРТ РОССИИ



**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ РОСС RU.МЕ67.А00695

Срок действия с 28.02.2002 по -

№ 5189606

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
ОС "ЦИКЛОН-ТЕСТ" (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.11МЕ67)  
унитарного государственного предприятия "Фрязинский испытательный центр"  
141190, г. Фрязино Московской обл., Заводской проезд, д. 4,  
тел. 526-90-62, факс 465-86-08

ПРОДУКЦИЯ Телефонные аппараты ALCOM

Модели: TS-445, TS-511

Договор № 26 от 15.05.2000 г.

Партия – общее количество 30000 шт.

КОД ОК 005 (ОКП):

66 5400

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 7153-85(П.п. 3.5.1-3.5.4), ГОСТ Р 51318.14.1-96 (СИСПР 14-1-93)

ГОСТ 30428-96 (Р.5), ГОСТ Р 50932-96(Р. 4), Норм 9-93 (Р. 4)

КОД ТН ВЭД СНГ:

8517 19 9000

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

ЗАО "АЛКОМ", Россия, ИНН 3328411272

600033, г. Владимир, ул. Тумская, 3-й км

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

ООО "БЭНОРД", код ОКПО 51165613

109044, г. Москва, ул. Динамовская, д.1А, тел. (095) 236-79-57

НА ОСНОВАНИИ

Протоколов испытаний:

№ 0237-1-02 от 26.02.2002 г., Фрязинский испытательный центр (атт. аккр. № РОСС RU.0001.21М046)

№ 0237-2-02 от 26.02.2002 г., Фрязинский испытательный центр (атт. аккр. № РОСС RU.0001.21МЭ16)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сертификации - 7



Руководитель органа

Эксперт

подпись

подпись

Ю.А. Таранюк

инициалы, фамилия

Л.М. Иванова

инициалы, фамилия

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

Вариант 1

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ГОССТАНДАРТ РОССИИ**

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ РОСС RU.АН.50.В1466  
Срок действия с 27.06.2008 по 26.06.2011  
**7992126**

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ** рег. № РОСС RU.0001.11АН50  
ОС ПРОДУКЦИИ АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ "АКАДЕММАШ"  
РФ, 115404, г. Москва, П-е Рахматкина, 2, оф. 213, тел. (495) 775-76-69, факс (495) 775-76-66,  
www.akademash.ru, e-mail: info@akademash.ru

**ПРОДУКЦИЯ** Блоки основные и дверные балконные из поливинилхлоридных профилей фирмы «RENAU AG + Co» со стеклопакетом  
Серийный выпуск: \_\_\_\_\_

КОД ОК 005 (ОКП):  
57 7200

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**  
ГОСТ 30674-99 (р.р. 5 - 7); ГОСТ 23166-99 (р.р. 5 - 8)

КОД ТН ВЭД России: \_\_\_\_\_

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ** ООО «ОкнаМастер», ИНН: 7723200195  
111141, г. Москва, ул. Куусковская, д. 20А, кор. В, офис 303

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН** ООО «ОкнаМастер», Код ОКПО: 58545034, ИНН: 7723200195  
111141, г. Москва, ул. Куусковская, д. 20А, кор. В, офис 303, тел. (495) 730-14-41

**НА ОСНОВАНИИ** протокола сертификационных испытаний № 414 от 24.06.2008 г. ООО НПП  
"ИННИЦИАТИВА" (Испытательная лаборатория), рег. № РОСС RU.0001.21СМ25, адрес: Россия, г. Тула,  
Красноярский пр., 7; акта о результатах анализа состояния производства № 766 от 17.06.2008 г.;  
санитарно-эпидемиологического заключения № 77.01.03.577.П.29262.12.3 от 24.12.03, 79.01.03.570.П.09135.04.5  
от 11.04.2005 г. выданного Главным государственным санитарным врачом по г. Москве; сертификата  
пожарной безопасности № ССПБ.ДЕ.ОПН14.В.00708 от 01.08.2005, выданного ОС "Академия Государственной  
противопожарной службы", рег. № ССПБ.RU.ОПН14

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ** Адрес производства: ООО "ОкнаМастер", 143397, Московская  
обл., Истринский р-н, п/о Первомайское, д. Милославское, стр. 54  
Место введения знака соответствия: знак соответствия по ГОСТ Р 50466-92 наносится на упаковку изделия и  
(в.д.в) в соответствии с требованиями к документальному оформлению  
Схема сертификации: \_\_\_\_\_

Руководитель органа \_\_\_\_\_ И.Л. Ежиков  
Эксперт \_\_\_\_\_ Ю.Т. Мухомов

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

Вариант 2

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ГОССТАНДАРТ РОССИИ**

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ РОСС CN.МЛ04.В04294  
Срок действия с 13.04.2009 г. по 12.04.2012 г.  
**8426681**

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ**  
Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.11МЛ04  
ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ ООО «РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»  
Юридический адрес: 125315, г. Москва, ул. Адмирала Макарова, д.10, стр. 1.  
Фактический адрес: 107258, г. Москва, ул. 1-я Бухарстова, д. 12/11, корп. 17, офис 10.  
телефакс: +7 (495) 749 7861, e-mail: mail@certific.ru

**ПРОДУКЦИЯ** Многофункциональный бытовой электро-массажный комплект для тела "Атлан".  
Серийный выпуск: \_\_\_\_\_

КОД ОК 005 (ОКП):  
51 5656

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**  
ГОСТ Р МЭК 60335-2-32-99,  
ГОСТ Р 51318.14.1-2005 (Р. 4),  
ГОСТ Р 51318.14.2-2005 (Р. 5, 7),  
ГОСТ Р 51317.3-2-2006 (Р. 6, 7),  
ГОСТ Р 51317.3-3-99.

КОД ТН ВЭД России:  
9019101000

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ** "Rulan Tianlun Health Equipment Co., Ltd."  
адрес: TongPu Industry Zone, Rulan City, Zhejiang Province, Китай

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН** "Rulan Tianlun Health Equipment Co., Ltd."  
адрес: TongPu Industry Zone, Rulan City, Zhejiang Province, Китай. тел. + 86-577-86651291.

**НА ОСНОВАНИИ** Сертификат ISO 9001:2000 № Q31061022 от 13.10.06,  
Протоколов испытаний:  
№ 140304/2009 от 13.04.09 г. ИЛ ЭТИ "РЕГИОН ТЕСТ", рег. № РОСС RU.0001.21МЛ37,  
№ АП06ЭТ113ДТa от 13.04.09 г., ИЛ ИИР ЭМС ФГУП "РЧЦ ЦФО", рег. № РОСС RU.0001.21МЭ11.  
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.01.06.345.П.020575.04.09 от 08.04.09.

# ФОРМА ЗАЯВКИ НА ПРОВЕДЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ

\_\_\_\_\_ наименование органа по сертификации, адрес

## ЗАЯВКА НА ПРОВЕДЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ В СИСТЕМЕ СЕРТИФИКАЦИИ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ наименование системы

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ наименование предприятия-изготовителя, продавца (далее — заявитель),

\_\_\_\_\_ код ОКП-О

Юридический адрес \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_ Телекс \_\_\_\_\_

в лице \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Ф., И., О. руководителя

заявляет, что \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ наименование вида продукции, код ОКП

\_\_\_\_\_ Выпускается серийно или партия (каждое изделие при единичном производстве)

\_\_\_\_\_ , выпускаемая\* по \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ наименование и реквизиты

\_\_\_\_\_ , соответствует требованиям \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ документации изготовителя (ТУ, стандарт)

\_\_\_\_\_ наименование и обозначение стандартов

и просит провести сертификацию данной продукции на соответствие требованиям указанных стандартов по схеме \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ номер схемы сертификации

2. Заявитель обязуется:

выполнять все условия сертификации;

обеспечивать стабильность сертифицированных характеристик продукции, маркированной знаком соответствия;

оплатить все расходы по проведению сертификации.

3. Дополнительные сведения \_\_\_\_\_

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ подпись, инициалы, фамилия

Главный бухгалтер \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ подпись, инициалы, фамилия

Печать \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Дата

\*Если заявителем является продавец, то после слова "выпускаемая" записывается "изготовителем"

\_\_\_\_\_ наименование изготовителя

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ  
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА**

СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ  
«ПрофиЭкспертЦентр» (Система «ПЭЦ») 

Зарегистрирована Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РФ  
Свидетельство № РОСС RU. Б264. 04П00

---

Орган по сертификации – 191123, Санкт-Петербург, ул. Чайковского, 46-48  
Центр добровольной сертификации СПб ТПП тел./факс: 579-29-59, e-mail: vcc@spbcci.ru

---

**СЕРТИФИКАТ**  
соответствия качества продукции  
№ 19-058-11-102

Дата выдачи: «30» ноября 2011 г.  
Действителен до «29» ноября 2012 г.

Выдан ОАО «Лесплитинвест»  
188760, Ленинградская обл., г. Приозерск, ул. Инженерная, д. 13. ИНН 4712000953

Настоящий сертификат удостоверяет, что продукция, идентифицируемая как  
Дверные полотна, облицованные защитно-декоративными материалами, двух типов - остекленное, глухое

соответствует по качеству требованиям  
ТУ 5361-004-32806167-2008 «Дверные полотна, облицованные защитно-декоративными материалами»  
Технические условия ОАО «Лесплитинвест»

Изготовитель ОАО «Лесплитинвест», РФ  
Заявитель ОАО «Лесплитинвест», РФ

Сертификат распространяется на Дверные полотна, облицованные защитно-декоративными материалами, двух типов - остекленное, глухое. Оценка соответствия качества проведена по образцам продукции.

Основание Экспертное заключение ИС СПб ТПП № 19-058-11-102 от 30.11.2011; Протокол испытаний № 130 от 30.11.2011 ООО «Испытательный центр строительных материалов и изделий (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21СЛ45 от 10.03.2010).

Действие сертификата отменяется при несоблюдении или изменении условий, послуживших основанием для его выдачи.

Дополнительные сведения:

 Эксперт И.В. Любченко  
Руководитель органа по сертификации Е.В. Желтухина

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ГОССТАНДАРТ РОССИИ**

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

 № РОСС IE.AЯ85.B22449  
Срок действия с 28.12.2009 по 28.06.2012  
8150738

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ РОСС RU.0001.10A985  
ГЭАЦ «СОСКС» АНО «Союзэкспертиза» ТПП РФ  
125009, г. Москва, ул. М. Диндровка, 13/17.  
Тел. (495) 699-61-20. Факс (495) 699-94-59

ПРОДУКЦИЯ Гель для душа "Dolce & Gabbana Light Blue Pour Homme"  
Серийный выпуск 91 5860 код ОК 005 (ОКП):

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ  
ГОСТ Р 5246-2009 (и л. 3.1.3, 3.1.4, разд.4), ГОСТ Р 61391-09 (и 4.6) код ТН ВЭД России:  
33073 00 000

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Ирландия, "Прокстер & Гэмбли (Мануфактури) Ирландия Пвт". Адрес: Горландро Индустриал Эстейт Ирландия

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН ООО "Прокстер энд Гэмбли Дистрибуторская Компания"  
Адрес: 109062, Москва, Фурмановый пер., дом 24. ИНН: 7701639076. Тел. (495) 288-68-88. Факс (495) 288-67-66.

НА ОСНОВАНИИ Протокол № 8461 от 28.12.2009 - РОСС RU.0001.21A910 - Испытательный арбитражный центр ГЭАЦ «СОСКС» АНО «СОЮЗЭКСПЕРТИЗА» ТПП РФ; 125009, г. Москва, ул. М. Диндровка, 13/17. Тел. (495) 699-61-20. Факс (495) 699-94-59  
Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека - Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.15.915.Д.006103.05.07 от 28.05.2007 г. до 28.05.2012 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Схема сертификации - 2. Реализация продукции в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50460-92 производится на этикетке продукции. Инспекционный контроль осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50460-92

 Руководитель органа по сертификации В.А. Голыцын  
Эксперт Н.Л. Герасимова

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

### Вариант 7

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

 № РОСС FR.ME77.B07440  
Срок действия с 18.05.2011 по 18.05.2014  
№ 0558109

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ РОСС RU.0001.11ME77  
Общество с ограниченной ответственностью  
«Центр по сертификации, стандартизации и систем качества электро – машиностроительной продукции» (ООО «ЭЛМАШ») ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ  
14100 Химки Московской области, ул. Ленинградская, 29. Тел. (495) 781287, факс (495) 781258. E-mail: oob@elomesh.ru

ПРОДУКЦИЯ Выключатели серии CARIVA модели:  
695901, 695903, 695905, 695931, 695933, 695935,  
773601, 773605, 773606, 773610, 773611, 773613, 773626,  
773701, 773705, 773706, 773710, 773711, 773713, 773726  
серийный выпуск код ОК 005 (ОКП):  
346420

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ  
ГОСТ Р 51324.1-2005 (МЭК 60669-1-2000) код ТН ВЭД России:  
853650000

ИЗГОТОВИТЕЛЬ фирма "LEGRAND FRANCE" (128, avenue du Marechal-de-Lattre-de-Tassigny 87045 LIMOGES CEDEX, FRANCE)  
(заводы-изготовители указаны в приложении № 0427383)

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН фирма "LEGRAND SNC" 128, av. du Marechal-de-Lattre-de-Tassigny 87045 LIMOGES CEDEX, FRANCE,  
tel. 8-1033-555-06-87-10, fax 8-1033-555-06-74-55

НА ОСНОВАНИИ сертификата СБ № FR 60042612A от 03.03.2006г. НСО МЭКЭС LCIE, Франция;  
отчета о проверке производства от 15.02.2010 НСО МЭКЭС LCIE, Франция;  
отчета о проверке производства от 23.06.2010 НСО МЭКЭС CERTIF, Португалия;

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Схема сертификации № 3а  
Место нанесения знака соответствия по ГОСТ Р 50460-92 наносится на изделие и на упаковку.  
Система сертификации: 3.

 Руководитель органа по сертификации В.А. Голыцын  
Эксперт М.В. Позданинова

Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

### Вариант 8

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

 № РОСС RU.AH55.H00610  
Срок действия с 30.01.2013 по 29.01.2016  
№ 0996923

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ рег. № РОСС RU.0001.10A155.  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ ЦЕНТР ИССЛЕДОВАНИЙ И СЕРТИФИКАЦИИ «ФЕДЕРАЛ» (ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ),  
ул.Данилова, 5, офис 304, г. Пермь, Пермский край, 614990, Россия, тел. (342) 236-38-00, факс (342) 236-38-00.

ПРОДУКЦИЯ ЭКСТРАКТ ПРОПОЛВИСА ВОДНЫЙ «ЭЙ-ПИ-ВИ».  
СТО 43044551.004-2010. код ОК 005 (ОКП):  
98 8229

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ  
СанПиТ 2.3.2.1078-01, Приложение 1, пп.1.10.7, 1.10.8., Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), Глава II, Раздел 1, п. 10.7/6., 10.8., ГОСТ Р 51074-2003, П. 3, 4 п.4.20.2. код ТН ВЭД России:  
2106 90 980 9

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Общество с ограниченной ответственностью "Тенториум", ИНН: 5906034336.  
Адрес: ул.Леонова, 90, г.Пермь, Пермский край, Россия, 614065.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН Общество с ограниченной ответственностью ООО "Тенториум"  
Свидетельство ОГРН № 1025901369592 от 30.10.2002 г. ИМНС РФ по Мотовилихинскому району, г.Пермь. ИНН: 5906034336. Адрес: ул.Тургенева, 35, г.Пермь, Пермский край, Россия, 614000. Телефон (342) 226-02-62.

НА ОСНОВАНИИ Протокола испытаний №5499 от 15.01.2013 г. ООО Центр исследований и сертификации "ФЕДЕРАЛ" (ИЛ), рег. № РОСС RU.0001.21ПЦ17, адрес: ул.Энергетиков, 38, г.Пермь, ветеринарного заключения №СЭД-49-01-12-819 от 15.11.2012 г., выданного Государственной ветеринарной инспекцией Пермского края

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Место нанесения знака соответствия: на этикетке потребительской упаковки.  
Система сертификации: 3.

 Руководитель органа по сертификации В.А.Тонков  
Эксперт М.В.Позданинова

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 5

1. Какие признаки сертификата соответствия характеризуют его подлинность (действительность)? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Что такое услуга в соответствии с МС ИСО 9004.2? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Какую цель преследует добровольная сертификация? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Кто определяет проведение обязательной и добровольной сертификации продукции (услуг)? \_\_\_\_\_
5. Какой маркировочный знак на упаковке товара информирует покупателя о том, что товар имеет сертификат соответствия \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. В каких системах обязательной сертификации должны быть сертифицированы ПК? \_\_\_\_\_
7. В процессе сертификации принимает участие третья сторона. Что это такое?  
\_\_\_\_\_
8. Кто оплачивает сертификационные испытания? \_\_\_\_\_
9. Существует ли срок действия сертификата соответствия? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
10. Каким внешним признаком отличаются системы сертификации \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 «АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ ШТРИХКОДОВ.  
ПРОВЕРКА ИХ ПОДЛИННОСТИ»**

**Время выполнения:** 90 мин

**Информационные источники:** лекции

**Приложения** (образцы)

**Критерии оценивания практического занятия:**

Отметка «5» - работа выполнена в полном объеме, с соблюдением алгоритма выполнения: правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; получены результаты в соответствии с поставленной целью.

Отметка «4» - выполнены требования к отметке «5», но были допущены два-три недочета; не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Отметка «3» - работа выполнена не в полном объеме, но объем выполненной части работы позволяет получить часть результатов в соответствии с поставленной целью.

Отметка «2» - работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет получить никаких результатов в соответствии с поставленной целью.

**Цель:** приобрести практические навыки и умения в процессе проверки подлинности штрихкодов, изучить структуру различных видов штрихкодов.

**Перечень оборудования:** методическое указание, индивидуальное задание, карандаш, ручка, линейка.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Прочитать методическое указание;
- 2 Проанализировать заданные штрихкоды (таблица П1 Индивидуальное задание) ;
- 3 Определить вид и структуру штрихкода;
- 4 Определить код страны, код изготовителя, код товара;
- 5 Определить контрольный разряд;
- 6 Полученные сведения занести в табл.1 в ту строку, которой соответствуют заданные штрихкоды (по видам). 3 Проверить подлинность первого и третьего штрихкодов по контрольному разряду. 4 Рассчитать контрольную цифру второго штрихкода. 5 На основании выполненных пунктов 3, 4 и анализа всех штрихкодов написать выводы с обоснованием их подлинности.

Таблица 1- Информация о заданных штрихкодах

Вид штрих кода	Полный штрихкод	Цифровой код			
		страны	изготовителя	товара	контрольного разряда
EAN-8					
EAN-13					
UPC-10					
UPC-12					
UPC-14					

Алгоритм расчета контрольной цифры применим для штрихкодов EAN-8, EAN-13, UPC, ISBN, ISSN. При этом используется один и тот же алгоритм вычислений по модулю 10. Для расчета контрольной цифры следует пронумеровать все разряды цифрового ряда справа налево, начиная с позиции контрольного разряда (первый). Затем:

1. начиная со второго, сложить цифры всех четных разрядов;
2. полученную сумму умножить на 3;
3. начиная с третьего, сложить цифры всех нечетных разрядов;
4. сложить результаты, полученные во втором и третьем пунктах;
5. значение контрольного разряда является наименьшим числом, которое

в сумме с величиной, полученной в пункте 4 даст число, кратное 10.

### Пример расчёта

Пример вычисления контрольного разряда для следующего штрихкода:

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
4	2	7	6	2	2	1	3	5	7	4	6	9

1)  $2 + 6 + 2 + 3 + 7 + 6 = 26$ ;

2)  $26 \cdot 3 = 78$ ;

3)  $4 + 7 + 2 + 1 + 5 + 4 = 23$ ;

4)  $78 + 23 = 101$ ;

5)  $101 + 9 = 110$ .

При совпадении контрольной цифры с добавляемой для кратности цифрой (9) – штрихкод верен

### Контрольные задания

Вариант 1		
1	2	3
		
Вариант 2		

 7 35858 13555 9	 3 800010 65016x	 5017 3976
--	--	--

Вариант 3

 6 10839 40008 9	 4 600051 00014x	 5450 0549
--	--	--

Вариант 4

 199110242291	 4 750080 49221x	 4011 1315
---	--	--

Вариант 5

 2 000007 040342	 5 900910 00037x	 4030 6445
--	--	--

Вариант 6

 8 934827 223323	 4 607014 44027x	 0 123151 9
--	--	---

Вариант 7

 0 9 1 1 6 3 2 0 1 1 7 5	 6 412600 81644x	 8415 1889
--	--	--

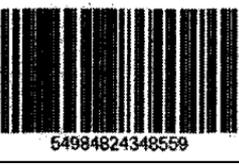
Вариант 8

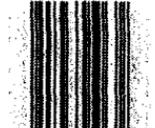
1  0 88698 60362 8	2  4 600261 51644x	3  8710 8026
---	---	---

Вариант 9

 05000394910218	 4 620000 88001x	 0 123193 9
---	--	---

Вариант 10

		
Вариант 11		
		
Вариант 12		
		
Вариант 13		
		
Вариант 14		
		
Вариант 15		
		
Вариант 16		
1	2	3
		
Вариант 17		
		
Вариант 18		

 8 886300 020007	 5 995327 17207x	 4600 4215
Вариант 19		
 4 600625 000292	 7 35858 14986 x	 5039 3305
Вариант 20		
 05021545543158	 4 711421 609050 x	 9 312631 122633
Вариант 21		
 1 929477 020016	 5 010232 98628x	 4601 4412
Вариант 22		
 4 600822 200310	 7 391397 01705x	 4667 8386
Вариант 23		
 8 711483 058335	 7 24352 35542	 0 123033 1
Вариант 24		
 4 710268 202295	 8 594737 35401x	 4600 2266
Вариант 25		
 05000394910218	 4 710268 20376 x	 0 91163 58033 0

- 3) наименование фирмы-изготовителя (эта информация может быть дополнительно обозначена буквами латинского алфавита);
- 4) основное или функциональное предназначение товара или область его применения;
- 5) правила и условия безопасности хранения, транспортирования, безопасного и эффективного использования, ремонта, восстановления, утилизации, захоронения, уничтожения (при необходимости);
- 6) основные потребительские свойства или характеристики;
- 7) информацию об обязательной сертификации;
- 8) товарный знак (товарную марку) изготовителя (при наличии);
- 9) дату изготовления;
- 10) штриховой код товара;
- 11) юридический адрес изготовителя и (или) продавца
- 12) массу нетто, основные размеры, объем или количество;
- 13) состав (комплектность);
- 14) срок годности (или службы);
- 15) обозначение нормативного или технического документа, по которому изготавливается товар (для товаров отечественного производства);
- 16) информацию о добровольной сертификации (при наличии);
- 17) информацию о знаке соответствия товара национальным стандартам (на добровольной основе);
- 18) специфическую информацию для потребителя (при необходимости).

Пункты 1—10 являются обязательными для указания изготовителями и (или) продавцами. В зависимости от вида технической сложности товара изготовитель вправе применить все или часть пунктов 11 — 18.

Существует понятие **«маркировка продукции знаком соответствия»**, которая представляет собой только изображение знака соответствия, нанесенного на продукцию, тару (упаковку), сопроводительную техническую документацию. Знак соответствия системы сертификации убеждает

потребителя в надлежащем качестве товара и его безопасности, а также соответствии национальным стандартам. Наряду со знаком соответствия существует понятие «знак обращения на рынке», который указывает на соответствие товара техническому регламенту. При маркировке применяют следующие технологические приемы:

- клеймение готового изделия, упаковочной единицы;
- оформление сопроводительной документации знаком соответствия/знаком обращения на рынке в ходе технологического процесса изготовления;
- применение комплектующих изделий, упаковочных материалов и бланков сопроводительной документации с нанесенными на них изображениями знака соответствия;
- прикрепление специально изготовленных носителей знака соответствия (ярлыков, этикеток, самоклеящихся лент и т.д.).

На основании Закона «О защите прав потребителей», постановления Правительства Российской Федерации «О маркировании товаров и продукции на территории России знаками соответствия, защищенными от подделок» на территории Российской Федерации введены знаки соответствия для маркировки товаров, подлежащих обязательной сертификации. Положения этих документов относятся как к производимой в России, так и к импортируемой продукции.

Следовательно, продукция поставляемая в Россию по импорту должна обязательно иметь знак соответствия национальному (Российскому) стандарту. Таким знаком соответствия является знак «Ростеста» (Рис. 1).



Рисунок 1 Знак соответствия требованиям национальному (российскому) стандарту

В постановлении Госстандарта России (ныне — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии) от 30 января 2004 г. № 4 «О национальных стандартах Российской Федерации» указано:

- со дня вступления в силу Федерального закона от 27 декабря 2002г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» признать национальными стандартами государственные и межгосударственные стандарты, принятые Госстандартом России до 1 июля 2003г.;

- впредь до вступления в силу соответствующих технических регламентов требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, установленные указанными национальными стандартами, подлежат обязательному исполнению только в части, соответствующей целям:

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;

- предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей.

В соответствии с этим же постановлением до вступления в силу вновь разработанных соответствующих правил, норм и рекомендаций по стандартизации признано целесообразным сохранить для действующих государственных и межгосударственных стандартов и разрабатываемых национальных стандартов условные обозначения «ГОСТ» и «ГОСТ Р».

Ответственность за соблюдение правил маркировки возложена на предприятия-изготовители, организации-импортеры, торговые организации, а также на индивидуальных предпринимателей.

Одним из признаков отличия компьютеров известных фирм от «подпольной» сборки является наличие множества маркировочных знаков соответствия национальным и международным стандартам, а также знаков тестирования известных частных и участных (независимых) компаний. Эти

МЗ размещают не только на самой электронной аппаратуре, но и на соединительных кабелях, разъемах, а также на упаковке товара.

Мониторы компьютеров на электромагнитной трубке (CRT) и жидкокристаллические (LCD) должны иметь защиту пользователя от электромагнитного излучения. Знак, свидетельствующий о такой защите, в зависимости от года выпуска монитора имеет вид, приведенный на рис. 2.

Первый популярный шведский стандарт был принят в 1990 г. и назывался MPRII (рис.2,*a*). Этот стандарт жестко регламентировал нормы уровня излучения ПК. Но поистине наднациональным (международным) и почетным для производителей мониторов стал стандарт TCO, который первоначально обновлялся каждые три года.

Были TCO'92, 95, 99, 03, 06 (см. рис.2,*б—e*). Аббревиатура TCO расшифровывается как Шведская конфедерация профсоюзов. Разработкой стандартов TCO занимались четыре организации: собственно профсоюзная организация; Шведское общество охраны природы;

а	б	в
г	д	е

а - МРП II; б – ТСО'92; в – ТСО'95; г – ТСО'99; д – ТСО'03; е – ТСО'06  
Рисунок 2 – Знаки защиты пользователя от электромагнитного излучения:

Национальный комитет промышленности и технического развития — NUTEK;

- измерительная компания SEMKO, имеющая авторитет независимой сертификации наравне с немецкой компанией TUV(знак показан на рис. 3).



Рисунок 3 – Знак тестирования немецкой компанией TUV

На сегодняшний день ТСО'06 является последней версией международного стандарта безопасности ПК.

Наряду с международными существуют национальные нормы безопасности на качественный товар определенной категории. Например, в Германии есть знак «Голубой ангел» (BlueAngel), приведенный на рис.4. Этот знак означает экологически «дружественную» среду. Монитор с этим знаком должен соответствовать стандарту «Энерджистар» (EnergyStar) по экономии энергии (рис.5), требующий, чтобы монитор потреблял не более 30 Вт в режиме «ожидания». Кроме того, компьютер должен иметь блочную конструкцию для упрощения модернизации и ремонта. Производитель также должен быть готовым принять обратно продукцию после истечения срока службы для ее дальнейшей утилизации. Ранее используемый только в Германии, знак «Голубой ангел» стал общеевропейским.

В Дании экологи разработали «Лебединые» стандарты (рис. 6).



Рисунок 4 – Знак безопасности «Голубой ангел» (Германия)



Рисунок 5 – Знак соответствия стандарту «Энерджи стар» по экономии энергии



Рисунок 6 – «Лебединый» стандарт Дании

У большинства компьютеров предусмотрена универсальная последовательная шина USB (рис.7). Стандарт шины обеспечивает возможность подключения к компьютеру периферийных устройств без необходимости перезагрузки компьютера или запуска программы установки. USB-шина позволяет таким устройствам, как цифровой фотоаппарат или сканер, работать одновременно.

Маркировка Plug&Play, указанная на упаковке видеокарт, полностью поддерживает стандарт простой инсталляции в среде Windows95, 98, 2000, XP, Миллениум.



Рисунок 7 – Знак соответствия стандарту USB-шины

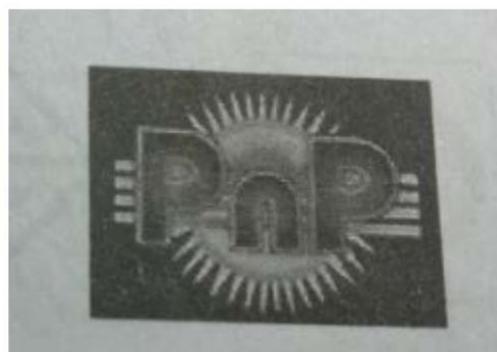


Рисунок 8 – Знак соответствия стандарту простой инсталляции

При импорте товара в страну отобранные из партии образцы проверяются на соответствие стандартам этой страны. Продукция, прошедшая испытания, получает знак соответствия национальному стандарту.

В Европе существует знак СЕ (произносится «си-и») (рис.9), означающий, что уполномоченная организация протестировала Присланный на испытания образец и признала его соответствующим неким стандартам, о которых знает только она. Однако получение такого сертификата от организации, разбирающейся буквально во всем на свете, не очень убеждает, что товар хорошего качества, так как этот знак фигурирует практически на всех видах товаров.

Вместе с тем существуют частные и получастные компании, устанавливающие стандарты в определенной области. Эти стандарты, не будучи строго обязательными, способствуют продвижению товара на ранке. Примером может служить немецкая частная компания TUV, специализирующаяся на тестировании электронной аппаратуры. Наличие эмблемы TUV(см. рис.3) на упаковке и товаре означает, что фирма-производитель заботится о своей репутации и не жалеет средств на подтверждение высоких достоинств своего товара.

Еврокомитет по нормированию в электротехнике провел гармонизацию национальных нормативов безопасности с разработанными Общеввропейскими нормами и с 1994 г. европейский знак безопасности ENEC(рис.10) присваивают электротехническому оборудованию после контроля по специальным методикам в одном из 16 аккредитованных центров Евросоюза. Наличие знака ENECна товаре значительно облегчает его сбыт в странах Евросоюза и вне его, так как продукция с этим знаком не должна подвергаться испытаниям в национальных контрольных органах.

Равнозначным ему является знак Германского союза электротехников VDE, представленный на рис. 11 и получивший широкое признание более чем в 50 странах.



Рисунок 9 – Знак тестирования на соответствие стандартам Евросоюза



Рисунок 10 – Общеввропейский знак тестирования на безопасность



Рисунок 11 – Знак тестирования в Германском союзе электротехников

Знак GS— «испытанная безопасность» (рис.12) — не менее авторитетная гарантия надежности, чем знак VDE. Оба эти знака выдаются германскими пунктами VDEи RUN.

Знак FCC(рис.13) свидетельствует, что продукция протестирована в Федеральной коммуникационной комиссии США. Эта комиссия устанавливает предельные нормы электромагнитных наводок (EMI), радионаводок (RF1), генерируемых компьютером. Эти ограничения касаются и защиты радио- и телевизионных приемников от воздействия компьютерного оборудования. Установлены два класса норм (А и В) в зависимости от применения компьютерного оборудования. Нормы класса А применяются к оборудованию для торговой и промышленной сфер, класса В — для жилых помещений. Большинство ПК должно удовлетворять нормам класса В. Некоторое оборудование, например серии APC Back— UPS, может не проверяться на нормы FCC, поскольку в нем нет источников высокочастотных помех.

Наличие знака CSA Канадской организации по стандартам, приведенного на рис.14, свидетельствует о регламентированной степени безопасности электрооборудования. Стандарты и тестовые процедуры CSA во многом сходны, хотя и не совпадают со стандартами UL США.



Рисунок 12 – Знак тестирования на соответствие продукции требованиям безопасности в Германской компании



Рисунок 13 – Знак тестирования в Федеральной телекоммуникационной комиссии США



Рисунок 14 – Знак тестирования в Канадской организации по стандартам

Знак  $U_L$  ( $U_L$ —Underwriters Laboratory), представленный на рис.15, в переводе означает «Лаборатория страховщиков» — это частная организация, первоначально основанная для нужд страховых компаний при оказании помощи потребителям в выборе энергобезопасной продукции и оборудования.

Знак на рис.16 — логотип, представляющий собой слитное написание русской буквы «Я» и латинской буквы «U» с левым наклоном, является знаком, присваиваемым сертифицированной лабораторией в США.

Знак, показанный на рис.17, — знак тестирования на соответствие требованиям японской ассоциации VCCI— добровольного контролирующего совета по помехам; на рис. 18 — знак тестирования на соответствие требованиям австралийского департамента связи (ACA); на рис. 19 — знак соответствия тайваньского Бюро по стандартизации, метрологии и поверке.



Рисунок 15 – Знак тестирования в

лаборатории страховщиков США



Рисунок 16 – Знак тестирования в

лаборатории США



Рисунок 17 – Знак тестирования в Японской

ассоциации (контролирующий совет по помехам)



Рисунок 18 – Знак тестирования в Австралийском департаменте связи



Рисунок 19 – Знак соответствия требованиям тайваньского Бюро по стандартизации метрологии и поверке



Рисунок 20 – Предупреждающий знак «Внимание! Риск электрического удара. Не открывать»

лаборатории страховщиков  
США



Рисунок 18 – Знак  
тестирования в  
Австралийском  
департаменте связи



Рисунок 21 – Продукция содержит ртуть

лаборатории США



Рисунок 19 – Знак  
соответствия  
требованиям  
тайваньского Бюро  
по стандартизации  
метрологии и  
поверке



Рисунок 22 – Продукция изготовлена  
по безсвинцовой технологии

ассоциации  
(контролирующий совет по  
помехам)



Рисунок 20 –  
Предупреждающий знак  
«Внимание! Риск  
электрического удара. Не  
открывать»

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие МЗ должны обязательно присутствовать на мониторе ПК?:
2. Какие МЗ на изучаемом мониторе информируют пользователя о безопасности ПК?
3. Какие МЗ на заданном мониторе информируют пользователя о странах-экспортерах данного монитора?
4. Сколько сертификатов соответствия должен иметь ПК с выходом в Интернет?
5. Сколько СС должен иметь ПК без подключения к телефонной сети?
6. Какие МЗ должны обязательно присутствовать на мониторе, приобретаемом в России?
7. Какая последняя версия ТСО действует в настоящее время для вновь выпускаемых мониторов ПК?
8. Что означает знак ТСО'98 на мониторе?
9. Перечислите вредные для пользователя факторы, исходящие от ПК.
10. На каком основании производитель мониторов маркирует свою продукцию тем или иным знаком?
11. Как по МЗ можно отличить подделку? Поясните на примере заданного монитора.
12. Какие МЗ информируют о качестве продукции?
13. Какие МЗ указывают на страну –производителя?
14. Какой МЗ информирует о дате выпуска ПК?
15. Дайте характеристику МЗ немецкой частной компании TUV.

Приложение 1 Индивидуальное задание  
Вариант 1

<b>SAMSUNG SyncMaster</b>		SAMSUNG WYNYARD PARK, BILLINGHAM, CLEVELAND TS22 5BB, UK	
Model Name: 758DFX S	Color Display Unit	  	   
Model Code: AN17KSBU/EDC	Type No.: PN17KS		
AC 100-240V- 60/50Hz 1.2A			
<p>Die in diesem Gerät entstehende Röntgenstrahlung ist durch eine eigensiche Kathodenstrahlröhre nach Anlage III Röntgenverordnung ausreichend abgeschirmt. Abschirmungsspannung: Max. 20kV.</p> <p>Apparatet må kun tilsluttes jordet stikkontakt. Apparaten skall anslutas till jordat uttag när den ansluts till ett nätverk.</p>			
<b>AN17HJFTB19722V</b>		Произведено в Великобритании <b>MADE IN WYNYARD, U.K. (SEUK)</b> <b>MANUFACTURED:</b> <b>NOVEMBER 2002</b>	
			

Вариант 2

<b>SAMSUNG SyncMaster</b>		SAMSUNG WYNYARD PARK, BILLINGHAM, CLEVELAND TS22 5BB, UK	
Model Name: 753S S	Color Display Unit	  	   
Model Code: AN17LS7L/EDC	Chassis Code: AC2A		
AC 100-240V- 60/50Hz 1.2A			
<p>Die in diesem Gerät entstehende Röntgenstrahlung ist durch eine eigensiche Kathodenstrahlröhre nach Anlage III Röntgenverordnung ausreichend abgeschirmt. Abschirmungsspannung: Max. 20kV.</p> <p>Apparatet må kun tilsluttes jordet stikkontakt. Apparaten skall anslutas till jordat uttag när den ansluts till ett nätverk.</p>			
<b>AN17HJGW204039F</b>		Произведено в Великобритании <b>MADE IN WYNYARD, U.K. (SEUK)</b> <b>MANUFACTURED:</b> <b>FEBRUARY 2003</b>	
			

**NEC LCD MONITOR**  
**LCD1704M**

**CAUTION:** TO PREVENT ELECTRIC SHOCK, DO NOT REMOVE THE ENCLOSURE.  
NO USER-SERVICEABLE PARTS INSIDE.

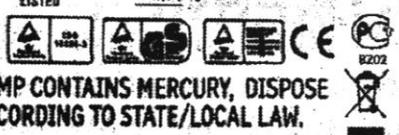
**ATTENTION:** AFIN DE PREVENIR DE TOUT CHOC ELECTRIQUE, NE PAS OUVRI  
LE BOISIER AUCUNE PIÈCE INTERNE NE PEUT ÊTRE CHANGÉE PAR L'UTILISATEUR.

**ACHTUNG:** ZUM VERHÜTEN VON NETZ STÖß DEN NETZSTECKER AUS DER  
STÖCKROSE ZU ZIEHEN. GEGÄR NICHT ÖFFNEN. ES SIND KEINE DURCH DEN  
ANWENDER AUSWECHSELBAREN TEILE IM GERÄT VORHANDEN.

**VAROITUS:** LAITE ON LITETTÄMÄ SUOJAMAADOITUKSISÄÄTTIMÄLLÄ  
VÄRSIETTÄMÄN PISTOKASIAN.

**ADVARSEL:** APPARATET MÅ TILBEGIVES IKKDET STRØMKNØDRE.

Copyright © 2005 NEC Display Solutions, Ltd.  
Model: L1704M  
100-240V~ 50/60Hz 0.8 - 0.1A



THIS CLASS B DIGITAL APPARATUS MEETS ALL REQUIREMENTS OF THE CANADIAN INTERFERENCE-CAUSING EQUIPMENT REGULATIONS.  
CET APPAREIL NUMÉRIQUE DE LA CLASSE B RÉPONDRE TOUTES LES EXIGENCES DU RÈGLEMENT SUR LE MATÉRIEL PRODUISANT DU BRUIT AU CANADA.

NEC Display Solutions, Ltd.  
4-13-03 Shibuya, Minato-ku, Tokyo, 100-0021, Japan

MADE IN CHINA  
M027843 400199-848-168 JV

Вариант 4

**LG FLATRON L1717S-SN**

LGE  
LG Twin Towers, 20, Yeoido-Dong,  
Youngdeungpo-Gu, Seoul, 150-721, Korea.

PRODUCT CODE: L1717S-SNN.ANEUEPX  
POWER: AC 100-240V~ 50/60Hz 1.0A  
SERIAL NO.: 510DILSOR872

MODEL NO.: L17N8-8  
MANUFACTURED: OCTOBER 2005  
FCC ID: BEJL17NP

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

This Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003.  
Cet appareil numérique de la classe B est conforme à la norme NMB-003 du Canada.

Appareil numérique de la classe B conforme à la norme NMB-003 du Canada.

UL US LISTED  
E62082, 5089 I.T.E.  
Factory ID: LI

PGC  
B2703

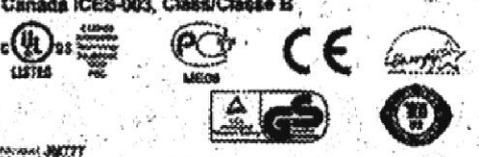
MADE IN INDONESIA  
36S0T1Z667A

**RoverScan Maxima**

P/N: JM678  
 Rating: 100-240V~, 50/60Hz, 1.2A  
 Mfg. Date: 2003.01  
 Serial No: 304T5002200264

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Canada ICES-003, Class/Class B



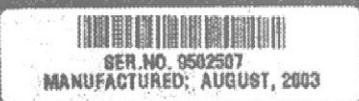
Model JM678  
 Made in China

**Вариант 6**

**SONY** TFT LCD COLOR COMPUTER DISPLAY  
 MODEL: SDM X53  
 100-240V ~ 50-60Hz 1.0A

Ciełkryształiczny, kolorowy monitor komputerowy z aktywną matrycą

Apparaten skall anslutas till jordat nätuttag



SER. NO. 9502507  
 MANUFACTURED: AUGUST, 2003



MADE IN KOREA  
 FABRIQUE EN CORÉE  
 4-036-424-11

**Вариант 7**

**LG** **FLATRON F720P** LGE LG Twin Towers, 20, Yoido-Dong, Youngdeungpo-Gu, Seoul, 150-721, Korea

PRODUCT CODE : F720PL.ALRUG  
 POWER : AC 200 - 240V ~ 50Hz 1.0A  
 SERIAL NO. : 410NTMXAK219



MODEL NO. : F17LE-0  
 MANUFACTURED : OCTOBER 2004

Warning : This product includes critical mechanical and electrical parts which are a sea for X radiation safety. For continued safety replace critical components indicated in the service manual only with exact replacement parts given in the parts list. Operating high voltage for this product is max. 29kV at minimum brightness. Refer to service manual for measurement procedures and proper service adjustments.

This device complies with FDA Radiation Performance Standards, 21 CFR Subchapter

Apparaten skall anslutas till jordat nätuttag

Case No.: CA-  
 MADE IN CHINA



LISTED 180V  
 ITE  
 ESH7144  
 OPNS CODE:LT

3850TIA20

**SAMSUNG** **X11**

MODEL : NP-X11A  
 INPUT 19V  $\pm$  4.74A(MAX)

NS63 CCC PCT  
 MERS  
 EN 60650

INTERNATIONAL  
 These markings apply to the ADPPE  
 National (M2) models in the PC

FC Complies with Part 15 FCC Rules  
 FCC Reg. ACN00191A0105  
 REM 5.18

CE 0336

AGENS SYSTEMS INC. 34200  
 104-00001  
 AGENS SYSTEMS INC. 34200  
 104-00001

MODEL : NP-X11A904/SER  
 S/N : 029W93EP300005P

BA88-03638A 11

Made in China

**Вариант 9**

**SAMSUNG** Model : MY19 943N  
 Model Code : LS19MYAKBS-EDC

Color Display Unit  
 Type No. : MY19LS  
 電壓電流 AC100-240V- 50/60Hz 3.7A  
 US PAT NO 5,870,872

Apparatul este echipat pentru siguranță!  
 Apparatet erkiel erkielutet bi jerdet uttag.  
 Laito on tarkoitettu suojelemaan (us & osake) ja vaurioitua palovaurioita.

Самодельные устройства (us & osake) ja vaurioitua palovaurioita.

UL I.T.E. 700J LISTED  
 TMO 03

FC Samsung MY19LS  
 A.M.S.  
 CE N363  
 SP  
 R30475

MY19HMAQ122136X

Произведено в Мексике  
 製造國 製造年月  
 MADE IN MEXICO MA, MY19LS-EDC  
 MANUFACTURED IN MEXICO

# RoverScan Optima 170

**Model: ES678**

**Rating: 100-240V~, 50/60Hz, 1.2A**

**Mfg. Date: 2004.10**

**Serial No: 444AG002870783**

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

**Canada ICES-003, Class/Classe B**



Вариант 11



**Model: 910M S**  
**Model Code: GS19MS66/EDC**

Color Display Unit  
Type No.: GH19MS

AC100-240V- 50/60Hz 0.7A

Apparater må kun tilkoples jordet stikkontakt.  
Apparater skall anslutas till jordat uttag när den ansluts till ett nätverk.



S/N: GS19H4JX600033A



Произведено в Корее  
MADE IN SUWON, KOREA(SEC)  
MANUFACTURED: JUNE 2004

BN86-00814A-00



Вариант 13

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНО - ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Лабораторно- практические работы (ЛПР) относятся к основным видам учебных занятий, которые направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений, а также формирование профессиональных практических умений.

**Основными целями ЛПР должны быть:**

- а) углубленное освоение обучающимися теоретических положений изучаемой дисциплины и получение практических навыков планирования, постановки и проведения эксперимента в соответствующей предметной области;
- б) формирование умений применять полученные знания на практике;
- в) изучение особенностей устройства, состояния, поведения и/или функционирования конкретных объектов исследования;
- в) освоение приемов, методов и способов выявления, наблюдения, измерения и контроля свойств объектов исследования;
- г) усвоение приемов, методов и способов обработки, представления и интерпретации результатов проведенных исследований;
- д) приобретение практических навыков выбора, настройки, регулировки и применения технических средств исследования, наблюдения, контроля, измерения;

е) выработка таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

**Для эффективного достижения перечисленных выше целей обучающиеся должны:**

- а) понимать смысл, содержание и значимость целей каждой из ЛПР;
- б) знать положения теории, относящиеся к особенностям устройства, поведения и применения данного объекта исследования;
- в) знать особенности методов (способов) наблюдения, контроля и измерений, применяемых в ходе выполнения данной ЛПР;
- г) выполнять конкретные измерения и/или наблюдения, указанные в каждой ЛР;
- д) обработать результаты измерений и/или наблюдений и оценить погрешности;
- е) дать заключение о годности и полученной характеристике объекта исследования.

## **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 "ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ШКАЛЫ"**

### **Критерии оценивания ЛПР**

**Оценка «5»** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4»** ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

**Оценка «3»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2»** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

**Цель:** Изучить приборы для измерения температуры, температурные шкалы

**Время работы:** 90 мин

**Оборудование:** приборы для измерения температуры

**Теоретические сведения:**

**Классификация приборов для измерения температуры**

В зависимости от методики измерений все типы термометров делятся на 2 класса: контактные и бесконтактные.

**Контактные** – их отличительной особенностью является необходимость теплового контакта между датчиком термометра и средой, температура которой измеряется.

**Контактные приборы по принципу измерения делятся на:**

1. Термометры расширения.
2. Манометрические термометры.
3. Термометры сопротивления.
4. Термопары.

**Бесконтактные** - это такие термометры, для измерения которыми нет необходимости в тепловом контакте среды и прибора, а достаточно измерений собственного теплового или оптического излучения.

**Бесконтактные делятся на:**

1. пирометры излучения;
2. радиометры;
3. тепловизоры.

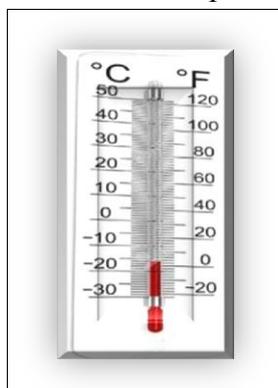
### **Термометры расширения.**

Термометры широко применяют на практике. Почти все они основаны на тепловом расширении тел, точнее, на различном расширении разных тел. Эти тела могут быть твердыми, жидкими и газообразными. В зависимости от этого различают стеклянные жидкостные термометры и манометрические термометры.

### **Стеклянные жидкостные термометры**

Принцип работы стеклянных жидкостных термометров основан на расширении термометрической жидкости, заключенной в термометре, в зависимости от температуры.

Стеклянные термометры подразделяются на термометры с вложенной шкалой и палочные.



Термометр расширения.

**Термометр с вложенной шкалой** состоит из стеклянного резервуара и припаянного к нему стеклянного капилляра. Вдоль капилляра расположена шкала, которая нанесена на пластине молочного стекла. Резервуар, капилляр и шкала размещены в стеклянной оболочке.

**Палочные стеклянные термометры** состоят из толстостенных капилляров. Шкала термометра наносится на наружной поверхности капилляра.

**Шкалы** термометров отградуированы в градусах Цельсия. В зависимости от диапазона измерения температуры применяются различные термометрические жидкости: ртуть (- 35 + 600°C); толуол (- 90 + 200°C); этиловый спирт (- 80 + 70°C); керосин (- 60 + 200°C); петролейный эфир (- 120 + 25°C); пентан (- 200° + 20°C).

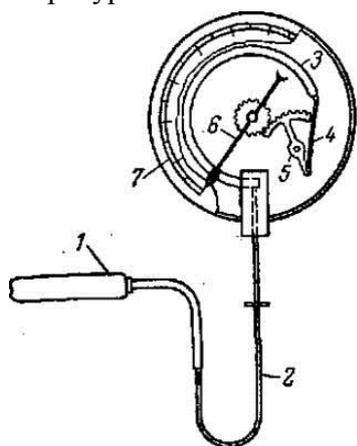
Наибольшее распространение в лабораторных исследованиях и в промышленности получили ртутные термометры, т.к. они обладают рядом преимуществ. Ртуть является несмачивающей жидкостью, которая сравнительно легко получается в химически чистом виде, а также ртуть остается жидкой в широком интервале температур.

**Достоинством** стеклянных жидкостных термометров является высокая точность измерения, простота и дешевизна. К недостаткам следует отнести плохую видимость шкалы, невозможность автоматической регистрации показаний и ремонта термометра, тепловая инерционность.

В зависимости от вида термометрического вещества различают газовые, жидкостные и конденсационные термометры. Действие манометрических термометров основано на зависимости давления манометрического вещества в герметически замкнутом объеме от температуры.

**Манометрические термометры** предназначены для дистанционного измерения и регистрации температуры газов, паров и жидкостей. В некоторых

случаях манометрические термометры изготавливаются со специальными устройствами, преобразующими сигнал в электрический и позволяющими производить регулирование температуры.



Манометрический термометр. Схема устройства манометрического термометра: 1 - термометрический баллон; 2 — капиллярная трубка; 3 — полая манометрическая пружина; 4 — тяга; 5 — зубчатый сектор; 6 — стрелка; 7 — шкала.

**В основу действия манометрических термометров положена зависимость давления рабочего вещества в замкнутом объеме от температуры. В зависимости от состояния рабочего вещества различают газовые, жидкостные и конденсационные термометры.** Конструктивно они представляют собой герметичную систему, состоящую из баллона, соединённого капилляром с манометром. Термобаллон погружается в объект измерения и при изменении температуры рабочего вещества происходит изменение давления в замкнутой системе, которое через капиллярную трубку передается на манометр. В зависимости от назначения манометрические термометры бывают самопишущими, показывающими, безшкальными со встроенными преобразователями для дистанционной передачи измерений. Достоинство данных термометров является возможность их применения на взрывоопасных объектах. К недостаткам относится невысокий класс точности измерения температуры (1,5, 2,5), необходимость частой периодической поверки, сложность ремонта, большие размеры термобаллона.

Термометрическим веществом для **газовых манометрических термометров** служит азот или гелий. Особенностью таких термометров является достаточно большой размер термобаллона и, как следствие, значительная инерционность измерений. Диапазон измерения температур составляет от -50 до +600°C, шкалы термометров равномерны.

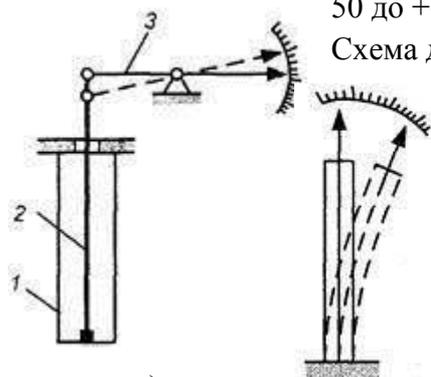


Схема дилатометрического и биметаллического термометра.

Принцип действия **дилатометрических и биметаллических** термометров основан на различии линейного расширения твердых тел, из которых изготовлены чувствительные элементы этих термометров.

Схема **дилатометрического** термометра представлена на рис. Термометр состоит из трубки 1, изготовленной из металла с большим коэффициентом линейного расширения (меди, латуни, алюминия), и стержня 2 из материала с малым коэффициентом линейного расширения (инвара, фарфора). Один конец трубки крепится неподвижно к корпусу прибора, а к другому жестко прикреплен стержень. Сама трубка помещается в среду, температуру которой измеряют. Изменение температуры среды приводит к изменению длины трубки, а длина стержня остается практически постоянной. Это приводит к перемещению стержня, который с помощью рычага 3 перемещает стрелку по шкале прибора.

Принцип действия **биметаллических** термометров основан на различии температурных коэффициентов линейного расширения металлических пластин (например, из инвара и латуни, из инвара и стали), сваренных (спаянных, склепанных) между собой по всей плоскости соприкосновения. Нагревание приводит к деформации такой *термобиметаллической* пластины;

последняя изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения (инвара) (рис. 5). Биметаллические термометры используются в качестве чувствительного элемента в температурных реле, а также для компенсации влияния температуры окружающей среды в измерительных приборах. Дилатометрические и биметаллические термометры для непосредственных измерений температуры применяются сравнительно редко.

По принципу действия все термометры делятся на следующие группы, которые используются для различных интервалов температур:

1 Термометры расширения от  $-260$  до  $+700$  °С, основанные на изменении объемов жидкостей или твердых тел при изменении температуры.

2 Манометрические термометры от  $-200$  до  $+600$  °С, измеряющие температуру по зависимости давления жидкости, пара или газа в замкнутом объеме от изменения температуры.

3. Термометры электрического сопротивления стандартные от  $-270$  до  $+750$  °С, преобразующие изменение температуры в изменение электрического сопротивления проводников или полупроводников.

4. Термоэлектрические термометры (или пирометры), стандартные от  $-50$  до  $+1800$  °С, в основе преобразования которых лежит зависимость значения электродвижущей силы от температуры спаев разнородных проводников.

5. Пирометры излучения от  $500$  до  $100000$  °С, основанные на измерении температуры по значению интенсивности лучистой энергии, испускаемой нагретым телом,



Рисунок Пирометр.

6. Термометры, основанные на электрофизических явлениях от  $-272$  до  $+1000$  °С (термошумовые термоэлектрические преобразователи, объемные резонансные термопреобразователи, ядерные резонансные термопреобразователи).

Термопары являются датчиками температуры и работают в комплекте с вторичными приборами: милливольтметрами и потенциометрами. Термопара представляет собой спай из двух разнородных металлических проводников (термоэлектродов), которые предназначены для измерения температуры в объекте.



Термометр сопротивления.

Измерение температуры по электрическому сопротивлению металлов основывается на зависимости их сопротивления от температуры. Для изготовления проволочных термопреобразователей применяют медь, платину, никель, железо. Лучшим материалом, несмотря на дороговизну, является платина. Она инертна и длительное время сохраняет свои свойства в широком диапазоне температур от  $-260$  до  $1100^{\circ}\text{C}$ .

Недостатком меди является невысокое удельное сопротивление и интенсивное окисление ее в воздухе при температурах  $>200^{\circ}\text{C}$ .

Никель устойчив против окисления на воздухе до  $400^{\circ}\text{C}$ , однако применяется для измерения температур лишь до  $+180^{\circ}\text{C}$  из-за значительной нелинейности характеристики при более высоких температурах.

Термопреобразователи изготавливаются из металла одинаковой чистоты, что проверяется измерением соотношения  $R_0$  и  $R_{100}$  (сопротивлений при температуре 0 и  $100^{\circ}\text{C}$  соответственно). При поверке термопреобразователей сопротивлений достаточно измерить эти два сопротивления, чтобы быть уверенным в правильности их градуировки (номинальной статической характеристики) на всем рабочем диапазоне температур.

### Температурные шкалы.

Наиболее популярные и получившие самое широкое распространение в мире шкалы температур - шкала Цельсия и Фаренгейта.

Рассмотрим по порядку имеющиеся шкалы и попробуем сравнить их с точки зрения удобства использования и практической пользы. Наиболее известных шкал пять:

**1. Шкала Фаренгейта** была изобретена Фаренгейтом, немецким ученым. В один из холодных зимних дней 1709 года ртуть в термометре ученого опустилась до очень низкой температуры, которую он предложил принять за нуль по новой шкале. Другой реперной точкой стала температура человеческого тела. Температурой замерзания воды по его шкале стали  $+32^{\circ}$ , а температурой кипения  $+212^{\circ}$ . Шкала Фаренгейта не является особенно продуманной и удобной. Ранее она широко применялась в англоязычных странах, в настоящее время - практически только в США.

**2. По шкале Реомюра**, изобретенной французским ученым Рене де Реомюром в 1731 году, нижней реперной точкой служит точка замерзания воды. Шкала основана на использовании спирта, который расширяется при нагревании, за градус была принята тысячная часть объема спирта в резервуаре и трубке при нуле. Сейчас эта шкала вышла из употребления.

**3. По шкале Цельсия** (предложена шведом Андерсом Цельсием в 1742 году) за нуль принята температура смеси льда и воды (температура, при которой тает лед), другая основная точка - температура, при которой вода закипает. Интервал между ними решено было поделить на 100 частей, и одна часть принята за единицу измерения - градус Цельсия. Эта шкала более рациональна, чем шкала Фаренгейта и шкала Реомюра, и сейчас используется повсеместно.

**4. Шкала Кельвина** изобретена в 1848 году лордом Кельвином (английский ученый У. Томсон). На ней нулевая точка соответствовала самой низкой возможной температуре, при которой прекращается движение молекул вещества. Это значение было теоретически вычислено при изучении свойств газов. По шкале Цельсия это значение соответствует приблизительно  $-273^{\circ}\text{C}$ , т.е. нуль по Цельсию равняется 273 К. Единицей измерения новой шкалы стал один кельвин (первоначально именовался «градус Кельвина»).

**5. Шкала Ранкина** (по фамилии шотландского физика У. Ранкина) имеет тот же принцип, что у шкалы Кельвина, а размерность та же, что у шкалы Фаренгейта. Эта система практически не получила распространения.

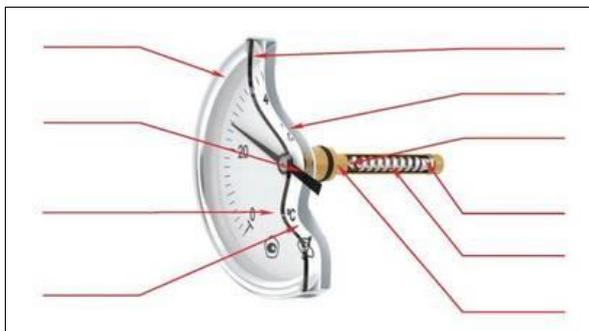
Значения температур, которые дает нам шкала Фаренгейта и Цельсия, могут быть легко переведены друг в друга. При переводе «в уме» значений по Фаренгейту в градусы Цельсия нужно исходную цифру уменьшить на 32 единицы и умножить на  $5/9$ . Наоборот (из шкалы Цельсия в Фаренгейта) - умножить исходное значение на  $9/5$  и добавить 32. Для сравнения: температура абсолютного нуля по Цельсию -  $273,15^\circ$ , по Фаренгейту -  $459,67^\circ$ .

**Задание 1.** Заполните таблицу пользуясь

Неисправность	Возможная причина	Способы устранения
Отсутствие показаний прибора.		
Постоянные неправильные показания прибора.		
Значительные расхождения в показаниях между прямым и обратным ходом стрелки		
При подключении термопары стрелка отклоняется влево до упора.		
Показания милливольтметра непрерывно изменяются.		
Колебания стрелки.		
При включении термопары стрелка указывает температуру окружающей среды, причем известно, что температура измеряемой среды отличается от этой температуры.		

**Задание 2.** Запишите в тетради коэффициенты пересчета температур.

**Задание 3.** Рядом со стрелками напишите название составных частей биметаллического термометра.



## Ответы.

### Задание 1.

Неисправность	Возможная причина	Способы устранения
Отсутствие показаний прибора.	Негерметичность системы.	Отремонтировать термобаллон или заменить его, оттарировать прибор.
	Соединительная трубка резко перегнута.	Не допускать перегиба соединительной трубки радиусом менее 150мм.
	Плохое сочленение передаточного устройства со стрелкой.	Погрузить термобаллон в тающий лед, установить стрелку на нуль и закрепить стопорные винты. Проверить показания прибора по всей шкале.
Постоянные неправильные показания прибора.	Стрелка сбита с начальной отметки.	Установить стрелку по образцовому термометру.
	Прибор плохо отрегулирован.	Регулировать прибор при монтаже и дважды в год при эксплуатации.
Значительные расхождения в показаниях между прямым и обратным ходом стрелки	Затирания стрелки о шкалу или стекло, заедания в тягах.	Устранить заедания
	Неполное омывание термобаллона измеряемой средой.	Погрузить термобаллон в измеряемую среду на необходимую глубину.
При подключении термопары стрелка отклоняется влево до упора.	Перепутана полярность подключения термопары.	Проверить полярность.
Показания милливольтметра непрерывно изменяются.	1. Плохой контакт в местах соединения элементов комплекта. 2. Неисправный милливольтметр.	1. Проверить надежность контактов мест соединения. 2. Заменить милливольтметр.
Колебания стрелки.	Слишком большой зазор между кернами и подпятниками.	Отрегулировать осевой зазор между кернами и подпятниками.
При включении термопары стрелка указывает температуру окружающей среды, причем известно, что температура измеряемой среды отличается от этой	Обрыв или короткое замыкание: в термопаре с компенсационным проводом, в милливольтметре, обрыв в уравнивательной катушке.	1. Заменить термопару. 2. Заменить милливольтметр. 3. Проверить и заменить катушку.

## Задание 2.

### Коэффициенты пересчета видов температур.

Фаренгейта в градусы Цельсия: вычитите 32, а затем умножить на 5, а затем разделить на 9;

Цельсия в градусы Фаренгейта: умножьте на 9, делим на 5, затем добавить 32;

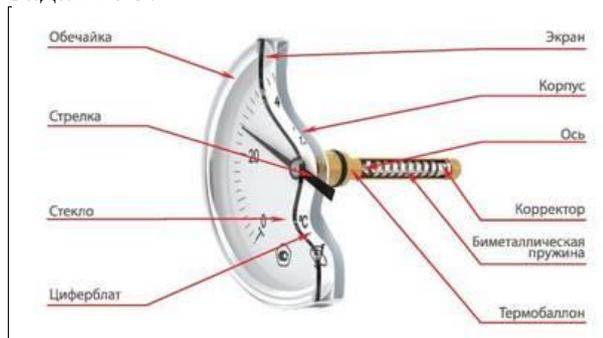
Фаренгейта в Кельвина: вычитите 32, умножить на 5, разделить на 9, а затем добавить 273,15;

Кельвина в градусы Фаренгейта: вычитите 273,15, умножить на 1,8, а затем добавить 32;

Кельвина в градусы Цельсия: добавить 273;

Цельсия в Кельвина: вычитите 273.

## Задание 3.



## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ"

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА. УСТРОЙСТВО ТЕРМОПАРЫ.

#### Критерии оценивания ЛПР

**Оценка «5»** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4»** ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

**Оценка «3»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2»** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

**Цель:** познакомиться с эффектом Зеебека, сформировать знания об устройстве и принципе действия термопар, снять характеристики с использованием термопар

**Время выполнения:** 90 мин

**Оборудование:** лабораторный стенд, таблицы

**Теоретические сведения:**

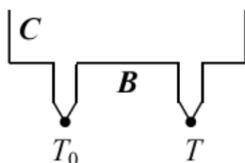


Рис. 4. Схема включения дифференциальной термопары

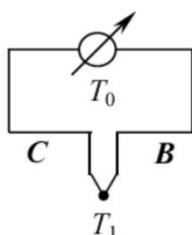


Рис. 5. Схема включения термопары.

Замкнутая цепь, состоящая из двух разнородных металлов, места соединения которых поддерживаются при различных температурах, называется термопарой (рис. 4). Технически термопара представляет собой две проволоки из различных металлов, в месте контактов которые свариваются или спаиваются. Один из контактов помещается в термостатированную среду большой теплоемкости с известной и постоянной температурой  $T_0$ , а второй в область, температура которой измеряется  $T$ .

Для измерения возникающей термоэдс в цепь необходимо включить гальванометр. Для подключения этого прибора разрыв цепи производится по проводнику, приобретающему положительный потенциал в контакте с другим. Так, в термопаре медь–константан разрыв осуществляется по меди.

Зависимость термоэдс от температуры для данной пары металлов, составляющей термопару, обычно заранее известна (в виде градуировочного графика  $\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2)$ , где  $\alpha$  – угол наклона этого). Такая термопара называется дифференциальной, т.к. с ее помощью можно измерять разность температур. Оценить температуру какой-то среды можно и с помощью термопары, схема измерения которой представлена на рис. 5. В этом случае показания термопары в значительной степени будут зависеть от колебаний температуры окружающей среды  $T_0$  (роль второго спая играет контакт с гальванометром). Погрешность определения температуры с помощью термопар определяется в основном неоднородностью термопарной проволоки и составляет как правило, несколько градусов, и лишь у некоторых особо однородных сплавов достигает 0.1 К. ЭДС термопары генерируется на тех участках проволоки, где есть градиент температуры. Если градиент температуры в разных измерениях будет падать на разных участках проволоки, отличающихся по своим свойствам, то и термоЭДС будет немного отличаться. Проволоки большего диаметра, как правило, более однородны. Проволоки из чистых металлов, как правило, демонстрируют большую однородность, чем из сплавов. При высоких температурах зависимость ЭДС термопары  $\varepsilon$  от температуры  $T$  близка к линейной, соответственно чувствительность  $d\varepsilon/dT$  слабо зависит от температуры. При низких температурах чувствительность большинства термопар (за исключением специальных низкотемпературных) падает при приближении к абсолютному нулю температуры. Например у медь–константановой термопары при комнатной температуре чувствительность порядка 40 мкВ/К, а при температуре жидкого азота ( $T=77\text{K}$ ) чувствительность уже 10 мкВ/К. Следует отметить, что полуметаллы (висмут, сурьма) и особенно полупроводниковые материалы позволяют получить значительно более высокую чувствительность, чем металлы – до 1000 мкВ/К, но они не годятся для термометрии вследствие плохой воспроизводимости (свойства полупроводников определяются небольшим количеством легирующих примесей и поэтому воспроизводимость их свойств всегда хуже, чем у металлов и металлических сплавов) и невозможности изготовить из них гибкую проволоку. Полупроводниковые элементы

применяются в прямом преобразовании энергии из тепловой формы в электрическую и наоборот. Термопара платина – сплав (платина+10% родий) имеет стандартную  $C^{\circ}C - 1064^{\circ}C$ , а в области температур  $630^{\circ}C$  до  $1600^{\circ}$  градуировку от 0 является эталонным интерполяционным прибором для установления практической температурной шкалы по реперным точкам затвердевания сурьмы, серебра и золота. Однако она содержит драгметалл, что несколько мешает ее широкому использованию. Для точной работы необходима индивидуальная градуировка того сорта проволоки, из которой изготовлена термопара, причем градуировку часто представляют в виде поправок к стандартной таблице. Константан из различных партий может иметь существенно отличающиеся (до 5%) термометрические характеристики, что не позволяет создать стандартные таблицы для константановых термопар. Конструктивное исполнение термопар различно для работы в области низких и высоких температур. Использование термопар при высоких температурах ограничивается термостойкостью (плавлением и окислением) самих проводов термопары. Обычно диаметр проволок термопары составляет 0.2–0.5 мм (более толстая проволока, как правило, более однородна). Высокотемпературные термопары изготавливают сваркой голых проволок, электроизоляция выполняется керамической соломкой (есть специальная двухканальная), иногда термопара заключается в металлический чехол с герметизацией на холодном конце. В низкотемпературных (ниже  $100^{\circ}C$ ) термопарах можно применять простые электроизолированные провода ПЭЛ или ПЭЛШО, а измерительный спай можно спаять обычным припоем.

Достоинствами термопары являются:

- простота изготовления
- воспроизводимость
- малая теплоемкость и поэтому малая инерционность показаний;
- удобство измерения именно разности температур
- нулевая рассеиваемая мощность на термопаре
- простота регистрирующей аппаратуры – не нужен источник
- питания малое выходное сопротивление

Неудобствами являются:

- необходимость термостатирования опорного спая
- часто недостаточная чувствительность ( $d\epsilon/dT$ ), особенно в области низких температур
- относительно большой теплоподвод к измеряемому объекту
- теплопроводностью по проволокам термопары проблема вывода электродов из герметичного объема

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

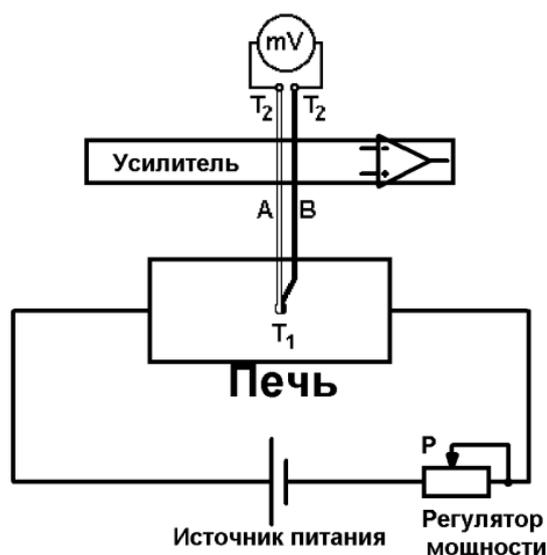


Рис. 6. Принципиальная упрощенная электрическая блок-схема учебной установки ФЭЛ-17 для наблюдения термоэлектрического эффекта.

Принципиальная схема для изучения эффекта Зеебека приведена на рис. 6. Конструктивно установка состоит из узкой и длинной электропечи (для равномерного нагрева) с регулируемой мощностью нагрева, в которую помещаются концы термопары А и В. Другие концы подключены через специальный усилитель к высокоточному цифровому вольтметру mV и находятся при температуре окружающей среды T<sub>2</sub>. ТермоЭДС ввиду малой величины (порядка нескольких милливольт) не может быть зарегистрирована непосредственно вольтметром, поэтому сигнал с термопары усиливается операционным усилителем. Для уменьшения погрешности применяется специально сконструированный цифровой вольтметр с высоким (около 100 МОм) входным сопротивлением, поэтому с достаточной степенью точности можно считать, что термоЭДС  $\varepsilon$  равна напряжению на клеммах вольтметра mV. Температура T<sub>1</sub> горячего спая измеряется высокоточным цифровым термодатчиком, также введенным в полость электропечи. Точность измерения температуры термодатчика составляет  $\pm 1$  °С. Все измеренные и контролируемые параметры (мощность нагрева P, температура T<sub>1</sub> а также термоЭДС выводятся на LCD ЖКД дисплей). Температура T<sub>2</sub> окружающей среды измеряется либо комнатным термометром, либо принимается равной показанию цифрового датчика температуры T до начала нагрева. Вследствие технических особенностей применяемого в учебной установке усилителя, даже при равенстве температур окружающей среды T<sub>2</sub> и температуры спая T<sub>1</sub> (T<sub>1</sub>= T<sub>2</sub>) возможно индицирование на измерительном приборе некоторого значения ЭДС  $\varepsilon_0$ . Поэтому за начало отсчета термоЭДС следует принять это значение  $\varepsilon_0$ , т. е. истинное значение  $\varepsilon_{ист}$  термоэдс будет

определяться по формуле:

$$\varepsilon_{ист} = \varepsilon_{mV} - \varepsilon_0 \quad (2.1)$$

где  $\varepsilon_{mV}$  – показания милливольтметра,  $\varepsilon_0$  – установленный вами начальный уровень отсчета.

Еще раз подчеркнем, что это обстоятельство связано исключительно с техническими особенностями эксплуатации усилителя, применяемого в данной работе. Скорость нагрева регулируется с помощью кнопок «МОЩНОСТЬ НАГРЕВАТЕЛЯ». Удержание кнопок приводит к плавному возрастанию мощности печи. Для охлаждения предусмотрена возможность включения кулера нажатием кнопки «ОХЛАЖДЕНИЕ». Отключение кулера осуществляется

нажатием той же кнопки. При перегревании электропечи свыше 100 °С срабатывает автоматическое включение охлаждения, а электропечь отключается.

**Порядок выполнения.**

1. Перед началом работы ознакомится с принципиальной схемой учебной установки рис. 6, разобраться в назначении кнопок и измерительного прибора. Проверить целостность сетевого провода
2. Включить установку в сеть ~220 В. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели учебного модуля в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор.
3. Дать установке прогреться в течение трех минут.
4. Измерить значение  $\epsilon_0$  – начало отсчета термоЭДС по начальным показаниям милливольтметра.
5. Измерить значение комнатной температуры  $T_2$  с помощью комнатного термометра либо принять это значение показанию цифрового термодатчика.
6. Подготовить таблицу 1 для записи результатов измерения зависимости термоЭДС от температуры. Во время нагрева в таблицу следует записывать показания вольтметра  $\epsilon_{mV}$  и температуру горячего спая  $T_1$ , °С, остальные расчеты проводить после включения охлаждения.

таблица 1

	$\epsilon_0 = \dots$ мВ, $T_2 = \dots$ °С – окруж. среда			
$\epsilon_{mV}$ , мВ				
$\epsilon_{ист} = \epsilon_{mV} - \epsilon_0$ , мВ				
$T_1$ , °С				
$\Delta T = (T_1 - T_2)$ , °С				

$$\alpha = \frac{d\epsilon_{ист.}}{dT} = \dots \text{ мВ/}^\circ\text{С}$$

7. Установив мощность электропечи равную 30 % с помощью кнопок «МОЩНОСТЬ НАГРЕВАТЕЛЯ», приступить к снятию зависимости термоэдс  $\epsilon_{mV}$  от температуры горячего спая  $T_1$ , записывая через одиндва градуса значение показаний вольтметра и температуры.
8. При достижении температуры 45 °С мощность нагрева рекомендуется повысить до 60-70 %.
9. Нагрев производить до температуры 70-75 °С, после чего включить систему охлаждения нажатием кнопки «ОХЛАЖДЕНИЕ». Охлаждать нагреватель следует в течение получаса до достижения практически комнатной температуры  $\approx 30$  °С
10. Заполнить таблицу 1, рассчитав истинное значение термоЭДС с поправкой на начальный уровень по формуле (2.1) и разность температур  $\Delta T = (T_1 - T_2)$  для каждого значения  $T_1$ .

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 "СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ: ТЕРМОПАРА"

### Критерии оценивания ЛПР

**Оценка «5»** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4»** ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

**Оценка «3»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2»** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

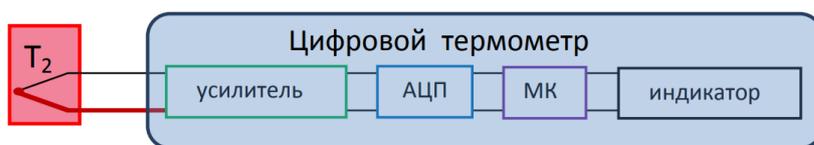
**Цель работы:** оценить поправку к показаниям прибора (термопарного термометра) – и учесть ее как поправку к результату

**Время выполнения:** 90 мин

### Теоретические сведения:

Измерение температуры с помощью термопары.

Измерение температуры цифровым термометром при помощи термопары можно провести по следующей схеме:



термо-ЭДС с термопары после усиления оцифровывается аналого-цифровым преобразователем (АЦП), микроконтроллер (МК) пересчитывает напряжение в температуру (с учетом чувствительности термопары и коэффициента усиления) и выводит полученный результат на цифровой индикатор. Из-за разброса параметров деталей основная составляющая приборной погрешности будет систематическая (в партии выпущенных одинаковых приборов будут и более точные и более грубые приборы, но погрешность не должна превышать указанную в паспорте).

Перед началом работы с любым прибором надо оценить приборную погрешность и, если возможно, рассчитать поправку или провести корректировку (при достаточной квалификации можно скорректировать параметры схемы: в схеме прибора часто бывают подстраиваемые резисторы или другие элементы). Такую проверку проводят или измеряя эталонную величину (известную с достаточной точностью и стабильную во времени), или сверяя показания измерений с эталонным прибором.

Цель данного упражнения: оценить поправку к показаниям прибора (термопарного термометра) – и учесть ее как поправку к результату. Для этого надо сравнить результаты измерений, выполненные тестируемым прибором, с показаниями эталонного прибора. Упражнение выполняется всеми студентами коллективно под руководством преподавателя. Т2 усилитель АЦП МК индикатор Цифровой термометр 12

Дома подготовьте таблицу для записи результатов измерений. Каждый студент на занятии выполняет измерения выданным ему прибором – мультиметром с термопарой (на котором проставлен номер N), записывает результаты в строку с номером своего прибора, выделив ее. После проведенных измерений в таблицу заносят результаты измерений, проведенных всеми студентами, максимально их может быть 9 (левая часть таблицы №1 у всех студентов, выполняющих задачу в одной смене, должна быть заполнена одинаково).

Таблица № 1.

Сравнение показаний мультиметров ..... при измерении температуры.  
Эталонный термометр ..... (его приборная погрешность  $\Delta t_э = \dots$ ).

№ прибора	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{Nk}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{N0}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{N1}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{N2}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{N\text{сист}}, ^\circ\text{C}$
«эталон»					–	–	–	–	–
1									
2									
...									
9									
$\Delta\text{приб.}$									

### Практическая работа.

1. Записать в заголовок таблицы тип выданного Вам прибора (мультиметра с термопарой) и термометра, используемого в данном упражнении как эталонный и его приборную погрешность. «Эталонный» термометр находится у преподавателя.
2. Записать комнатную температуру по термометру, который используется в данном упражнении как эталонный, в строку «эталон», столбец  $t_k$ .
3. Проверить, что переключатель рода работы мультиметра стоит в режиме измерения температуры (0C), а термопара вставлена во входные гнезда мультиметра «Г–» – черный штекер и «Г+» – красный штекер. Во время выполнения всей работы термопару не отсоединять от мультиметра. Включить прибор, термопара должна показать комнатную температуру. Записать показания со своего мультиметра (на нем проставлен номер N), в строку таблицы с соответствующим номером, выделить ее.
4. Преподаватель помещает все термопары и «эталонный» термометр в стакан с холодной водой (если в стакане есть лед, то его должно быть совсем немного, чтобы термопары не касались льда). Подождать примерно 1–2 минуты, чтобы термометры приняли температуру окружающей их среды, записать показания со своего мультиметра и «эталонного» термометра в столбец  $t_0$ .
5. Преподаватель помещает все термопары и «эталонный» термометр во второй стакан, с горячей водой. Подождать примерно 1–2 минуты, записать показания со своего мультиметра и «эталонного» термометра в столбец  $t_1$ .
6. Преподаватель добавляет в стакан с горячей водой немного холодной воды, перемешивает. Подождать примерно 1–2 минуты, записать показания со своего мультиметра и «эталонного» термометра в столбец  $t_2$ .
7. После проведенных измерений надо: выключить мультиметр;
  - записать в таблицу показания со всех мультиметров;

- оценить приборную погрешность мультиметра при измерении разных температур по паспорту прибора.

Поскольку все мультиметры однотипные, погрешности всех приборов, рассчитанные по формуле, приведенной в описании прибора (оно находится на рабочем месте), будут одинаковые.

Обработка результатов. Рассчитать и записать в таблицу разницу показаний между эталонным термометром  $t_{\text{Э}}$  и каждым мультиметром  $t_N$  ( $N$  – номер мультиметра) для каждой температуры

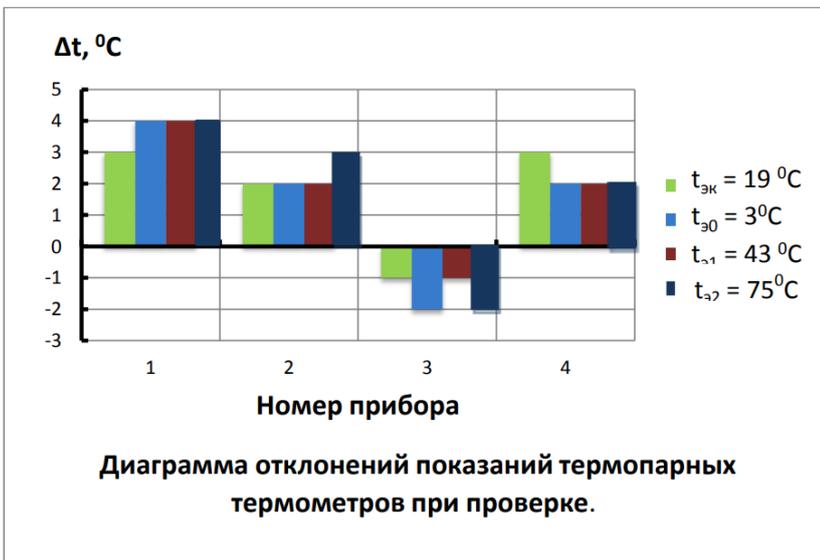
$$\Delta t_{Nk} = t_{\text{Э}k} - t_{Nk}$$

$$\Delta t_{N0} = t_{\text{Э}0} - t_{N0}$$

$$\Delta t_{N1} = t_{\text{Э}1} - t_{N1}$$

$$\Delta t_{N2} = t_{\text{Э}2} - t_{N2} .$$

Построить диаграмму отклонений показаний для каждого мультиметра для каждой температуры (см. пример).



Оценить поправку к результатам выданного Вам мультиметра как

$$\Delta t_{Ni} = 1/4 (\Delta t_{N0} + \Delta t_{Nk} + \Delta t_{N1} + \Delta t_{N2}),$$

считать ее одинаковой для всего диапазона температур.

Как итог упражнения записать:

1. поправку измерения температуры для выданного Вам мультиметра,
2. температуру комнатную, холодной, теплой и горячей воды для выданного Вам мультиметра с поправкой и погрешностью (приборной).

Сделать вывод о правилах проверки приборов перед началом работы.

## **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ"**

### **Критерии оценивания ЛПР**

**Оценка «5»** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4»** ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

**Оценка «3»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2»** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

**Цель работы:** Изучение методики измерения температуры термopреобразователем сопротивления.

**Оборудование:** Воздушный термостат, термopреобразователь сопротивления (ТПС) градуировки 21, уравновешенный мост постоянного тока.

**Время выполнения:** 90 мин

### **Теоретические сведения:**

Термopреобразователи сопротивления (терморезисторы, резистивные термopреобразователи, термометры сопротивления) являются вторыми по распространенности средствами измерения температуры после термопар. Принцип их действия основан на зависимости электрического сопротивления металла (используется медь, платина и никель) или полупроводника от температуры. Достоинством металлических датчиков является высокая линейность и взаимозаменяемость, т.е. возможность замены вышедшего из строя датчика на аналогичный без повторной калибровки системы. Взаимозаменяемость достигается благодаря малому технологическому разбросу сопротивлений датчиков от номинального значения. Медные датчики используются для измерения температуры в диапазоне от -200 °С до +200 °С, платиновые - в диапазоне от -260 °С до +850 °С, никелевые - от -60 °С до +180 °С.

Таблица 1.1. Классы допусков и диапазоны измерений для термopреобразователей сопротивления и чувствительных элементов

Класс до-пуска	Допуск, °С (разброс отно-сительно но-минала)	Диапазон измерений, °С		
		Платиновый ТС, ЧЭ		Медный ТС, ЧЭ
		Проволочный ЧЭ	Пленочный ЧЭ	
AA W 0.1 F 0.1	$\pm(0,1 + 0,0017 t )$	От -50 до +250	От 0 до +150	-
A W 0.15 F 0.15	$\pm(0,15 + 0,002 t )$	От -100 до +450	От -30 до +300	От -50 до +120
B W 0.3 F 0.3	$\pm(0,3 + 0,005 t )$	От -196 до +660	От -50 до +500	От -50 до +200
C W 0.6 F 0.6	$\pm(0,6 + 0,01 t )$	От -196 до +660	От -50 до +600	От -180 до +200

Никелевые термопреобразователи имеют высокую чувствительность, платиновые - высокую стабильность (неизменность показаний с течением времени), медные - низкую цену и наилучшую линейность зависимости сопротивления от температуры.

Нормируемыми параметрами металлических термопреобразователей являются сопротивление  $R_0$  при 0°С и отношение  $W_{100}=R_{100}/R_0$ , где  $R_{100}$  - сопротивление при 100 °С. Медные датчики изготавливаются с  $W_{100}=1,4260$ , и  $W_{100}=1,4280$ , платиновые - с  $W_{100}=1,3850$  и  $W_{100}=1,3910$ , никелевые - с  $W_{100}=1,6170$ . Эти параметры, а также класс допуска указываются в маркировке датчика. Сопротивление указывается в форме "ТСМ50" (Термопреобразователь Сопротивления Медный, 50 Ом), "ТСП100" (Термопреобразователь Сопротивления Платиновый, 100 Ом).

**Термины и определения** (ГОСТ 6651-2009)

**термопреобразователь сопротивления; ТС:** средство измерений температуры, состоящее из одного или нескольких термочувствительных элементов сопротивления и внутренних соединительных проводов, помещенных в герметичный защитный корпус, внешних клемм или выводов, предназначенных для подключения к измерительному прибору;

**чувствительный элемент термопреобразователя сопротивления; ЧЭ:** резистор, выполненный из металлической проволоки или пленки с выводами для крепления соединительных проводов, имеющий известную зависимость электрического сопротивления от температуры и предназначенный для использования в термопреобразователях сопротивления;

**защитный корпус:** конструктивный элемент термопреобразователя сопротивления, обеспечивающий его механическую прочность и устойчивость к воздействию внешней среды, как правило, представляющий собой заваренную с одной стороны металлическую трубку с приспособлениями для монтажа термопреобразователей сопротивления или без этих приспособлений;

**длина погружаемой части термопреобразователя сопротивления:** максимально возможная глубина погружения термопреобразователя сопротивления в среду при температуре верхнего предела рабочего диапазона без нарушения работоспособности термопреобразователя сопротивления;

**минимальная глубина погружения термопреобразователя сопротивления:** такая глубина погружения термопреобразователя сопротивления в среду с однородным распределением температуры, что при дальнейшем погружении показания термопреобразователя сопротивления

не изменяются более чем на 1/5 допуска соответствующего класса, а сопротивление термопреобразователя сопротивления при этом остается в пределах допуска;

**диапазон измерений термопреобразователя сопротивления:** диапазон температур, в котором выполняется нормированная в соответствии с настоящим стандартом зависимость сопротивления термопреобразователя сопротивления от температуры в пределах соответствующего класса допуска;

**рабочий диапазон температур термопреобразователя сопротивления:** диапазон температур, находящийся внутри диапазона измерений или равный ему, в пределах которого изготовителем установлены показатели надежности термопреобразователя сопротивления;

**номинальная температура применения термопреобразователя сопротивления:** температура эксплуатации термопреобразователя сопротивления, для которой нормированы показатели надежности и долговечности;

**номинальное сопротивление термопреобразователя сопротивления; R<sub>0</sub>, Ом:** нормированное изготовителем сопротивление термопреобразователя сопротивления при 0 °С, округленное до целых единиц, указанное в его маркировке и рекомендуемое для выбора из ряда: 10, 50, 100, 500, 1000 Ом.

**номинальная статическая характеристика; НСХ:** зависимость сопротивления термопреобразователя сопротивления или чувствительного элемента от температуры, рассчитанная по формулам (1-6).

Примечание - Условное обозначение НСХ состоит из значения номинального сопротивления ТС или ЧЭ R<sub>0</sub> и обозначения типа. Русское обозначение типа приводят за значением номинального сопротивления, латинское обозначение - перед значением номинального сопротивления.

Например: 100 П означает НСХ для платинового ТС (или ЧЭ) с  $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  и R<sub>0</sub> = 100 Ом; Pt 100 означает НСХ для платинового ТС (или ЧЭ) с  $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  и R<sub>0</sub> = 100 Ом.

**температурный коэффициент термопреобразователя сопротивления;  $\alpha$ , °С<sup>-1</sup>** : коэффициент,

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100R_0}$$

определяемый по формуле  $\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100R_0}$ , где R<sub>100</sub>, R<sub>0</sub> - значения сопротивления термопреобразователя сопротивления по номинальной статической характеристике соответственно при 100 °С и 0 °С, и округляемый до пятого знака после запятой;

**допуск:** максимально допустимое отклонение от номинальной статической характеристики, выраженное в градусах Цельсия;

**электрическое сопротивление изоляции термопреобразователя сопротивления:**

электрическое сопротивление между внешними выводами термопреобразователя сопротивления и защитным корпусом, а также между цепями термопреобразователя сопротивления с двумя или более чувствительными элементами при комнатной или другой заданной температуре, измеряемое при заданном испытательном напряжении;

**самонагрев термопреобразователя сопротивления:** повышение температуры термопреобразователя сопротивления, вызванное нагревом чувствительного элемента измерительным током;

**максимальный измерительный ток:** измерительный ток, вызывающий самонагрев термопреобразователя сопротивления, не превышающий 20 % допуска соответствующего класса и не приводящий к выходу показаний термопреобразователя сопротивления за пределы допуска;

**время термической реакции:** время, которое требуется для изменения показаний термопреобразователя сопротивления на определенный процент полного изменения при ступенчатом изменении температуры среды;

### Формулы для расчета номинальной статической характеристики

НСХ ТС и ЧЭ в пределах диапазона измерений рассчитывают по следующим формулам:

Платиновые ТС и ЧЭ,  $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 200  $^\circ\text{C}$  до 0  $^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100 \text{ } ^\circ\text{C})t^3]$$

Для диапазона измерений от 0  $^\circ\text{C}$  до 850  $^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

где  $R_t$  - сопротивление ТС, Ом, при температуре  $t$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$R_0$  - номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0  $^\circ\text{C}$ .

Значения постоянных следующие:

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}; B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}; C = -4,183 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}.$$

Платиновые ТС и ЧЭ,  $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 200  $^\circ\text{C}$  до 0  $^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100 \text{ } ^\circ\text{C})t^3].$$

Для диапазона измерений от 0  $^\circ\text{C}$  до 850  $^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

где  $R_t$  - сопротивление ТС, Ом, при температуре  $t$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$R_0$  - номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0  $^\circ\text{C}$ .

Значения постоянных следующие:

$$A = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}; B = -5,841 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}; C = -4,330 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}.$$

Медные ТС и ЧЭ,  $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от минус 180  $^\circ\text{C}$  до 0  $^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0[1 + At + Bt(t + 6,7 \text{ } ^\circ\text{C}) + Ct^3].$$

Для диапазона измерений от 0  $^\circ\text{C}$  до 200  $^\circ\text{C}$ :

$$R_t = R_0[1 + At],$$

где  $R_t$  - сопротивление ТС, Ом, при температуре  $t$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$R_0$  - номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0  $^\circ\text{C}$ .

Значения постоянных следующие:

$$A = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}; B = -6,2032 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}; C = 8,5154 \cdot 10^{-10} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}.$$

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с уравновешенным мостом и порядком работы с ним. Внести в протокол характеристики погрешности применяемых СИ. 7
2. Подключить ТПС, который находится в термостате, к уравновешенному мосту по 4-х проводной (4-х зажимной) схеме
3. Установить на задатчике температуры заданное значение температуры. Включить блок управления термостатом.
4. После достижения установившегося значения показаний уравновешенного моста, записать данное значение в таблицу 1.2.
5. Повторить п.3-4. для нескольких температур. Результаты измерений записать в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. Результаты измерений и расчетов

Показания уравновешенного моста, Ом	Результат измерения температуры, °С	Допуск ТПС, °С (класс С)	Предел доп. погрешности измерения температуры, °С
		0,6+0,01t	

### Расчетная часть

1. Определить результат измерения температуры, используя формулу:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

где  $R_t$  - сопротивление ТС, Ом, при температуре  $t$ , °С;  $R_0=46$  Ом - номинальное сопротивление ТС при температуре 0 °С;  $A = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $B = -5,841 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$ ;  $t$  – результат измерения температуры, °С. Вычисления необходимо проводить в среде Mathcad, используя функцию **root**.

2. Оценка погрешности измерения температуры определяется по формуле:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2},$$

где  $\Delta_1 = \frac{\Delta_R}{R_0 A}$  - оценка погрешности измерения температуры, обусловленная погрешностью

$\Delta_R$  измерения сопротивления;  $\Delta_2=0,6+0,01t$  - предел допускаемой погрешности НСХ (допуск ТПС). Погрешность  $\Delta_R$  измерения сопротивления определить исходя из предела допускаемой основной, относительной погрешности уравновешенного моста  $\delta=\pm 0,1\%$ .

3. Записать результаты измерений температуры в следующем виде  $t = t_{\text{ИК}} \pm \Delta$ , где  $\Delta$  – погрешность измерения температуры (округляется до двух значащих цифр),  $t_{\text{ИК}}$  – результат измерения температуры измерительным каналом (ИК).

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАСХОДА ГАЗА С ПОМОЩЬЮ: РОТАМЕТРА, АНЕМОМЕТРА"

### ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА: РОТАМЕТР, АНЕМОМЕТР, СЧЕТЧИК ГАЗА. ГРАДУИРОВКА РОТАМЕТРА

#### Критерии оценивания ЛПР

**Оценка «5»** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4»** ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

**Оценка «3»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2»** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

**Цель работы:** Изучение приборов для измерения расхода газа, методы измерения расхода, понятие класса точности прибора, сравнение показаний приборов различного типа.

Градуировка ротаметра.

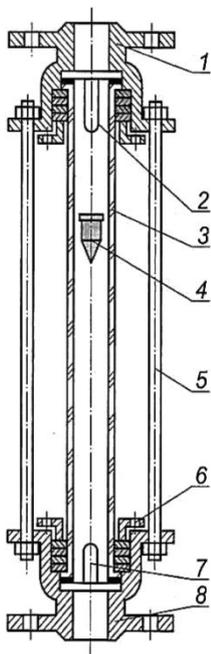
**Время выполнения работы:** 90 мин

**Теоретические сведения:**

**Расход** – это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу в единицу времени. Различают объемный расход  $Q$ , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый  $M$ , когда оно измеряется в единицах массы.

### Ротаметр

Устройство ротаметра приведено на рисунке 1



В патрубках 1 и 8, соединенных друг с другом болтовыми стержнями 5, с помощью накидных гаек 6 и сальниковых уплотнений укреплена стеклянная коническая трубка 5, на которую непосредственно наносится шкала. Длина трубки обычно находится в пределах от 70 до 600 мм, а диаметр от 1,5 до 100 мм. Для ограничения хода поплавок 4 служат верхний 2 и нижний 7 упоры. Пределы применения обычных ротаметров со стеклянной трубкой по давлению 0,5-0,6 МПа, по температуре 100-150°C. Достоинства ротаметров: простота устройства и эксплуатации; наглядность показаний; надежность в работе; удобство применения для измерения малых расходов различных жидкостей и газов (в частности, агрессивных), а также неньютоновских сред; значительный диапазон измерения и достаточно равномерная шкала.

Недостатки: хрупкость и непригодность для измерения расхода веществ, имеющих значительные давления; связанность прибора с местом измерения; только указывающий характер прибора (отсутствие записи и дистанционной передачи показаний); непригодность для измерения больших расходов.

Основные элементы ротаметра – коническая трубка и поплавок – образуют его проточную часть.

Формы поплавка могут быть весьма разнообразны. Классическая его форма показана на рис. 2, а. Поплавок имеет конусную нижнюю часть (иногда с несколько скругленным носом),

цилиндрическую среднюю часть и дисковый верх. Существенный недостаток рассмотренной формы поплавка – сильная зависимость градуировочной характеристики от вязкости измеряемого вещества. Для снижения этой зависимости полезно уменьшать высоту верхней дисковой части поплавка и диаметр цилиндрической его части с тем, чтобы он был не более 0,6-0,7 от диаметра верхнего диска (2, б)

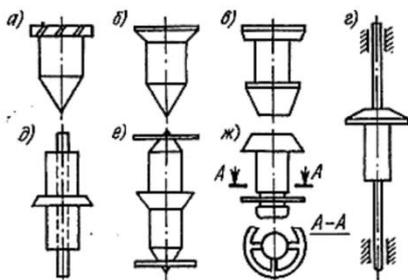


рис. 2 формы поплавков

В меньшей степени влияние вязкости сказывается при катушечной форме поплавка, показанной на рис. 2, в, которая находит теперь основное применение. Еще сильнее влияние вязкости устраняется при дисковой и тарельчатой форме поплавков, когда основное трение потока происходит на очень небольшой боковой поверхности диска. Но вес таких поплавков очень мал и необходимо или увеличивать длину цилиндрического тела поплавка в одну или обе стороны от диска, или же подвешивать на стержне дополнительный груз. Кроме того, такие поплавки неустойчивы и во избежание перекоса и трения о стенку трубки их необходимо снабжать направляющими. Последние могут быть трех видов: направляющие, связанные с поплавком и перемещающиеся вместе с ним (рис. 2, г); неподвижные центральные штоки, проходящие через осевые отверстия поплавков (рис. 2, д); направляющие кольца (два или одно), укрепляемые обычно в верхней или нижней части поплавков (рис. 2, е, ж). Но для таких колец требуется применение конусных трубок с направляющими ребрами или гранями. Зато они имеют два дополнительных достоинства: обеспечение турбулизации потока, способствующего уменьшению влияния вязкости и возможность измерения расхода непрозрачных жидкостей (благодаря малости зазора между направляющими ребрами и кольцами).

Поплавки изготавливаются из различных материалов: нержавеющей стали, титана, алюминиевых сплавов, фторопласта-4 и различных пластмасс (в зависимости от диапазона измерения и агрессивности измеряемого вещества). При необходимости для снижения массы поплавка его делают пустотелым.

Второй основной элемент ротаметра – измерительная коническая трубка (с конусностью 0,001-0,01). Она изготавливается из химически устойчивого или термостойкого боросиликатного стекла. Чувствительность прибора возрастает с уменьшением угла конусности трубки.

### Уравнение равновесия поплавка

В ротаметре (рис. 3) можно выделить три сечения: сечение, где начинает сказываться возмущающее действие поплавка на поток; узкое кольцевое сечение потока, где имеется максимальная скорость; сечение, в котором кончается возмущающее действие поплавка на поток.

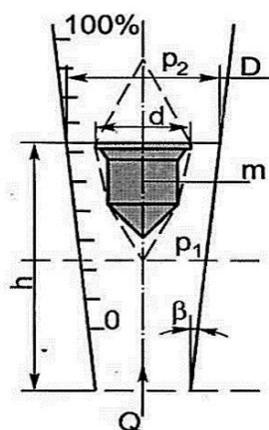


рис. 3 схема ротаметра

На поплавок снизу действует разность статических давлений на носовую и кормовую поверхности поплавка, возникающая вследствие перехода части потенциальной энергии в скорость  $V_k$  в узком сечении; эта разность равна  $f \cdot (p_1 - p_2)$  где  $f$  – площадь наибольшего поперечного сечения поплавка. Сумма этих трех сил уравнивается весом  $G$  поплавка:

$$G = V \cdot g \cdot \rho_k,$$

где  $V$  и  $\rho_k$  – объем и плотность материала поплавка (сплошного).

Из уравнения равновесия следует, что

$$p_1 - p_2 = \frac{G}{f}.$$

### Уравнение расхода

**Расход** – это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени.

$$Q = f(S, \Delta p), \text{ где } S = \pi \frac{D^2 - d^2}{4}.$$

Расход является функцией площади потока и перепада давления. Поскольку конусность трубки очень маленькая, можем считать, что расход  $Q$  пропорционален высоте подъема поплавка  $h$  (рис. 4).

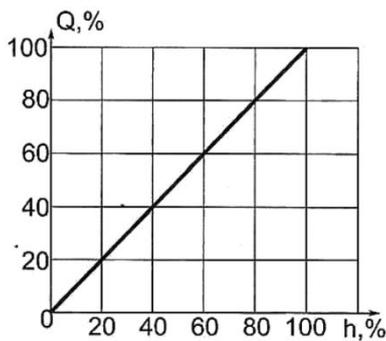


рис. 4 Зависимость расхода от высоты подъема поплавка

### Термоанемометр (расходомер фирмы Festo)

Принцип работы термоанемометра основан на измерении изменения температуры термосопротивления при обдуве его потоком газа. Схема термоанемометра приведена на рис. 5. К контактам терморезисторов 2 и 4 подводится постоянное напряжение, по ним течет ток, в результате чего они разогреваются, значение их сопротивления растет, величина тока снижается, в итоге 1 устанавливается значение тока, соответствующее количеству тепла, передаваемому от терморезисторов в окружающую среду. При возникновении воздушного потока величина теплового потока от терморезистора 2 увеличивается, следовательно, оно остывает, его сопротивление падает, ток возрастает и устанавливается на новом значении. Разность токов на терморезисторе 2 и 4 соответствует определенному расходу газа через камеру 1. Газ, протекающий через камеру 1, попадает в камеру 3, благодаря чему компенсируется зависимость разности токов терморезисторов 2 и 4 от температуры газа

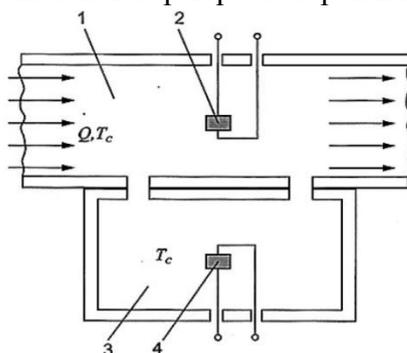


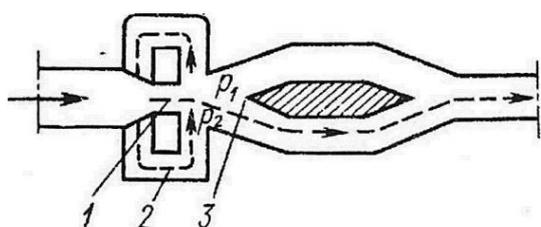
рис. 5 Термоанемометр

## Счетчик газа

На стенде установлен счетчик газа фирмы Бетар, основанный на струйно-акустическом принципе действия.

Принцип работы струйного счетчика газа основан на колебании струи газа в специальном струйном генераторе. Струя газа попеременно перебрасывается из одного устойчивого положения в другое и создает при этом пульсации давления и звука с частотой пропорциональной скорости течения газа и соответственно объемного расхода. В электронном преобразователе происходит вычисление количества пропущенного газа. Принципиальная схема преобразователя с осциллирующей струей показана на рис. 6.

Рис. 6.6. Струйно-акустический датчик расхода



Глубина проточной части преобразователей постоянна. Поток жидкости или газа проходит через сопло 1 и попадает в диффузор 3 прямоугольного сечения. Под влиянием случайных причин поток в каждый данный момент в большей степени прижимается к той или другой стенке диффузора (допустим, к нижней). Тогда

благодаря эжектирующему действию струи в преобразователе релаксационного типа давление  $p_2$  в нижней части обводной трубки 2 станет меньше давления  $p_1$  в верхней ее части и по трубке 2 возникнет движение, показанное стрелкой, которое перебросит струю к верхней стенке диффузора. После этого направление движения в обводной трубке изменится, и струя станет осциллировать. Частота осцилляции пропорциональна скорости потока и, следовательно, расходу.

### Оборудование и материалы (перечень используемого оборудования)

Для изучения приборов измерения расхода предназначена пневматическая система стенда, а также электронный секундомер.

### Указания по технике безопасности

До начала выполнения лабораторной работы преподаватель проверяет знания студентов по её выполнению, а также проводит с ними целевой инструктаж по мерам безопасности.

### Последовательность выполнения работы:

1. Полностью открыть редукционный клапан Рег.РД2.1 (вращая ручку в сторону стрелки со знаком “ – “) и редукционный клапан Рег.РД2.2.
2. Включить компрессор подачи воздуха в ресивер. Дождаться пока давление в ресивере поднимется до 8 бар по МН2.1, после этого произойдет автоматическое отключение компрессора.
3. Закрыть шаровой кран ВН2.1.
4. Редукционным клапаном Рег.РД2.1 поднять давление до 30 кПа по МН2.2.
5. Открыть шаровой кран ВН2.1.
6. Частично открыть редукционный клапан Рег.РД2.2 до появления расхода воздуха по ротаметру.
7. С помощью клапана Рег.РД2.2 установить поплавков ротаметра на отметке, примерно равной 100.
8. После установления постоянного положения поплавка, включить секундомер и записать показания счетчика РС2.1, расходомера РС2.2, положение поплавка ротаметра.

9. Через 2 минуты снова записать показания счетчика РС2.1, расходомера РС2.2, положение поплавка ротаметра.
10. Сбросить показания секундомера.
11. Уменьшить с помощью клапана Рег.РД2.2 расход воздуха, соответствующий 10-20 делениям ротаметра.
12. Повторить 6-8 раз пункты 8-11. Последний замер должен быть при положении поплавка ротаметра на отметке 10.
13. Выключить компрессор подачи воздуха в ресивер.
14. Закрыть редукционный клапан Рег.РД2.1 (вращая ручку в сторону стрелки со знаком “ + “) и редукционный клапан Рег.РД2.2.
15. Вычислить расход воздуха по счетчику РС2.1.
16. Вычислить средние значения показания реометра и расхода воздуха по РС2.2.
17. Сравнить значения расхода воздуха  $Q$  и  $Q_1$ .
18. Построить зависимость расхода от высоты подъема поплавка (калибровочная). 19. Сделать выводы по работе.

Таблица опытных и расчетных данных

	Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Номер		
				1	2	3
Эксперимент						
$\tau=0$	Показания ротаметра	$h_1$	%			

	Показания счетчика РС2.1	$V_1$	л			
	Показания расходомера РС2.2	$Q_1$	л/мин			
$\tau=2$ мин.	Показания ротаметра	$h_2$	%			
	Показания счетчика РС2.1	$V_2$	л			
	Показания расходомера РС2.2	$Q_2$	л/мин			

Расчет

1	Показания ротаметра	$h = (h_1 + h_2)/2$	%			
2	Расход воздуха по счетчику РС2.1	$Q_1 = (V_2 - V_1)/\tau$	л/мин			
3	Расход воздуха по расходомеру РС2.2	$Q = (Q_1 + Q_2)/\tau$	л/мин			

**Контрольные вопросы:**

1. Что называют расходом?
2. Каков принцип действия ротаметра?
3. Какие поплавки используют в ротаметрах если вязкость измеряемого вещества высока?
4. Из каких материалов изготавливают поплавки для ротаметров?
5. Приведите зависимость расхода измеряемого вещества от высоты подъема поплавка?

6. Каков принцип работы термоанемометра?
7. Укажите принцип работы струйного счетчика газа. 1
8. Объясните принципиальную схему преобразователя с осциллирующей струей.

## **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ: БЕСКОНТАКТНЫЙ ПИРОМЕТР".**

### **Критерии оценивания ЛПР**

**Оценка «5»** ставится, если обучающийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4»** ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

**Оценка «3»** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2»** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

**Цель работы:** изучение принципа действия, конструкции и методики проведения измерений инфракрасным пирометром

**Время выполнения работы:** 90 мин

**Оборудование:** пирометр

### **Теретические сведения:**

Пирометр – бесконтактный термометр, действие которого основано на измерении теплового излучения. Серийно выпускаемые технические пирометры применяются для измерения температур в диапазоне от – 50 до 3000 °с.

Пирометры обладают следующими преимуществами по сравнению с приборами,

- измеряющими температуру контактными методами;
- имеют принципиально неограниченный верхний температурный предел измерения;
- обеспечивают возможность измерения температур излучателей, находящихся на большом расстоянии от пирометра;
- не искажают температурное поле объекта измерения;
- применяются для измерения температур газовых потоков при больших скоростях. Однако контактные методы измерения позволяют обеспечить более высокую точность измерения, чем бесконтактные методы.

Все тела излучают электромагнитные волны различной длины  $\lambda$  или частоты  $\nu$ .

**Электромагнитное излучение**, возбуждаемое тепловым движением молекул, называют тепловым

излучением. тепловое излучение имеет место при температурах до 4000 °с как результат колебательного или вращательного движения молекул.

**Абсолютно черным телом** (АЧТ) называется тело, поглощающее все падающее на него излучение

#### Пирометрические величины и постоянные

Величина или постоянная	Обозначение	Определение
Энергия излучения, Дж	$W$	Энергия излучения, эквивалентная работе в 1 Дж
Поток излучения, Вт	$\Phi = dW/dt$	Поток излучения, эквивалентный мощности в 1 Вт
Энергетическая сила света, Вт/ср	$I = d\Phi/d\Omega$	Энергетическая сила света, создающая в телесном угле 1 ср поток лучения 1 Вт
Энергетическая яркость, Вт/(м <sup>2</sup> ·ср)	$B = dI/df$	Энергетическая яркость тела, перпендикулярно поверхности которого (площадью 1 м <sup>2</sup> ) испускается свет энергетической силой 1 Вт/ср
Спектральная энергетическая яркость, Вт/(м <sup>2</sup> ·ср)	$B_\lambda = B/d\lambda$	Спектральная энергетическая яркость тела, при которой в диапазоне длин волн 1 м равномерно распределена энергетическая яркость 1 Вт/(м <sup>2</sup> ·ср)
Постоянная Планка, Дж·с	$h$	$6,6256 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Больцмана, Дж/К	$k$	$1,38054 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Скорость света в вакууме, км/с	$c$	$2,997925 \cdot 10^8$ м/с (300 000 км/с)
Первая постоянная излучения, Вт·м <sup>2</sup>	$C_1 = 2 \pi hc$	$3,7415 \cdot 10^{-1}$ Вт·м <sup>2</sup>
Вторая постоянная излучения, м·К	$C_2 = hc/k$	$1,43879 \cdot 10^{-2}$ м·К
Постоянная Стефана–Больцмана, Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )	$\sigma$	$5,6697 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )

**Серым телом** называют тело, коэффициент поглощения которого не равен 1, но не зависит от длины волны и температуры. О температуре нагретого тела можно судить на основании измерения параметров его теплового излучения, представляющего собой электромагнитные волны различной длины. Чем выше температура 40 тела, тем больше энергии оно излучает. Тепловые лучи испускаются всеми нагретыми физическими телами, которые при температурах около 500–600 °С начинают испускать излучение, видимое человеческим глазом, причем яркость свечения нагретых тел быстро возрастает с повышением температуры. Видимое человеческим глазом электромагнитное излучение, называемое светом, представляет собою лишь весьма узкий диапазон спектра шириной 0,35 мкм с длинами волн от 0,40 до 0,75 мкм. Невидимые лучи с большей длиной волны (более 0,75 мкм) относятся к инфракрасному участку спектра излучения, охватывающему диапазон от 0,75 до 400 мкм, который делится на несколько поддиапазонов за которым инфракрасный участок спектра постепенно переходит в диапазон радиоволн. Невидимые лучи с меньшей длиной волны (менее 0,40 мкм) относятся к ультрафиолетовому участку спектра излучения.

## Поддиапазоны инфракрасного спектра

Длина волн (мкм)	Название диапазона
0,76–1,5	Ближнее инфракрасное излучение
1,5–5,5	Коротковолновое инфракрасное излучение
5,6–25	Длинноволновое инфракрасное излучение
25–100	Дальнее инфракрасное излучение

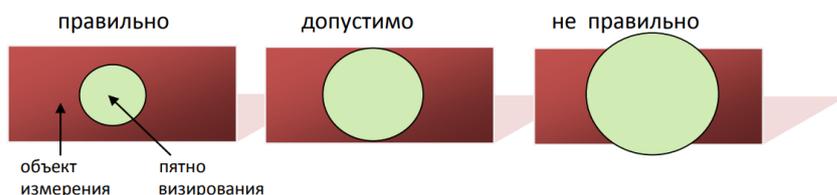
Для измерения температуры используют в основном диапазон инфракрасных и видимых лучей, для этого разработаны пирометры следующих типов:

- пирометр частичного излучения (ПЧИ) (квазимонохроматический пирометр) – измеряет энергию в ограниченном фильтром (или приемником) участке спектра;
- пирометр спектрального отношения (ПСО) – измеряется отношение энергии фиксированных участков спектра;
- пирометр суммарного (полного) излучения (ПСИ) – измеряется полная энергия излучения.

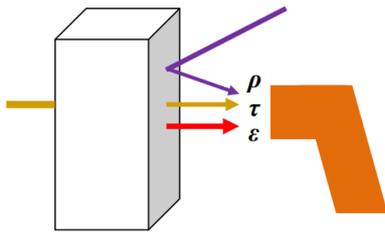
В зависимости от типа пирометра различаются яркостная, цветовая и радиационная температуры, по которым проводится измерение температуры.

Пирометр измеряет среднюю температуру поверхности объекта. По форме пятно измерения – это эллипс или окружность. Чем дальше от пирометра находится объект измерения, тем больше площадь пятна, среднюю температуру которого показывает пирометр. Встроенный в прибор лазерный указатель помогает "нацелить" прибор в центр пятна измерения.

Основные технические характеристики пирометра. Оптическое разрешение  $D:S$  (другое название - показатель визирования) – это отношение расстояния до объекта к размеру измеряемого участка поверхности объекта. Например, параметр  $D:S = 8:1$ . Это означает, что на расстоянии в 16 см диаметр пятна измерения составит около 2 см, на расстоянии 1 метра до объекта – 12,5 см и т.д. (рис.). Диапазон рабочих расстояний у пирометра – это расстояние до объекта измерения, на котором пирометр показывает температуру с заявленной точностью. Обычно в пирометрах это расстояние от 0,15 до 5 м. При больших или меньших расстояниях пирометр тоже работоспособен, но точность измерения температуры при этом падает. Точность измерения не зависит от расстояния до объекта в пределах диапазона рабочих расстояний до тех пор, пока диаметр измеряемого пятна меньше размера объекта. Если же диаметр пятна становится больше, прибор начинает принимать излучение от других объектов, и это оказывает значительное влияние на результаты измерения.



**Коэффициент излучения.** Если инфракрасный термометр направить на некоторый объект, то не все излучение, регистрируемое пирометром, будет нести информацию о температуре изучаемого объекта. Прибор измерит не только излучение, выделяемое непосредственно интересующим нас телом, но и прошедшее ИКизлучение, исходящее от других объектов, а также отраженное излучение



**Коэффициент излучения  $\epsilon$**  – характеризует способность материала излучать энергию в ИК-диапазоне. Максимальное значение  $\epsilon = 1$  соответствует модели абсолютно черного тела: тело поглощает и излучает все попавшее на него электромагнитное излучение без потерь. На практике  $\epsilon < 1$  и его значение для конкретного материала будет зависеть от свойств поверхности и от температуры измеряемого объекта. Но для многих материалов можно считать, что коэффициент излучения не зависит от температуры, например, ПВХ, бетон, органические вещества

**Коэффициент отражения  $\rho$**  равен отношению отраженного ИК потока к падающему. В общем случае значение  $\rho$  также будет зависеть от структуры поверхности и температуры тела. Как правило, тела с блестящими, гладкими, отполированными поверхностями имеют более высокий коэффициент отражения, чем матовые или шероховатые для одного и того же материала. Коэффициент пропускания  $\tau$  характеризует способность материала пропускать через себя инфракрасное излучение.  $\tau$  зависит от типа материала и толщины объекта, однако большая часть материалов являются непрозрачными для инфракрасного излучения. Например, стекло, прозрачное для излучения, лежащего в видимом диапазоне, непрозрачно для ИК-излучения. Сумма всех трех коэффициентов всегда будет равна единице. На практике обычно можно считать  $\tau = 0$  и остается  $\epsilon + \rho = 1$ . Это значит, что не все ИК-излучение, попавшее в объектив пирометра, несет информацию о температуре интересующего нас объекта, и чтобы определить температуру тела с помощью пирометра, надо знать коэффициент излучения нашего объекта.

Таблица коэффициентов излучения.

Материал	Значение	Материал	Значение
Алюминий	0,30	Стекло	0,85
Асфальт	0,95	Железо	0,70
Латунь	0,50	Свинец	0,50
Керамика	0,95	Масло	0,94
Бетон	0,95	Краска	0,93
Медь	0,60	Пластмасса	0,95
Сталь	0,80	Вода	0,93
Дерево	0,94	Песок	0,90

### Определить коэффициент излучения путем эталонного измерения.

Это можно осуществить несколькими способами. Мы можем скорректировать коэффициент излучения измеряемого объекта, используя в качестве контроля какой-либо другой термометр: одна и та же температура, измеряется двумя разными методами. (Этот способ не подходит, если использование контактного термометра не представляется возможным, например, когда объект измерения слишком нагрет.)

Другой способ определить неизвестное значение коэффициента излучения – использование «эталонного» покрытия. Если на исследуемый объект наклеить тонкую пленку, коэффициент излучения поверхности которой известен, и измерить температуру тела для покрытой пленкой области (через некоторый промежуток времени температура пленки станет такой же, как и у

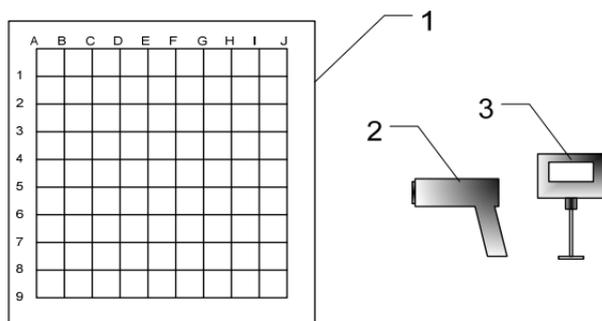
исследуемого тела), мы получим «эталонное» значение температуры. Скорректируем значение  $\varepsilon$ , чтобы данные измерений пирометра непосредственно с поверхности объекта измерения совпали с «эталонным» значением температуры. Вместо пленки можно нанести на измеряемый объект покрытие или краску с известным коэффициентом излучения. В некоторых пирометрах значение коэффициента излучения можно выставить на приборе, в других пирометрах это значение фиксировано и составляет 0,95.

На измерения пирометром влияют условия проведения эксперимента. Излучение нагретых тел, находящихся по соседству могут исказить результат измерений. Чтобы избежать ошибок, следует перед началом измерения убрать или отгородить возможные источники помех. Свет не оказывает воздействия на измерения. Однако некоторые источники света могут испускать не только видимый свет, но и инфракрасное тепловое излучение, и влиять на температуру объектов, расположенных поблизости (например, лампы накаливания). Наличие на поверхности объекта измерения или в воздушной среде различных инородных веществ. Вода или какие-либо загрязнения на поверхности обладают различными коэффициентами излучения, а испарение с поверхности тела уменьшает его температуру.

- Цвет объекта не влияет на его температуру.
- Возможные источники ошибок при проведении измерений с помощью пирометра:  
Неправильная установка коэффициента излучения.
  - Отсутствие достаточных сведений об объекте измерений может привести к неверной установке коэффициента излучения. Если коэффициент излучения исследуемого объекта мал ( $\varepsilon < 0,6$  например, на металлических поверхностях), определить температуру пирометром сложно.
  - Слишком большое или слишком маленькое расстояние до объекта измерений (учитывайте оптическое разрешение вашего прибора).
  - Помехи «на пути» инфракрасного излучения (например, стекло).
  - Воздействие внешних источников излучения (не забывайте, что вы сами также являетесь источником инфракрасного излучения).
  - Резкая смена температуры окружающей среды, сквозняки в помещении, где проводятся измерения.

### **Порядок выполнения работы**

Лабораторная установка) состоит из поверхности 1 со встроенными точечными источниками температуры с нанесенной координатной сеткой, измерительных приборов, инфракрасного термометра 2 и контактного термоэлектрического термометра 3 для измерения температуры плоских поверхностей. В данной лабораторной работе необходимо провести два измерения температуры. Первое – инфракрасным термометром, второе – измерить температуру в этой же точке поверхности контактным термоэлектрическим термометром. Полученные данные занести в табл



Произвести обработку полученных данных и определить абсолютную погрешность измерения температуры ( $\Delta t$ ):

$$\Delta t = t_{\text{КТ}} - t_{\text{ИК}},$$

где  $t_{\text{КТ}}$  и  $t_{\text{ИК}}$  – температуры, измеренные контактным и инфракрасным термометром, °С.

Полученные при поверке значения абсолютной погрешности сравниваются с величиной допускаемой погрешности:

$$\Delta_{\text{д}} = \frac{t_{\text{ВП}} - K}{100},$$

где  $t_{\text{ВП}}$  – верхний предел измерения инфракрасным термометром по паспорту, °С;

$K$  – класс точности инфракрасного термометра по паспорту.

Таблица измерений

№ П/П	Измерения		Погрешность прибора	
	контактного	ИК	абсолютная	допускаемая
	$t_{\text{КТ}}, \text{°С}$	$t_{\text{ИК}}, \text{°С}$	$\Delta t$	$\Delta_{\text{д}}$

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 " ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА "

**Цель работы:** Научиться рассчитывать параметры пьезоэлектрического датчика

**Теоретические сведения:**

Пьезорезистивные материалы - это материалы, которые изменяют сопротивление протеканию тока при сжатии или растяжении. Металл в некоторой степени пьезорезистивен, но в большинстве датчиков давления используется полупроводниковый кремний. Когда к кремнию прикладывается усилие, он становится более устойчивым к пропусканию тока. Это сопротивление обычно очень линейное - удвоенное давление приводит к удвоенному изменению сопротивления.

## Краткие теоретические сведения

Потенциометрический датчик представляет собой реостат, включенный по схеме потенциометра. Потенциометрический датчик преобразует механические перемещения в изменения сопротивления реостата. Расчет потенциометра сводится к расчету сопротивлений: определяются размеры каркаса для намотки, диаметр провода обмотки, количество витков, шаг намотки.

### 1) Рабочая длина каркаса

$$L = \alpha D \pi / 360 \text{ (мм)}$$

L - рабочая длина каркаса;

$\alpha$  - угол поворота

D - средний диаметр каркаса.

### 2) Минимальное число витков

$$n = 100 / \delta_p \text{ (\%)} \text{ (витков)}$$

n - минимальное число витков %;

$\delta_p$  - разрешающая способность

### 3) Шаг намотки

$$\tau = L / n \text{ (мм)},$$

$\tau$  - шаг намотки

### 4) Диаметр провода с изоляцией

$$d_n = \tau - 0,015 \text{ (мм)},$$

$d_n$  - диаметр провода с изоляцией.

### 5) Коэффициент нагрузки

$$\beta = R_H / R = \frac{1 - \delta_{\max}}{4 \delta_{\max}}$$

$\beta$  - коэффициент нагрузки

$\delta_{\max}$  - максимальная погрешность

### 6) Сопротивление потенциометра

$$R = R_H / \beta \text{ (Ом)}$$

R - сопротивление потенциометра;

### 7) Высота каркаса

$$H = \left( \frac{\pi R d^2}{8 \rho n} \right) - b \text{ (мм)}$$

H - высота каркаса;

R - удельное сопротивление;

b - толщина каркаса.

### Исходные данные:

$$R_H = 4400 \text{ Ом},$$

$$\delta_{\max} = 4,5 \text{ \%},$$

$$U = 26 \text{ В},$$

$$D = 60 \text{ мм},$$

$$\alpha = 330,$$

$$b = 2 \text{ мм},$$

$$\delta_p = 0,3 \text{ \%},$$

$$\rho = 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

### Расчет:

$$1) L = 330 \cdot 60 \cdot 3,14 / 360 = 172,7 \text{ (мм)};$$

$$2) n = 100 / 0,3 = 333 \text{ (витков)};$$

$$3) \tau = 172,7 / 333 = 0,519 \text{ (мм)};$$

$$4) d_n = 0,519 - 0,015 = 0,504 \text{ (мм)} \text{ (с учетом изоляции)};$$

$$\text{Выбираем } d \approx 0,5 \text{ (мм)} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м)};$$

$$5) \beta = (1 - 0,045) / (4 \cdot 0,045) = 5,31;$$

$$6) R = 4400 / 5,31 = 828,6 \text{ (Ом)};$$

$$7) H = \left\{ \left[ 3,14 \cdot 828,6 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^2 \right] / (8 \cdot 0,49 \cdot 10^{-6} \cdot 333) \right\} - 0,002 = 0,4963 \text{ (м)} = 496,3 \text{ (мм)}$$

L (мм)	n (ВИТ)	$\tau$ (мм)	$d_n$ (мм)	$\beta$	R (Ом)	H (мм)
172,7	333	0,519	0,504	5,31	828,6	496,3

## Задача №1 Рассчитать параметры пьезоэлектрического датчика.

### 2 Пояснения к работе.

#### 2.1 Краткие теоретические сведения:

Пьезоэлектрические датчики относятся к датчикам генераторного типа, в которых входной величиной является сила, а выходной – количество электричества. Работа пьезоэлектрического датчика основана на пьезоэффекте, сущность которого заключается в том, что на гранях некоторых кристаллов при их сжатии или растяжении появляются электрические заряды.

1) величина заряда:

$$q_x = K_o F_x \text{ (К/Н)}, \quad (1)$$

где  $K_o$  – пьезоэлектрическая постоянная (модуль),;

$F_x$  – усилие, направленное вдоль электрической оси.

2) емкость одной пластины:

$$C_o = 0,89 \frac{\epsilon_r * S_x}{d} = 0,89 \frac{\epsilon_r * \pi * D^2}{4d} = 0,89 \frac{\epsilon_r * \pi * a * b}{4d}, \text{ (пФ)} \quad (2)$$

где  $C_o$  - емкость одной пластины,;

$\epsilon_r$  - относительная диэлектрическая проницаемость;

$D$  - диаметр пластины (диска);

$a$  и  $b$  - стороны пластины (прямоугольника);

$d$  - толщина пластины.

3) напряжение между обкладками:

$$U = \frac{10^{12} * n * q_x}{C_{вх} + nC_o} = \frac{q_x * 10^{12}}{C_{вх}/n + C_o} \text{ (пФ)}, \quad (3)$$

где  $C_{вх}$  - емкость измеряемой цепи,;

$n$  - количество пластин.

4) чувствительность датчика:

$$S_d = \frac{U}{F_x} \text{ (В/Н)}, \quad (4)$$

где  $S_d$  – чувствительность датчика,.

№ варианта	Материал	$\epsilon_r * 10^{-11}$	$K_o * 10^{-12}$ К/Н	$a*b,$ ( $cm^2$ ) $D,$ (см)	$d$ (мм)	$F_x$ (Н)	$C_{вх}$ (пФ)	$n$ (шт)
1	Кварц	4,5	2,7	$D=1$	1	20	16,8	1
2	сегн. Соль	205	150	$2 \times 1$	1	30	13,1	1
3	Кварц	4,5	2,7	$1 \times 1$	2	15	20	2
4	тит. Бария	1500	100	$2 \times 2$	3	40	20	2
5	тит. Бария	1500	100	$D=1$	1	20	52	1

### 3.2 Произвести расчет

$q_x =$  \_\_\_\_\_

$C_o =$  \_\_\_\_\_

$U =$  \_\_\_\_\_

$S_d =$  \_\_\_\_\_

### 3.3 Результаты расчета свести в таблицу 2.

Таблица 2

$q_x$ , (К/Н)	$C_o$ , (пФ)	$U$ , (В)	$S_d$ , (В/Н)

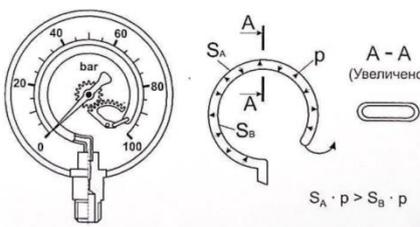
#### Контрольные вопросы:

1. Какие материалы используются для пьезоэлектрических датчиков?
2. В чем суть пьезоэффекта?
3. Где находят применение датчики, основанные на прямом и обратном пьезоэффектах?

### ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СТРЕЛОЧНОГО ДЕФОРМАЦИОННОГО МАНОМЕТРА"

**Цель:** проведение исследований по работе с прибором для измерения давления- стрелочного деформационного манометра, его конструкции и принципа действия.

**Теоретические основы:** Конструкция деформационного манометра приведена на рисунке. Под действием давления жидкости или газа, поступающего в загнутую трубку с запаянным концом, последняя стремится выпрямиться и деформируется на величину, пропорциональную давлению. Перемещение свободного конца трубки передается через тягу на шестерню, вращающую шестерню, связанную со стрелкой, индицирующей показания манометра. Таким образом, угол поворота стрелки пропорционален давлению. Изменяя жесткость загнутой трубки, получают манометры на различные диапазоны измерения давлений. Подбором соотношения шестерен регулируют коэффициент пропорциональности между углом поворота стрелки и перемещением запаянного конца трубки.



**Ход работы:**

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подключить с помощью шлангов и тройников манометры 1, 2, 3 к порту избыточного давления на лицевой панели стенда.
2. Включить компрессор, включить переключатель режимов работы компрессора на избыточное.
3. С помощью регулятора давления установить величину давления 0, 1 МПа. Занести показания манометров 1, 2, 3 в таблицу.
4. С помощью регулятора давления увеличить показания давления на 0, 1 МПа. Показания занести в таблицу.
5. Повторить пункты 4 до давления 0,5 МПа
6. Выключить компрессор. Принять показания манометра 1 за истинное значение. Вычислить абсолютную и относительную погрешность манометров 2, 3.
7. Сравнить полученные результаты с классом точности измерителей
8. Сделать выводы

Номер измерения	$P_{МН1}$ , кПа	$P_{МН2}$ , кПа	$P_{МН3}$ , кПа	$\Delta P_{МН2}$ , кПа	$\Delta P_{МН3}$ , кПа	$\delta P_{МН2}$ , %	$\delta P_{МН3}$ , %

**ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8 "СНЯТИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКА  
ДАВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО МЕМБРАННОГО ТИПА"**

**Цель работы:** Изучение прибора для измерения давления — датчика давления деформационного мембранного типа с аналоговым выходным сигналом и вторичным преобразовательным прибором, конструкция, сравнение показаний датчика и деформационного манометра, определение относительной погрешности измерения при различных уровнях давления.

**Теоретические основы:** Преобразователь выполнен в цилиндрическом корпусе 3, в нижней части которого расположен штуцер 4, предназначенный для присоединения к линии измеряемого давления. В верхней части корпуса расположена «обойма» 9, которая крепится в корпусе с помощью специальных защелок, позволяющих ей вращаться вокруг своей оси (относительно корпуса 3). Для фиксации положения обоймы относительно корпуса служит крышка 10, которая навинчивается на наружную резьбу верхней части корпуса 3. На обойме установлена приборная часть 2 электрического соединителя типа DIN 43650С. В кабельной части 1 соединителя производится подсоединение проводов внешних электрических цепей с помощью винтовых зажимов (клемм) без применения пайки.

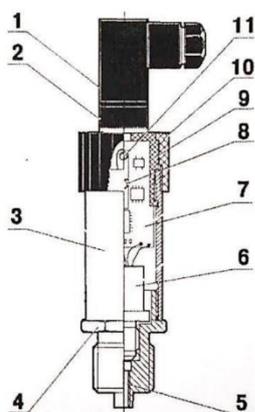
Во входном отверстии 5 приемной полости штуцера преобразователя предусмотрена резьба для установки гидравлического дросселя, предназначенного для предотвращения повреждения мембраны чувствительного элемента преобразователя в случае возникновения гидроудара.

В штуцере преобразователя размещен чувствительный элемент 6. В качестве чувствительного элемента применен тензопреобразователь, на котором размещена тензочувствительная полупроводниковая схема из четырех тензорезисторов, соединенных в мост Уитсона. Под действием давления измеряемой среды мембрана чувствительного элемента прогибается. Тензорезисторы, деформируясь, изменяют свое сопротивление. В результате происходит разбаланс моста пропорционально измеряемому давлению. Разбаланс в виде электрического сигнала преобразуется электронным блоком, расположенным в корпусе преобразователя, в выходной унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА. В применяемом тензопреобразователе имеется термокомпенсация, что обеспечивает относительно высокую температурную стабильность его характеристик.

В обойме 9 преобразователя имеется специальное окно для доступа к подстроечному резистору корректора нуля. Корректор нуля предназначен для подстройки выходного сигнала преобразователя при давлении, равном атмосферному.

Для подстройки выходного сигнала преобразователя при верхнем предельном значении измеряемого давления предназначен подстроечный резистор корректора диапазона 8.

К преобразователю давления присоединяется вторичный электронный прибор, измеряющий сигнал с преобразователя и переводящий его в значения давления.



### Ход работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подключить с помощью шлангов и тройника манометр 1 (М1) и датчика давления 1 (ДД1) к порту избыточного давления на лицевой панели стенда.
2. Включить компрессор, включить переключатель режимов работы компрессора на избыточное давление.
3. С помощью регулятора давления установить 0,1 МПа. Занести показания М1 и ДД1 в таблицу
4. С помощью регулятора давления увеличить показания давления на 0,1 МПа. Показания занести в таблицу.

5. Повторить пункты 4 до давления 0,5 МПа
6. Выключить компрессор. Принять показания манометра 1 за истинное значение. Вычислить абсолютную и относительную погрешность ДД1.
7. Сделать вывод

Результаты исследования работы датчика давления деформационного мембранного типа

Номер измерения	Р <sub>М1</sub> , кПа	Р <sub>ДД1</sub> , кПа	ΔР <sub>ДД1</sub> , кПа	δР <sub>ДД1</sub> , %
1				
2				
3				
4				
5				

№	Р <sub>ДД1</sub> , кПа	Р <sub>ДД2</sub> , кПа	Р <sub>МН1</sub> , кПа	Р <sub>МН2</sub> , кПа	Р <sub>СР</sub> , кПа	ΔР <sub>ДД1</sub> , кПа	ΔР <sub>ДД2</sub> , кПа	ΔР <sub>МН1</sub> , кПа	ΔР <sub>МН2</sub> , кПа	δР <sub>ДД1</sub> , %	δР <sub>ДД2</sub> , %	δР <sub>МН1</sub> , %	δР <sub>МН2</sub> , %

Чувствительным элементом дифманометра является мембранный блок, состоящий из двух мембранных коробок 1 и 3, заполненных кремнийорганической жидкостью, находящихся в двух отдельных камерах, разделенных перегородкой 2.

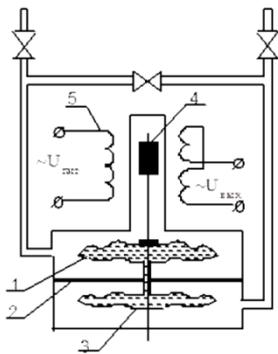


Рис. 1 Устройство мембранного дифманометра типа ДМ

К центру верхней мембраны прикреплен железный сердечник 4 дифференциально-трансформаторного преобразователя 5. В нижнюю камеру подается большее (плюсовое) измеряемое давление, в верхнюю - меньшее (минусовое) давление. Сила измеряемого перепада давления уравнивается за счет других сил, возникающих при деформации мембранных коробок 1 и 3. При увеличении перепада давления мембранная коробка 3 сжимается, жидкость из нее перетекает в коробку 1, которая расширяется и перемещает сердечник 4 дифференциально-трансформаторного преобразователя. При уменьшении перепада давления сжимается мембранная коробка 1 и жидкость из нее вытесняется в коробку 3. Сердечник 4 при этом перемещается вниз. Таким образом, положение сердечника, т.е. выходное напряжение дифференциально-трансформаторной схемы однозначно зависит от значения перепада давления

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10 "ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОГО СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ"

**Цель работы:** Изучение объемного способа измерения расхода воды, определение влияния величины измеряемого объема и времени измерения на погрешность измерений. Определение объема жидкости между срабатываниями датчиков уровня.

### **Теоретические сведения:**

Расход – это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Различают объемный расход  $Q$ , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый  $M$ , когда оно измеряется в единицах массы. Объемный способ измерения среднего расхода жидкости – мерная емкость. Пусть в момент времени  $t_1$  в мерной емкости содержится объем жидкости  $V_1$ , и в емкость равномерно поступает жидкость до времени  $t_2$ . Объем жидкости в емкости в момент времени  $t_2$  равен  $V_2$ , тогда средний расход поступающей жидкости:

$$Q = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}.$$

Изменяя время  $(t_2 - t_1)$  замера, можно получать средний расход с различной точностью. В емкости установлены два датчика уровня (верхний и нижний), время между срабатываниями которых измеряется электронным секундомером с электрическим управлением. На боковую поверхность мерной емкости наклеена шкала, отградуированная в единицах объема. Экспериментальное изучение способов измерения расхода заключается в измерении расхода жидкости по мерной емкости в зависимости от времени измерения и объема, в определении объема жидкости между срабатываниями датчиков уровня.

### **Ход работы:**

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть краны 1, 3, 5.
2. Включить насос.
3. Дождаться наполнения емкости и остановки электронного секундомера (в окне управляющей программы). Записать показания в табл. в графу  $\Delta t_{\text{АВТ}}$ .
4. Выключить насос, дождаться слива емкости  $E$ , сбросить показания секундомера.
5. Частично закрыть кран 5 для уменьшения подачи насоса.
6. Повторить пункты 2-5 для различных положений закрытия крана 5.
7. Выключить насос.
8. Вычислить расход  $Q = \Delta V / \Delta t$  авт ; где  $\Delta V = 1.5$  л – объем емкости между датчиками автоматического срабатывания секундомера.
9. Проанализировать результаты, сделать выводы по проделанной работе.

Результаты исследования объемного способа измерения  
расхода воды

Номер опыта	$\Delta t_{\text{АВТ}}$	$Q$

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11 «ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ ПО ПОКАЗАНИЯМ СЧЕТЧИКА КОЛИЧЕСТВА ВОДЫ»

**Цель работы:** Исследование способа измерения расхода воды по показаниям счетчика воды, сравнение с объемным способом измерения. Определение погрешностей измерения.

**Ход работы:**

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть краны 1, 3, 5.
2. Включить насос.
3. Записать в табл. значение расхода, определенное с помощью счетчика «датчик расхода воды» в окне управляющей программы), время  $\Delta t$  автоматической остановки секундомера при наполнении емкости Е. Выключить насос, дождаться слива воды из емкости Е, сбросить показания секундомера.
4. Частично закрыть кран 5.
5. Повторить пункты 2-4 для разных положений закрытия крана 5
6. Вычислить значения расхода как  $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$  для ранее записанных результатов измерений (принять  $\Delta V = 1,5$  л). Сравнить значения расхода, полученные с помощью счетчика воды и мерной емкости Е.
7. Проанализировать результаты, сделать выводы по проделанной работе.

Результаты исследования способа измерения расхода воды по показаниям счетчика воды

Номер измерения	$Q_{\text{счетч}}$	$\Delta t$	Q

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12 "ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ ПАДЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА МЕРНОЙ ДИАФРАГМЕ"

**Цель работы:** Изучение измерительной диафрагмы как прибора для измерения расхода жидкости.

**Ход работы:**

1. Для выполнения работы используется гидравлическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть краны 1, 3, 30
2. Подключить к точкам измерения давления на диафрагме Д датчики давления ДД1 и ДД2.
3. Включить насос. Занести в табл. значения  $P_1$  (по показаниям ДД1) и  $P_2$  (по показаниям ДД2), значение расхода воды Q по показаниям управляющей программы. Вычислить коэффициент К, используя формулу (8). Выключить насос.
4. Повторить пункт 2 дважды и занести результаты в табл.
5. Частично закрыть кран 3 и повторить пункты 2-3 для нового положения крана 3.

6. Выключить насос, вычислить  $K_{ср}$ , абсолютную и относительную ошибку вычисления  $K$ . Записать значение коэффициента  $K$  для данной диафрагмы.
7. Проанализировать результаты, сделать выводы.

Результаты исследования способа измерения расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме

Номер измерения	P1	P2	Q	K	$\Delta K$	$\delta K$
$K_{ср}$						

### ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ"

**Цель:** Ознакомиться с назначением электродвигателя и электрогенератора. Выявить зависимость скорости вращения электродвигателя от напряжения. Выяснить влияние полярности на направление вращения оси.

#### Общие сведения

Тахометр – это прибор, предназначенный для измерения скорости вращения.

Контролирование скорости вращения самых различных по своему назначению механизмов и устройств, подвижных элементов промышленного оборудования и всевозможных конструкций является одной из главных диагностических функций.

Наиболее широкое распространение в технике получили центробежные, магнитоиндукционные, электрические (постоянного и переменного тока), индукционные и стробоскопические методы измерения скоростей вращения.

*Центробежный метод* характерен тем, что чувствительный элемент реагирует на центробежную силу, развиваемую неуравновешенными массами вращающегося вала. Этот метод реализуется в коническом и кольцевом тахометрах.

В коническом тахометре (рис. 13.2, а) на шарнирах, вращающихся с измеряемой скоростью вместе с осью, установлены грузики  $m$ ,

которые под действием центробежных сил расходятся, перемещая вдоль оси муфту 1 и сжимая пружину 2. Изменение положения муфты 1 регистрируется показывающим элементом тахометра — стрелкой.

Порядок выполнения работы

1. Установить тумблеры в соответствующие положения, подать напряжение питания на стенд.
2. Подключить поочередно каждый из датчиков тахогенератора, изменяя скорость вращения приводного электродвигателя, убедиться в работоспособности тахогенераторов и указателя.
3. Для каждого тахогенератора снять зависимость амплитуды выходного напряжения от числа оборотов в 10 точках  

$$U_{\text{вых}} = f(n\%)$$
4. Для каждого тахогенератора снять зависимость частоты выходного напряжения от числа оборотов  

$$f_{\text{вых}} = f(n\%)$$

	Число оборотов %	Выходное напряжение, В		Частота выходного напряжения, Гц	
		ТГ <sub>1</sub>	ТГ <sub>2</sub>	ТГ <sub>1</sub>	ТГ <sub>2</sub>
1					
2					
3					
10					

Построить график зависимости  $U_{\text{вых}}=f(n\%)$   $f=f_{\text{вых}}(n\%)$

Таблица 1 – Метрологические характеристики СИ

№ п/п	Метрологическая характеристика СИ	Значение МХ СИ
1.		
2.		
...		

Таблица 2 – Результаты измерения частоты вращения вала

№ изм.	1	2	3	4	5	$\bar{n}, \frac{\text{об}}{\text{с}}$	$\varepsilon_n, \frac{\text{об}}{\text{с}}$	$\theta_n, \frac{\text{об}}{\text{с}}$	$\Delta n, \frac{\text{об}}{\text{с}}$
$n_i, \text{об/с}$									

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ"

**Цель работы:** ознакомиться со способами измерения угловой скорости, измерить угловую скорость вращения электромотора в зависимости от приложенного напряжения.

В данной работе необходимо измерить разными способами угловую скорость диска, жестко закрепленного на валу электромотора постоянного тока, в зависимости от приложенного к мотору напряжения.

Приборы и устройства, предназначенные для измерения частоты вращения, называются тахометрами (от греческого “*тахеоc*” - быстрый). Следует подчеркнуть, что тахометры измеряют именно частоту вращения, а не угловую скорость.

Частота вращения численно равна числу оборотов, совершаемых в единицу времени.

В технике частоту вращения принято измерять в единицах “оборот в минуту”. Если обозначить эту величину буквой  $n$  и  $\omega$ , то связь между  $n$  выражается соотношением

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60}$$

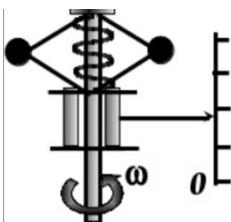


Рис.1

Простейший из тахометров, применяемый для быстрых оценочных измерений - механический тахометр (рис.1). На валу тахометра, которому при контакте передается вращение исследуемого объекта, установлена муфта с прикрепленными к ней на шарнирах грузами. При вращении вала грузы расходятся и перемещают муфту вдоль вала.

Положение муфты на валу определяется скоростью вращения. Муфта связана рычажками со стрелкой, движущейся по циферблату. Шкала прибора проградуирована в единицах *об/мин*. Очевидным недостатком такого тахометра является необходимость контакта вала тахометра с исследуемым вращающимся объектом, в результате чего изменяется скорость вращения самого объекта. Предпочтительнее поэтому пользоваться бесконтактными методами.

Существует несколько методов, с помощью которых частота вращения может быть определена со значительно большей точностью. Одним из них является стробоскопический метод, в котором используется так называемый стробоскопический эффект.

Различают два стробоскопических (*стробос* - вихрь, *скопео* - смотрю) эффекта.

Первый из них состоит в том, что быстрая смена отдельных фаз движения тела воспринимается глазом как непрерывное движение. Это связано с тем, что клетки сетчатой оболочки глаза сохраняют зрительный образ в течение примерно  $0,1$  с. после исчезновения зримого объекта. И, если время между появлениями отдельных изображений меньше  $0,1$  с, образы сливаются, и возникает иллюзия непрерывности движения. На этом эффекте основаны кинематограф и телевидение.

Второй стробоскопический эффект состоит в том, что при определенных условиях возникает иллюзия не движения, а, наоборот, покоя предмета, который на самом деле движется.

Если какой-нибудь объект совершает периодическое движение (колеблется или вращается), то при освещении его прерывистыми световыми вспышками, следующими через равные промежутки времени, предмет будет казаться неподвижным, если частота вспышек в точности равна частоте колебаний вращения. Объясняется это тем, что глаз будет отмечать положение тела в момент световой вспышки и сохранять этот зрительный образ до следующей вспышки, которая при равных частотах вспышек и вращения застанет предмет на том же месте. Когда частота вспышек в целое число раз больше частоты вращения картина тоже будет неподвижной, но теперь будет видно несколько “экземпляров” предмета. Если отношение частоты вспышек к частоте оборотов равно  $k$ , то за каждый оборот будет происходить  $k$  вспышек, которые застанут предмет в разных положениях, отличающихся на угол  $2\pi/k$ . Равенство всех углов означает, что тело вращается с постоянной угловой скоростью. Если частота вспышек не в точности равна или не в точности кратна частоте вращения тела, то оно будет казаться медленно вращающимся в ту, или другую сторону в зависимости от соотношения частот. Если частота вспышек намного больше частоты вращения или ей величины, каждая последующая вспышка будет освещать предмет в положении, когда он еще не сделал полного оборота, и он будет казаться вращающимся в сторону, противоположную реальному вращению тела. Наоборот, если частота вспышек несколько меньше частоты вращения тела, кажущееся движение будет совпадать с направлением истинным. Такие стробоскопические иллюзии иногда наблюдаются в кино, когда, например, частота следования кинокадров больше или меньше частоты вращения колес.

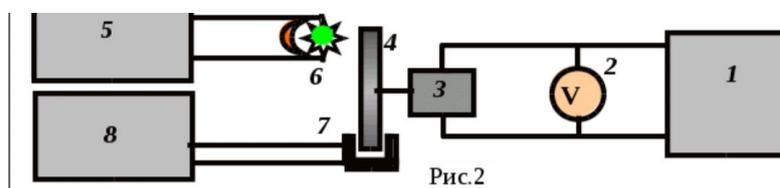
Стробоскопический метод измерения частоты вращения обладает одним существенным недостатком, заключающийся в том, что одну и ту же неподвижную картину можно наблюдать при различных значениях  $k$ . Напомним, что  $k$  есть отношение числа вспышек к числу оборотов предмета. Эта величина может быть как больше, так и меньше единицы. Если число вспышек больше числа оборотов, то  $k > 1$ . Наоборот, если число вспышек меньше числа оборотов, то  $k < 1$ . Пусть наблюдается один “экземпляр” предмета. Это возможно, если за время, равное периоду следования вспышек, предмет повернулся на угол  $2\pi$ ,  $4\pi$ ,  $6\pi$  и т.д. (в общем случае этот угол равен  $2\pi t$ , где  $t=1,2,3,\dots$  оборотов (в общем случае...) т.е. совершил  $1,2,3, t$  оборотов). Другими словами, это возможно при  $k=1,1/2,1/3, \dots$  (в общем случае  $k=1/m$ ). Итак, если при

освещении вращающегося объекта импульсным осветителем наблюдается один “экземпляр” предмета, то вывод, который из этого можно сделать заключается лишь в том, что число оборот или равно числу вспышек или в целое число раз меньше числа вспышек.

Такая же неоднозначность при наблюдении двух “экземпляров” предмета. Аналогично можно показать, что такая ситуация возможна, если  $k=2, 2/3, 2/5$  и т.д. Нетрудно показать, что неоднозначность определения числа оборотов стробоскопическим методом существует при наблюдении любой неподвижной картинке.

Такого недостатка лишен другой метод бесконтактного измерения частоты вращения, идея которого заключается в следующем. На вращающийся предмет перпендикулярно оси вращения жестко укрепляется диск с отверстиями, равномерно расположенными по его краю. При своем движении эти отверстия периодически перекрывают световой пучок, направленный на фотодатчик. Тем самым фотодатчик генерирует последовательность импульсов, частота которых определяется частотой вращения и числом отверстий. Количество импульсов в единицу времени подсчитывается специальным счетчиком. Результат высвечивается на цифровом табло. Приборы, основанные на этом методе, называются цифровыми тахометрами. Обычно число отверстий на диске и время счета импульсов выбирают таким, чтобы число подсчитанных импульсов за время счета было равно числу оборотов в минуту. Так, если время счета импульсов равно 1с, то число отверстий на диске должно быть равно 60. Это можно пояснить на следующем простом примере. Пусть диск совершает 1 оборот в секунду. Тогда число импульсов, которые подсчитает прибор за 1 секунду и высветит на табло будет равно 60, что, очевидно, есть число оборотов диска в минуту.

Данный способ определения числа оборотов лишен недостатков двух предыдущих способов, но применение его сопряжено с иногда непреодолимыми техническими сложностями трудностями, связанными с размещением диска на вращающемся объекте.



Электродвигатель постоянного тока 3 питается от выпрямительного устройства 1, преобразующего переменное напряжение сети в постоянное напряжение, величина которого плавно регулируется. Напряжение на моторе измеряется вольтметром 2. На валу мотора укреплен легкий диск 4 с белой радиальной полосой, необходимой для наблюдения стробоскопического эффекта. По краю диска высверлены 60 равноотстоящих друг от друга отверстий, необходимых для определения числа оборотов при помощи цифрового тахометра. Освещение диска 4 производится импульсным осветителем 6 стробоскопического тахометра 5, с которым осветитель связан гибким шнуром. Отверстия на диске 4 пересекают ось фотодатчика 7, который формирует импульсы, поступающие на цифровой тахометр 8.

## **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16 "СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОСВЕЩЕННОСТИ И СВЕТА"**

**Цель работы:** является знакомство и усвоение приемов измерения освещенности с помощью люксометров с последующим расчетом характеристик светового поля, необходимых для оценки качества освещения в помещении и его соответствия требованиям санитарных норм и правил (СНиП)

### **Оборудование:**

Прибор для измерения освещенности- люксметр

Ход работы: Измерить освещенность в нескольких точках кабинета. Сделать выводы о соответствии освещенности нормам. Работа люксметра основана на принципе фотоэлектрического измерения. Прибор состоит из фотоэлемента, который преобразует световой поток в электрический сигнал. Затем этот сигнал усиливается и обрабатывается, что позволяет получить результат измерения. Перед началом работы с люксметром необходимо настроить его на нужную чувствительность и выбрать режим измерения. После этого нужно установить прибор на поверхность и нажать кнопку запуска.

Световой поток  $\Phi_v$  (Люмен – лм)

$$1 \text{ лм} = 1/683 \text{ Вт}$$

**Сила света  $I_v = \Phi_v / \omega$  (кандела – кд)** - отношение светового потока к значению телесного угла  $\omega$   
 $1 \text{ кд} = 1 \text{ лм/ ср}$

Стерadian (ср) – телесный угол, который имеет вершину в центре шара и опирается на участок сферы площадью, равной квадрату радиуса сферы.

**Светимость -  $M_v = \Phi_v / S_p$  (лм/м<sup>2</sup>)**  $S_p$  – площадь светящейся поверхности

**Яркость  $L_v = I_v / (S \cdot \cos \alpha)$  кд/м<sup>2</sup>**

**Освещенность -  $E_v$  лк (люкс) =  $\Phi_v / S_0$**   $S_0$  – площадь, на которую падает световой поток.

**Световая экспозиция -  $H_v$  лк\*ч**

### **Ход работы.**

Измерить люксметром на одной и той же площади освещенность для :

1. Лампы накаливания 100 Вт
2. Лампы накаливания 60 Вт
3. Лампы накаливания 40 Вт
4. Лампы светодиодной 20 Вт
5. Лампы светодиодной 10 Вт
6. Лампы светодиодной 5 Вт
7. Люминесцентной лампы ЛБ-40
8. Лампы ДРЛ

Определить из формулы освещенности световой поток. Сделать выводы зависимости освещенности от мощности лампы и типа лампы

Выучить устройство ламп разных типов



Лампа накаливания



Рис. 4.1. Устройство люминесцентной лампы: 1 — штырьки; 2 — цоколь; 3 — стеклянная ножка; 4 — биспираль; 5 — цоколь; 6 — слой люминофора

**Ход работы:**

- 1) Изучить конструкцию, правила эксплуатации, методику замены ламп и другие особенности изучаемых осветительных приборов и зарисовать их светооптические схемы.
- 2) Установить осветительный прибор на каретку фотометрической скамьи с поворотным лимбом. Светоприемник люксметра расположить на расстоянии не меньше дистанции формирования луча прибора и совместить его с осью прибора по вертикали.
- 3) Включить осветительный прибор. Поворачивая прибор, добиться, чтобы светоприёмник люксметра располагался в центре светового пятна.
- 4) Измерить цветовую температуру и записать в таблицу 3-2.
- 5) Поворачивая осветительный прибор на заданные в таблице 3-2 углы  $\alpha$ , производить люксметром измерения освещенности.
- 6) Внести измеренные значения освещенности  $E_\alpha$  в таблицу 3-2 и вычислить силу света  $I_\alpha$  по формуле:  $I_\alpha = E_\alpha L^2 \rho$

Таблица 3-2

ПРОЖЕКТОР 1 _____			ПРОЖЕКТОР 2 _____			СВЕТИЛЬНИК _____								
узкий луч		широкий луч	узкий луч		широкий луч	без рассеивателя			с рассеивателем					
$\alpha$ град	E (лк)	I (кд)	град $\alpha$	E (лк)	I (кд)	град $\alpha$	E (лк)	I (кд)	град $\alpha$	E (лк)	I (кд)	град $\alpha$	E (лк)	I (кд)
30			80			30			80			80		
20			70			20			70			70		
15			60			15			60			60		
10			50			10			50			50		
8			40			8			40			40		
6			30			6			30			30		
4			20			4			20			20		
2			10			2			10			10		

0		0		0		0		0		0		0		
2		10		2		10		10		10		10		
4		20		4		20		20		20		20		
6		30		6		30		30		30		30		
8		40		8		40		40		40		40		
10		50		10		50		50		50		50		
15		60		15		60		60		60		60		
20		70		20		70		70		70		70		
30		80		30		80		80		80		80		
Тцв=		Тцв=		Тцв=		Тцв=		Тцв=		Тцв=		Тцв=		

7) Повторить измерения для всех исследуемых приборов: для светильника (без рассеивателя и с рассеивателем) и кинопржекторов (для узкого и широкого луча).

## ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17 "ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА И ПОДБОР ПО ГОСТУ"

**Цель:** Приобрести практические навыки теплового расчета рекуперативного и регенеративного теплообменного аппарата.

**Оборудование:** Инструкционная карта, калькулятор.

**Литература:** В.Г. Ерохин, М.Г. Маханько, Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники, М: «Энергия», 1979, страница 136-139.

**Теоретические сведения**

**Классификация теплообменных аппаратов**



Рисунок 1 – Теплообменный аппарат

**Теплообменные аппараты и установки** предназначены для передачи теплоты от одной среды к другой или от среды к нагреваемому (охлаждаемому) телу. Теплообменные аппараты и установки по некоторым характерным признакам можно объединить в определенные классификационные группы.

Прежде всего, по способу передачи теплоты от одной среды к другой (от одного теплоносителя к другому) теплообменники классифицируются на:

- рекуперативные;
- регенеративные;
- смешительные;
- с электрическим обогревом.

**В рекуперативных теплообменниках** передача теплоты осуществляется сквозь разделяющую теплоносители однослойную или многослойную стенку при установившемся или неустановившемся тепловом режиме. К *аппаратам с установившимся тепловым режимом* относятся непрерывно действующие теплообменники, работающие при неизменных во времени расходах и параметрах теплоносителей на входе и выходе из аппарата. Передача теплоты от одной среды к другой в рекуперативных аппаратах происходит при одновременном вынужденном движении сред без изменения фазового состояния или при фазовом переходе одного (обоих) теплоносителя.



Рисунок 2 - Рекуперативный теплообменник

В периодически действующих аппаратах в течение заданного времени может осуществляться последовательно нагрев, испарение, охлаждение определенного количества предварительно загруженной жидкости или нагрев, охлаждение сыпучих и твердых материалов. В процессе нагрева или охлаждения, естественно, происходит изменение во времени температуры нагреваемого вещества. В качестве греющей среды используются теплоносители, не изменяющие фазовое состояние (жидкости, газы), и конденсирующийся водяной пар или пар другой жидкости. Греющая (охлаждающая) среда, как правило, подается непрерывно с мало изменяющимися параметрами на входе и существенно переменной во времени температурой на выходе из аппарата, особенно у жидких и газообразных теплоносителей. Следовательно, аппараты такого типа относятся к *теплообменникам с неустановившимся тепловым режимом*.

В особые подгруппы можно выделить *оросительные* теплообменники и *рекуперативные* системы с потоками газозвеси. В первой подгруппе передача теплоты сквозь стенку сопровождается процессами тепломассообмена на внешней орошаемой поверхности. Во второй в качестве одного из теплоносителей используется дисперсная среда со сравнительно небольшой объемной концентрацией твердых частиц, которые изменяют условия переноса тепла от этой системы к поверхности теплообмена и способствуют интенсификации теплообмена.

Непрерывно действующие рекуперативные теплообменники в большинстве случаев можно отнести к категории аппаратов, работающих с установившимся тепловым режимом. По конструктивному оформлению теплообменники непрерывного действия могут быть:

- змеевиковыми;
- секционными;
- кожухотрубчатыми;
- ребристыми;
- пластинчатыми;
- пластинчато-ребристыми;
- прокатно-сварными;
- сотовыми.

В **регенеративных теплообменных аппаратах** при передаче теплоты от одной среды к другой также используется поверхность теплообмена. Однако эта поверхность, или точнее насадка, образующая поверхность теплообмена, является промежуточным аккумулятором теплоты. Вначале, в течение какого-то отрезка времени, насадка через свою поверхность воспринимает определенное количество теплоты от греющей среды. Затем производится переключение потоков теплоносителей и по поверхности насадки пропускается нагреваемая среда. В этот период насадка охлаждается, передавая ранее воспринятую теплоту нагреваемой среде.



Рисунок 3 - Регенеративный теплообменник

Нагрев или охлаждение в регенераторах, особенно с неподвижной насадкой, относится к категории нестационарных, но синхронно повторяющихся тепловых процессов. Обычно в регенераторах нагреваются компоненты горения топлива для промышленных печей, МГД генераторов и парогенераторов.

Для теплообмена при **смешении** рабочих сред не требуется специальная поверхность.

Теплообмен в этом случае происходит на границе раздела фаз одного рода теплоносителей (однородных) или на границе раздела жидкой и газообразной сред и сопровождается массообменом, изменением энтальпии смеси или каждого из теплоносителей, изменением влагосодержания газообразной среды. Смесительные теплообменники могут быть полыми и с насадкой. Поверхность насадки во втором случае служит только для организации движения пленки жидкой фазы и не является поверхностью теплообмена.

В соответствии с назначением *газожидкостные аппараты* называются скрубберами, градирнями, оросительными камерами, смесительными подогревателями воды.

- в полном и насадочном скрубберах происходят охлаждение, осушка или увлажнение и очистка от пыли и других примесей всевозможных газов и воздуха;
- в оросительных камерах – охлаждение, осушка и увлажнение воздуха для систем кондиционирования;
- в градирнях – охлаждение охлаждающей воды из конденсаторов паровых турбин;
- в смесительных паро- и водо-водяных аппаратах – нагревание воды для систем горячего водоснабжения, конденсация отработавшего пара и так далее.

В **теплообменных аппаратах с электрическим обогревом** в качестве источника тепла используется электрическая энергия. Условия передачи теплоты от источника тепла к нагреваемой среде или нагреваемому телу в них отличаются от условий теплопередачи в теплообменниках с двумя или более теплоносителями.

Электрическая энергия превращается в тепловую в элементах сопротивления, в электродуговых установках прямого или косвенного нагрева, в установках индукционного и диэлектрического нагрева. Наибольшее распространение в промышленной теплотехнике получили электрические нагреватели сопротивления и индукционные нагреватели.

**Каждая** рассматриваемая **группа теплообменников**, кроме аппаратов с электрическим обогревом, **классифицируется на подгруппы** по роду теплоносителей:

- парожидкостные;
- жидкостно-жидкостные;
- газожидкостные;
- газо-газовые;
- парогазовые;
- с дисперсными теплоносителями.



Рисунок 4 - Спиральный теплообменник

Поверхность теплообмена может быть выполнена из гладких или оребренных разным способом труб, из гладких или профильных волнистых и оребренных пластин или в виде разнообразной по форме фасонной, блочной и кирпичной насадки. По компоновке поверхности теплообмена и соединению ее с корпусом гладкотрубчатые аппараты можно разделить на следующие группы:

- погруженные с прямыми трубами и змеевиковые;
- оросительные с водяным и воздушным охлаждением;
- секционные;
- кожухотрубчатые.

Секционные и кожухотрубчатые аппараты могут быть скомпонованы также и из ребристых труб.

Кожухотрубчатые и секционные теплообменники изготавливают в виде жесткой (то есть обе трубчатые решетки соединяются жестко с корпусом) и нежесткой конструкции: с U- и W-образными трубами, с «плавающей» камерой и с компенсаторами на корпусе или трубах.

Возможные варианты конструкций труб, применяемых в трубчатых теплообменниках, представлены на (рисунке 5).

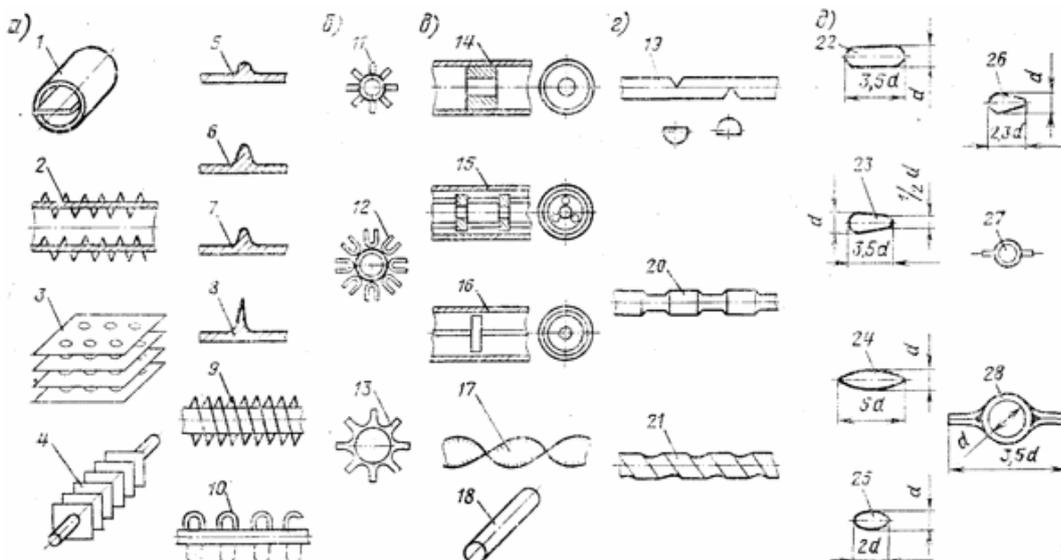


Рисунок 5 – Трубы для теплообменников: *а* – с поперечными ребрами: 1 – ретандер; 2 – игольчатые; 3 – плоскострошные; 4 – прямоугольные; 5 – с накатным оребрением; 6 – круглые; 7, 8 – треугольные; 9 – спиральные; 10 – проволочные; *б* – с продольными ребрами: 11 – прямоугольные; 12 – V-образные; 13 – выдавленные; *в* – цилиндрические со вставками: 14 – с диафрагмой; 15 – кольцевые; 16 – дисковые; 17 – спиральные; 18 – гладкотрубные цилиндрические; *г* – пережатые; 19 – полукольцевыми вмятинами; 20 – кольцевыми вмятинами; 21 – спиральными вмятинами; *д* – нецилиндрические: 22 – овалообразные; 23 – каплеобразные; 24 – двугольные; 25 – овальные; 26 – обтекаемые; 27, 28 – плавниковые

Аппараты из пластин разделяются на: рубашечные, спиральные, гладкопластинчатые разного профиля, пластинчатые ребристые и сотовые. Они могут быть разборными, полуразборными, сварными и прокатно-сварными.

Поверхность теплообмена пластинчатых аппаратов комплектуется из разнообразных по конструктивным признакам стальных листов. К числу таких теплообменников относятся реакторы с рубашкой, спиральные конденсаторы и нагреватели для жидкостей, плоскопластинчатые нагреватели низкого давления для воздуха, воздухо- и газонагреватели из различных штампованных, ребристых и других профилей листов в системах газотурбинных и холодильных установок, компактные пакетные и сотовые теплообменники, применяемые на железнодорожном и других видах транспорта.



Рисунок 6 – Пластинчатый теплообменник

Конструкции пластин, применяемых при компоновке теплообменников подобного типа, представлены на (рисунке 7).

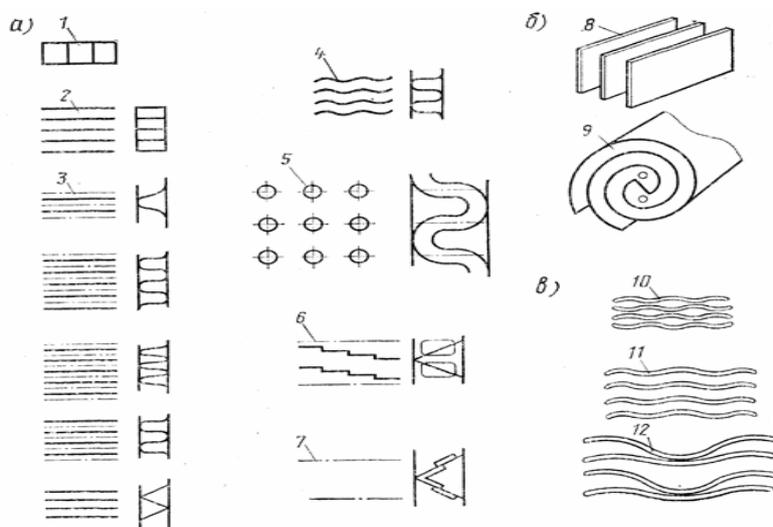


Рисунок 7 – Пластины для теплообменников: *а* – с ребрами: 1 – гладкими квадратными; 2 – гладкими прямоугольными; 3 – с другими формами гладких ребер; 4 – волнистыми; 5 –

стерженьковыми; 6 – разрезными жалюзийными; 7 – разрезными пластинчатыми; 6 – пластинчатые: 8 – плоские; 9 – спиральные; в – с повышенной турбулентностью; 10 – со сфероидальными зигзагообразными каналами; 11, 12 – волнообразными и серповидными каналами

Аппараты с насадкой чаще всего бывают разборными. Насадка укладывается или насыпается на специальную решетку. Для высокотемпературных регенераторов фасонная огнеупорная насадка устанавливается на фундамент или на решетку из огнеупорного материала.

Теплообменные аппараты выполняются из огнеупорных материалов, графита, стекла, пластмасс. По конструктивным признакам они могут быть весьма разнообразными в зависимости от технологических условий нагрева или охлаждения, а также физико-химических свойств и температурного уровня рабочих сред.

По пространственному расположению теплообменные аппараты делятся на вертикальные, горизонтальные, наклонные; по числу ходов рабочих сред – на одно, двух, четырехходовые и т. д.; по взаимному направлению движения теплоносителей – на прямоточные, противоточные, прямоточно-противоточные и с разными вариантами перекрестного тока.

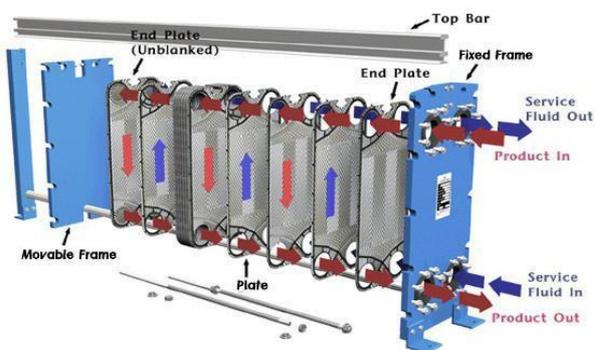


Рисунок 8 - Пластинчато-ребристый

теплообменник

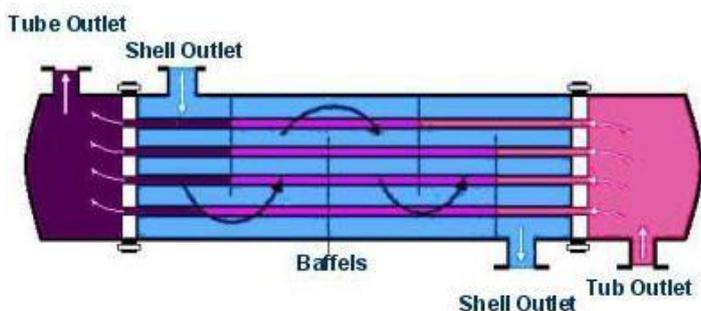


Рисунок 9 - Кожухотрубный теплообменник

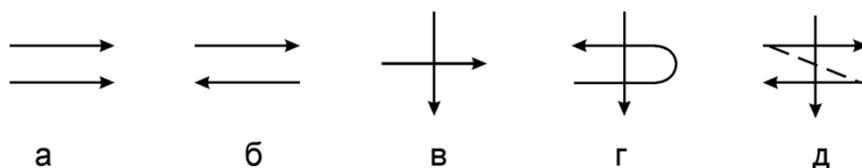


Рис. 1.4. Схемы движения теплоносителей:

а – прямоток; б – противоток; в – однократный перекрестный ток;  
г – С – перекрест; д – Z – перекрест

**Основными этапами расчёта теплообменного оборудования являются:** тепловой, конструктивный, гидравлический (аэродинамический) и прочностной (механический).

Основные определения

Уравнение теплового баланса теплообменника представлено формулой (1):

$$Q = m_1 c_{p1} (t'_1 - t''_1) = m_2 c_{p2} (t''_2 - t'_2), \quad (1)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  - массовые расходы теплоносителей, кг/с;

$c_{p1}$  и  $c_{p2}$  - средние массовые изобарные теплоемкости теплоносителей, Дж/кг К;

$t'_1$  и  $t''_1$ ,  $t'_2$  и  $t''_2$  - температуры первого и второго теплоносителей соответственно на входе и выходе, °С;

$m c_p = W_2$  - водяной эквивалент теплоносителя, Дж/К

Из уравнения теплового баланса следует:

$$\frac{t'_1 - t''_1}{t'_2 - t''_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

Количество теплоты, переданной от одного теплоносителя другому через разделяющую поверхность в единицу времени определяется по формуле (2):

$$tF, \quad (2) \Delta Q = k$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$t$  – средний температурный напор по поверхности аппарата, Δ °С;

$F$  – расчетная поверхность теплообменного аппарата, м<sup>2</sup>.

$$t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}}, \quad (3)$$

$\Delta t_{\delta}$  – максимальная разность температур теплоносителей в теплообменном аппарате;

$\Delta t_m$  – минимальная разность температур теплоносителей.

При прямоточном движении теплоносителей

$$t_{\Delta} = t'_1 - t'_2 \Delta; \quad m = t''_1 - t''_2.$$

При противотоке, если  $m_1 c_{p1} < m_2 c_{p2}$ ,

$$t\Delta_{\delta} = t'_1 - t''_2 t\Delta; m = t''_1 - t'_2.$$

Конечные температуры теплоносителей

$$t''_1 = t'_1 - Q/W_1; t''_2 = t'_2 + Q/W_2.$$

Массовые расходы теплоносителей **в теплообменниках без изменения агрегатного состояния теплоносителей** определяются из равенства (1). В теплообменниках с изменением агрегатного состояния одного из теплоносителей, например при конденсации греющего пара, расход пара определяется по формуле (4):

$$m_1 = \frac{m_2 * c_{p2} (t''_2 - t'_2)}{i_1 - i_k} \quad (4)$$

где  $i_1$  и  $i_k$  - соответственно энтальпия пара на входе в теплообменник и энтальпия конденсата на выходе из теплообменника, кДж/кг.

Расчет **рекуперативных теплообменников** ведется по средним температурам теплоносителя и среднему значению коэффициента теплоотдачи  $k_{ц}$  тдля цикла, состоящего из периода нагрева  $\tau_1$  и периода охлаждения  $\tau_2$  тнасадки. Длительность цикла  $\tau = \tau_1 + \tau_2$ . Средняя величина расчетного коэффициента теплопередачи для цикла, Вт/(м<sup>2</sup> цикл К, приближенно может быть определена по формуле (5):

$$K = 0,8 / (1/\alpha_1 \alpha_2 + 1/\tau_1 \tau_2) \quad (5)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи соответственно для периода нагрева и периода охлаждения, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $\tau_1$  и  $\tau_2$  - длительность периодов цикла, с.

**Задание. На основе приведенных примеров решения, решите следующие задачи:**

**Примеры решения задач:**

1. В противоточном маслоохладителе двигателя внутреннего сгорания масло охлаждается от  $t'_1 = 65^{\circ}\text{C}$  до  $t''_1 = 55^{\circ}\text{C}$ . Температура охлаждающей воды на входе и выходе соответственно  $t'_2 = 16^{\circ}\text{C}$  и  $t''_2 = 25^{\circ}\text{C}$ . Расход масла  $m_1 = 0,8$  кг/с. Определить необходимую поверхность теплопередачи охладителя  $F$  и расход воды  $m_2$ , если коэффициент теплопередачи  $k = 280$  Вт/(м<sup>2</sup>К). Теплоемкость масла  $c_{p1} = 2,45$  кДж/(кгК).

**Решение:**

Теплота, передаваемая за 1 секунду определяется по формуле (1):

$$Q = m_1 c_{p1} (t'_1 - t''_1) = 0,8 \cdot 2,45 \cdot (65 - 55) = 19,6 \text{ кВт}.$$

Температурный напор определим по формуле (3):

$$t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{(65 - 25) - (55 - 16)}{2,3 \lg \frac{65 - 25}{55 - 16}} = 39,5$$

Необходимая поверхность охладителя определяется из формулы (2), где Q из киловатт переводим в ватты, т.е. значение, полученное по формуле (1) умножаем на 1000:

$$F = \frac{Q}{k \Delta t} = \frac{19600}{28039,5} = 1,77 \text{ м}^2$$

Расход охлаждающей воды определяем из формулы (1):

$$m_2 = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t_2} = \frac{19,6}{4,19 \cdot 9} = 0,52 \text{ кг/с}$$

Ответ:  $m_2 = 0,52 \text{ кг/с}$

2. Определите поверхность нагрева регенеративного теплообменника промышленной печи, в котором воздух подогревается уходящими газами от  $t'_в = 20^\circ\text{C}$  до  $t''_в = 1000^\circ\text{C}$ . Температура газов на входе в регенератор  $t'_г = 1450^\circ\text{C}$ . Длительность периодов движения газов и воздуха  $\tau_{г-в} = 0,5 \text{ ч}$ . Коэффициенты теплоотдачи от дымовых газов к насадке (с учетом излучения дымовых газов) и от насадки к воздуху соответственно равны  $\alpha_г = 65 \text{ Вт/(м}^2\alpha\text{К)}$  и  $\alpha_в = 10 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ . Расход воздуха  $1 \text{ кг/с}$  и газов  $1,07 \text{ кг/с}$ . Теплоемкость газов и воздуха определять с учетом температуры по формулам для воздуха.

**Решение:**

Теплота, получаемая воздухом в регенераторе

$$Q_в = m_в (c''_в t''_в - c'_в t'_в) = 1 (1,19 \cdot 1000 - 1,0 \cdot 20) = 1170 \text{ кДж/с}$$

Теплоемкости воздуха и газа определяем по формуле истинной теплоемкости воздуха, приведенной в таблице 2-3.

Т а б л и ц а 2-3

Газ	Истинная теплоемкость при $p = \text{const.}$ кДж/(кмоль·К)	Средняя теплоемкость при $p = \text{const.}$ кДж/(кмоль·А)
$\text{N}_2$	$\mu c_p = 28,5372 + 0,005390t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 28,7340 + 0,002349t$
$\text{O}_2$	$\mu c_p = 29,5802 + 0,006971t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 29,2080 + 0,004072t$
$\text{H}_2$	$\mu c_p = 28,3446 + 0,003152t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 28,7210 + 0,001201t$
CO	$\mu c_p = 28,7395 + 0,005862t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 28,8563 + 0,002681t$
$\text{CO}_2$	$\mu c_p = 41,3597 + 0,013204t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 38,3955 + 0,010584t$
$\text{SO}_2$	$\mu c_p = 42,8728 + 0,013204t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 40,4386 + 0,009956t$
Воздух	$\mu c_p = 28,7558 + 0,005721t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 28,8270 + 0,002708t$
$\text{H}_2\text{O}$ (пар)	$\mu c_p = 32,8367 + 0,011661t$	$\mu c_p  ^{t_0} = 33,1494 + 0,005275t$

$$C_{\mu p} = 28,7558 + 0,005721t \text{ (кДж/кмоль К)}$$

и переводим теплоемкость в кДж/кг К, разделив полученное число на 28,9 (молярную массу воздуха)

Теплота, вносимая газами в регенератор

$$Q'_г = m_г c'_г t'_г = 1,07 \cdot 1,28 \cdot 1450 = 1986 \text{ кДж/с}$$

Теплота газов, уходящих из регенератора

$$Q''_{\Gamma} = 0,85Q'_{\Gamma} - Q_B = 0,85 \cdot 1985 - 1170 = 515 \text{ кДж/с}$$

Определяем температуру газов на выходе из регенератора. Ориентировочно принимаем  $t''_{\Gamma} = 450^{\circ}\text{C}$  и определяем  $c''_{\Gamma} = 1,08 \text{ кДж/(кгК)}$

При этом

$$t''_z = \frac{Q''_z}{m_z \cdot c_z} = \frac{515}{1,07 \cdot 1,08} = 445,6^{\circ}\text{C}$$

Средние температуры газов и воздуха

$$t'_z = \frac{t'_z + t''_z}{2} = \frac{1450 + 445,6}{2} = 947,8^{\circ}\text{C}$$

$$t'_g = \frac{t'_g + t''_g}{2} = \frac{20 + 1000}{2} = 510^{\circ}\text{C}$$

Средний арифметический температурный напор

$$t_{\Delta \text{cp}} = t_{\Gamma \text{ cp}} - t_{\text{в cp}} = 947,8 - 510 = 437,8^{\circ}\text{C}$$

$\tau$  Средний коэффициент теплопередачи за цикл определяем по формуле (5), переведя  $\tau_1 = \tau_2$  в секунды, умножив на 3600:

$$k_y = \frac{0,8}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot \alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot \alpha_2}} = \frac{0,8}{\frac{1}{65 \cdot 1800} + \frac{1}{10 \cdot 1800}} = 14,18 \text{ кДж/(м}^2 \text{К)}$$

Теплота, передаваемая в регенераторе

$$Q_p = Q_B + Q_{\text{пот}} = Q_B + 0,15 \cdot Q'_{\Gamma} = 1170 + 0,15 \cdot 1986 = 1468 \text{ кДж/с}$$

Расчетная поверхность регенератора

$$Q \frac{p \cdot \dot{v}}{k_y \Delta t} = \frac{1468 \cdot 1800}{14,18 \cdot 437,8} = 425,64 \text{ м}^2$$
$$F = \frac{Q_p}{k_y \Delta t} = \dot{v}$$

Ответ:  $F = 425,64 \text{ м}^2$

### Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены теплообменные аппараты и установки?
2. Как классифицируются теплообменники по способу передачи теплоты от одной среды к другой?
3. Как осуществляется передача теплоты в рекуперативных теплообменниках?
4. Как классифицируются теплообменники непрерывного действия по конструктивному оформлению?
5. Как осуществляется передача теплоты в регенеративных теплообменных аппаратах?
6. Как осуществляется передача теплоты в смесительных теплообменных аппаратах?
7. Как осуществляется передача теплоты в теплообменных аппаратах с электрическим обогревом?
8. Как классифицируются теплообменники по роду теплоносителей?
9. Как классифицируются теплообменники по пространственному расположению?
10. Как классифицируются теплообменники по взаимному направлению движения теплоносителей?

### Классификация поверхностных теплообменников интенсивного



Таблица 1.2

Характеристики жидких высокотемпературных теплоносителей

Теплоноситель	Химическая формула	Температура, °С	
		плавления	кипения
		при атмосферном давлении	
Минеральные масла (трансформаторное и др.)	–	-20 – -30	300–500
Нафталин	$C_{10}H_8$	80,2	218
Дифенил	$C_{12}H_{10}$	67	255
Дифениловый эфир	$C_{12}H_{10}O$	27	259
Глицерин	$C_2H_8O_8$	-18,6	290
Натрий	–	97,8	883
Сплав натрия и калия	–	-11	784

Таблица 1.3

Рекомендуемые скорости теплоносителей в каналах теплообменников

Теплоноситель	Скорость, м/с
Маловязкие жидкости (вода, бензин, керосин)	1–3
Вязкие жидкости (масла, органические теплоносители, растворы солей)	0,2–1
Запылённые газы при атмосферном давлении	6–12
Не запыленные газы при атмосферном давлении	12–16
Газы под давлением	15–30
Водяной пар: насыщенный	30–50
перегретый	50–75
разреженный	100–200

**пример конструкторского расчета теплообмена.**

Этот расчет имеет упрощенный вид, и не учитывает потерь теплоты и особенностей конструкции теплообменного аппарата.

**Исходные данные:**

- Температура греющего носителя при входе  $t_1^{BX} = 14$  °С;
- Температура греющего носителя при выходе  $t_1^{ВЫХ} = 9$  °С;
- Температура нагреваемого носителя при входе  $t_2^{BX} = 8$  °С;
- Температура нагреваемого носителя при выходе  $t_2^{ВЫХ} = 12$  °С;
- Расход массы греющего носителя  $G_1 = 14000$  кг/ч;
- Расход массы нагреваемого носителя  $G_2 = 17500$  кг/ч;
- Нормативное значение удельной теплоемкости  $c_p = 4,2$  кДж/кг· °С;

Коэффициент теплопередачи  $k = 6,3 \text{ кВт/м}^2$ .

1) Определим мощность теплообменного аппарата с помощью уравнения теплового баланса:

$$Q^{\text{вх}} = 14000 \cdot 4,2 \cdot (14 - 9) = 294000 \text{ кДж/ч}$$

$$Q^{\text{вых}} = 17500 \cdot 4,2 \cdot (12 - 8) = 294000 \text{ кДж/ч}$$

$Q_{\text{вх}} = Q_{\text{вых}}$ . Условия теплового баланса выполняются. Переведем полученную величину в единицу измерения Вт. При условии, что  $1 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кДж/ч}$ ,

$$Q = Q_{\text{вх}} = Q_{\text{вых}} = 294000/3,6 = 81666,7 \text{ Вт} = 81,7 \text{ кВт}.$$

2) Определим значение напора  $t$ . Он определяется по формуле:

$$\Delta t = \frac{(t_1^{\text{вх}} - t_2^{\text{вх}}) - (t_1^{\text{вых}} - t_2^{\text{вх}})}{\ln \frac{t_1^{\text{вх}} - t_2^{\text{вх}}}{t_1^{\text{вх}} - t_2^{\text{вх}}}} = \frac{(14 - 12) - (9 - 8)}{\ln \frac{14 - 12}{9 - 8}} = 1,4$$

3) Определим площадь поверхности теплообмена с помощью уравнения теплопередачи:

$$F = 81,7/6,3 \cdot 1,4 = 9,26 \text{ м}^2.$$

### Варианты заданий

№ вар.	$t_1^{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	$t_1^{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$	$t_2^{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	$t_2^{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$	№ вар.	$t_1^{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	$t_1^{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$	$t_2^{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	$t_2^{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$
1	15	10	9	13	14	12	8	7	10
2	13	9	8	11	15	14	8	7	12
3	13	10	9	12	16	13	7	6	11
4	14	8	8	11	17	14	8	7	13
5	12	7	7	10	18	15	11	10	13
6	15	9	8	10	19	15	10	8	12
7	14	8	7	12	20	13	8	7	11
8	13	9	8	12	21	13	10	9	11
9	12	6	5	11	22	12	9	7	10
10	12	7	6	11	23	10	6	5	8
11	13	10	8	10	24	10	5	4	7
12	12	6	5	9	25	14	10	9	12
13	14	9	8	12	26	14	11	10	13

### **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 18 "ПЕРЕВОД ФИЗИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ В КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ»**

**Цель занятия:** Формирование умений осуществлять перевод не метрических единиц измерения в единицы Международной системы (СИ), согласно рекомендациям Международной организации стандартизации ИСО.

**Средства обучения:** методические указания; таблица «Международная система единиц СИ»;

**Пояснения к занятию:**

Объектами метрологии являются физические и не физические величины.

*Величина*— это состояние, характеристика, сущность какого-либо объекта (материала, тела, системы и т.д.), а физическая величина — состояние, характеристика, сущность физических свойств объекта.

*Единицей физической величины* является принятая (договорная) количественная доля физического свойства объекта (1 кг — 1 единица, 2 кг — 2 единицы).

*Измерение* — это определение количества единиц данной физической величины.

*Кратной единицей* называют единицу, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

*Дольной единицей* называют единицу, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

В систему СИ входят семь основных единиц физических величин, т.е. конкретных единиц, имеющих эталоны, две дополнительные и производные.

*Эталон единицы физической величины* — это законодательно установленное количество физического свойства объекта, выраженное в практически неизменных долях другой физической величины. Так как эталоны основных единиц носят договорный характер, их определения уточняются по мере развития науки и техники.

Производные единицы физических величин, входящих в систему СИ, — это обязательные единицы, которые могут быть выражены через основные. Их число в системе СИ строго не оговорено, т. е. оно постоянно меняется. Единицы измерений являются одним из объектов Закона РФ «Об обеспечении единства измерения», в котором регулируется допуск к применению единиц величин Международной системы единиц. Наименования, обозначения и правила написания единиц величин, а также правила их применения на территории РФ устанавливает Правительство РФ, за исключением случаев, предусмотренных актами законодательства РФ. Правительством могут быть допущены к применению наравне с единицами величин Международной системы единиц внесистемные единицы величин. Например, в России такими внесистемными единицами измерений являются градус Цельсия и ккал, наряду с Кельвином и джоулем.

### **Ход работы:**

Изучите наименование и обозначение основных единиц Международной системы единиц

Таблица 1 - Основные единицы Международной системы

Наименование	Единица		
	Обозначение		
	Международное	Русское	
Метр	m	м	Для измерения длины
Килограмм	kg	кг	Для измерения массы
Секунда	s	с	Для измерения времени
Ампер	A	А	Для измерения силы электрического тока
Кельвин	K	К	Для измерения температуры
Моль	mol	моль	Для измерения количества вещества
Кандела	cd	кд	Для измерения силы света

## I. Система СИ

Основные единицы системы СИ			Кратные приставки			Дольные приставки		
Величина	Наименование	Обозначение	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель
Длина	метр	м	пета	П	$10^{15}$	фемто	ф	$10^{-15}$
Масса	килограмм	кг	тера	Т	$10^{12}$	пико	п	$10^{-12}$
Время	секунда	с	гига	Г	$10^9$	нано	н	$10^{-9}$
Температура	Кельвин	К	мега	М	$10^6$	микро	мк	$10^{-6}$
Количество вещества	моль	моль	кило	к	$10^3$	милли	м	$10^{-3}$
Сила тока	Ампер	А	гекто	г	$10^2$	санти	с	$10^{-2}$
Сила света	кандела	кд	дека	да	$10^1$	деци	д	$10^{-1}$

### Перевести внесистемные единицы измерений.

**Задание 1:** на этикетке импортного кондитерского изделия нанесено обозначение - энергетическая ценность 120 кДж. Переведите её в ккал.

**Задание 2:** на этикетке импортного кондитерского изделия написано - хранить при температуре 291 градус Кельвина. Переведите её в градусы Цельсия.

**Задание 3:** на пароконвектомате установлена температура - 450 градусов Кельвина. Переведите её в градусы Цельсия.

**Задание 4:** в пекарном шкафу установлена температура - 545 градусов Фаренгейта. Переведите её в градусы Цельсия.

**Задание 5:** Перечертить задание по варианту в форме таблицы и выразить в соответствующих единицах заданные величины.

Таблица 2 - Варианты заданий по списку

1 вариант (по списку 1,4,7,10,13)		2 вариант (по списку 2,5,8,11,14)		3 вариант (по списку 3,6,9,12,15)	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
10 м	мкм	100м	мм	100см	м
100кг	т	100кг	ц	100кг	г
37°C	°C	32°C	°C	25°C	°C
250К	°C	450К	°C	210К	°C

10Па	бар	10Па	Мбар	10Па	дин/см <sup>2</sup>
100Па	мм.рт.ст.	100Па	кгс/см <sup>2</sup>	100Па	мм.вод.ст.
1000 мм.рт.ст.	мбар	1000 мм.рт.ст.	Па	1000 мм.рт.ст.	кгс/см <sup>2</sup>
10Н	кг	10Н	дин	10Н	г
10Дж	ккал	10Дж	кВт*ч	10Дж	эрг
0,1л	см <sup>3</sup>	0,1л	дм <sup>3</sup>	0,1л	м <sup>3</sup>
0,1 м/с	м/ч	0,1 м/с	км/с	0,1 м/с	км/ч
10А	ГА	10А	кА	10А	МА
100Вт	МВт	100Вт	сВт	100Вт	дВт
1кг/м <sup>3</sup>	кг/дм <sup>3</sup>	1кг/м <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	1кг/м <sup>3</sup>	г/м <sup>3</sup>

### Задание 6: Выполнить перевод заданных единиц физических величин в требуемые.

4800 мс - перевести в нс =  $4800 \times 10^6 = 4800000000$  нс

5300 МГц - перевести в ГГц =  $5300 \times 10^3 = 5,3$  ГГц

10445 пФ - перевести в мкФ =  $10445 \times 10^{-6} = 0,010445$

650 МОм - перевести в Ом =  $650 \times 10^6 = 650000000$  Ом

1805 мм - перевести в см =  $1805 \times 10^{-1} = 180,5$  см

1,41 м - перевести в мм =  $1,41 \times 10^3 = 1410$  мм

0,01 Ф - перевести в мкФ =  $0,01 \times 10^6 = 10000$  мкФ

4,15 нФ - перевести в пФ =  $4,15 \times 10^3 = 4150$  пФ

0,217 ГОм - перевести в МОм =  $0,217 \times 10^3 = 217$  МОм

5300 МГц - перевести в кГц =  $5300 \times 10^3 = 5300000$  кГц

2,5 нс – перевести в мс =  $2,5 \times 10^{-6} = 0,0000025$

6000 В – перевести в кВ =  $6000 \times 10^{-3} = 6,0$  кВ

200,5 пФ – перевести в мкФ =  $200,5 \times 10^6 = 0,0002005$  мкФ

5680 мН =  $5680 : 1000$  (Н) = 5,68 Н

16,5 МПа =  $16,5 \cdot 1\,000\,000$  (Па) =  $1,65 \cdot 10^7$  Па

8650 мН =  $8650 : 1000$  (Н) = 8,65 Н

155 кН =  $155 \cdot 1000$  (Н) = 155 000 Н =  $1,55 \cdot 10^5$  Н

0,834 кПа =  $0,834 \cdot 1000$  Па = 834 Па =  $8,34 \cdot 10^2$  Па

120 кН =  $120 \cdot 1000$  (Н) = 120 000 Н =  $1,2 \cdot 10^5$  Н

### **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19 «ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ МАНОМЕТРОВ»**

**Пружинным манометрам свойственны следующие инструментальные погрешности.**

Погрешности характеристики (шкаловые погрешности), вызываемые неполной взаимной компенсацией нелинейности характеристик чувствительного элемента и передаточно-множительного механизма, а в датчиках - и электрического преобразователя. Эти погрешности минимизируют путем индивидуальной регулировки механизма в изготовленных образцах приборов и датчиков.

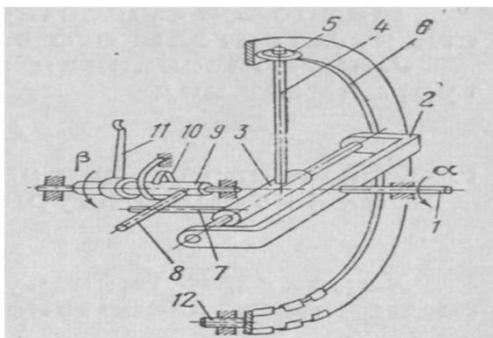


Рис. 6.15. Схема механического корректора.

1 — входная ось ( $\alpha$  — угол ее поворота); 2 — скоба; 3 — поперечная ось; 4 — рычаг; 5 — ролик; 6 — гибкая кольцевая лента; 7 — ведущий поводок; 8 — ведомый поводок; 9 — выходная ось; 10 — спиральная пружина, прижимающая ведомый поводок к ведущему; 11 — стрелка или щетка потенциометра; 12 — регулировочный винт

Погрешности, обусловленные влиянием вредных сил, к числу которых относятся, прежде всего, силы трения в передаточно-множительном механизме и электрическом преобразователе, силы от неуравновешенности подвижных частей, электромагнитные или электростатические силы от взаимного притяжения или отталкивания подвижных и неподвижных частей электрического преобразователя. Уменьшение этих погрешностей возможно следующими путями:

а) снижением вредных сил за счет улучшения качества опор, тщательной балансировки механизма и т. п. Повышение точности балансировки позволяет ослабить натяги

пружин, выбирающих люфты, что в свою очередь способствует уменьшению сил трения;

б) увеличением эффективной площади чувствительного элемента;

в) применением дифференциальных электрических преобразователей, у которых в начальном положении силы притяжения взаимно скомпенсированы;

г) применением следящих систем, разгружающих чувствительный элемент от сил трения.

3. Температурные погрешности манометров, вызываемые влиянием температуры окружающей среды на физические параметры материалов и геометрические размеры деталей.

Наиболее существенно температура влияет на модуль упругости чувствительного элемента.

Линеаризованная зависимость модуля упругости от температуры имеет вид

$$E = E_0(1 + \alpha_E \Delta\theta) \text{ н/м}^2,$$

где  $E_0$  — начальное значение  $E$  (при  $\theta = \theta_0$ ) в  $\text{н/м}^2$ ;

$\alpha_E$  — температурный коэффициент  $E$ ;

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0^\circ\text{C}.$$

Характеристика чувствительного элемента дифференциального манометра связана с модулем упругости соотношением

$$p = E \cdot f(s) \text{ н/м}^2$$

Относительная величина температурной погрешности

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta E}{E} \approx \alpha_E \Delta\theta$$

Влияние температуры на геометрические размеры чувствительного элемента и передаточно-множительного механизма выражается зависимостью

$$l = l_0(1 + \alpha_l \Delta\theta) \text{ м},$$

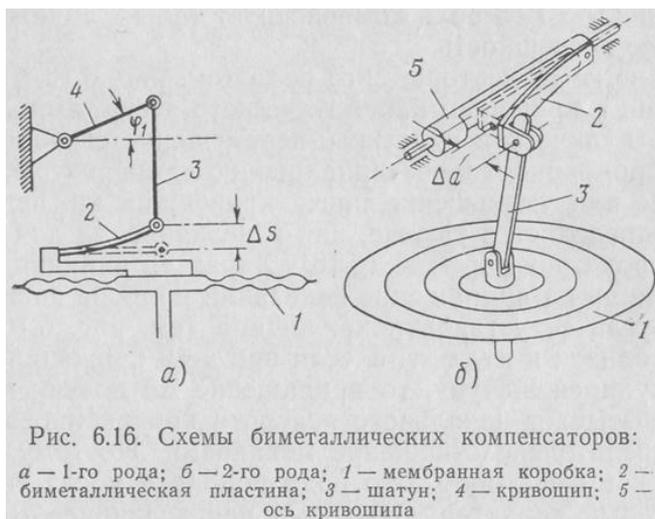
где  $l$  — геометрический размер;

$\alpha_l$  — коэффициент линейного расширения.

Это влияние сказывается на показаниях прибора значительно слабее благодаря тому, что температурные коэффициенты  $\alpha$  линейного расширения металлов на порядок меньше, чем температурные коэффициенты  $\alpha_z$  модуля упругости.

Температура влияет также на величину остаточного давления  $p_{ост}$  внутри анероидов (чувствительных вакуумированных элементов), применяемых в манометрах абсолютного давления. При изменении температуры на величину  $\Delta \theta$  возникает погрешность

$$\Delta p = \frac{p_{ост} \cdot \Delta \theta}{273}$$
. Наконец, при изменении температуры может изменяться выходной параметр  $R$ ,  $L$ ,  $M$  или  $C$  электрического преобразователя.



#### Уменьшение температурных погрешностей достигается следующими способами:

- а) изготовлением чувствительных элементов из сплава типа элинвар, обладающих весьма малым температурным коэффициентом модуля упругости;
- б) снижением остаточного давления внутри анероидов путем более тщательного вакуумирования их;
- в) введением в конструкцию прибора специальных биметаллических компенсаторов, которые вызывают в зависимости от температуры приращение показания прибора, равное по величине и противоположное по знаку температурной погрешности прибора.
- г) применением дифференциальных электрических преобразователей, выдающих два переменных параметра  $z_1$  и  $z_2$  и включенных по схеме делителя напряжений; при работе на высокоомную нагрузку дифференциальный преобразователь не имеет температурной погрешности, так как величина снимаемого напряжения от величины параметров  $z_1$  и  $z_2$  не зависит, а определяется соотношением  $z_1/z_2$  важно обеспечить лишь равенство температурных коэффициентов параметров  $z_1$  и  $z_2$ ,
- д) применением электрических компенсаторов, выполненных в виде проволочного или полупроводникового термосопротивлений и включаемых во внешнюю электрическую цепь так, чтобы скомпенсировать температурные погрешности, вносимые всеми остальными элементами датчика.

4. Погрешности от люфтов в опорах, шарнирах и направляющих передаточно-множительного механизма. Для устранения погрешностей от люфтов на выходной оси передаточно-множи-

тельного механизма устанавливается спиральная пружина (волосок), которой дается начальный натяг. Слишком большой натяг пружины нежелателен, так как он приводит к увеличению погрешностей от трения.

5. Погрешности от гистерезиса и упругого последействия. Снижение этих погрешностей достигается выбором материалов с хорошими упругими свойствами и улучшением режимов их термической обработки. Наименьшими погрешностями от гистерезиса и упругого последействия обладают чувствительные элементы, изготовленные из сплавов типа 47ХНМ и бериллиевой бронзы.

6. Погрешности от влияния давления окружающей среды. Эти погрешности возникают в манометрах со сдвоенными чувствительными элементами в случае неравенства их эффективных площадей. Для уменьшения погрешностей подбирают чувствительные элементы с возможно более близкими эффективными площадями.

Класс точности показывает, сколько процентов максимальная инструментальная погрешность составляет от всей шкалы прибора. ГОСТом установлено 8 классов точности измерительных приборов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Зная класс точности прибора и предельное значение измеряемой величины, можно определить абсолютную и относительную инструментальную погрешность измерения. Чем ближе значение измеряемой величины к пределу измерения, тем меньше относительная инструментальная погрешность.

Диаметр и класс точности манометра параметры взаимосвязанные, **чем выше точность прибора для измерения давления, тем больше диаметр его шкалы.**

**Задача 1.** При контроле метрологических параметров деформационных (пружинных) манометров со шкалой на 300 делений смещение стрелки от постукивания по корпусу прибора должно оцениваться с погрешностью, не превышающей 0,1 цены деления шкалы. Сопоставьте эту погрешность с допустимой погрешностью для манометра класса 0,15.

**Решение.** Сопоставим класс точности 0,15 со шкалой на 300 делений:

$$300 - 100\%$$

$$\Delta - 0,15\%$$

$$\text{Тогда } \Delta = (300 * 0,15) / 100 = 0,45 \text{ дел.}$$

Откуда  $0,1 < 0,45$  в 4,5 раза.

**Ответ:** в 4,5 раза

**Задача 2.**

В цепь с током 15 А включены три амперметра со следующими параметрами: класса точности 1,0 со шкалой на 50 А; класса точности 1,5 на 30 А; класса точности 2,5 на 20 А. Какой из амперметров обеспечит большую точности измерения тока цепи?

**Решение.**

Сопоставим классы точности со шкалой приборов:

$$X_1 = (50 \cdot 1) / 100 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ A}$$

$$X_2 = (30 \cdot 1,5) / 100 = 0,45 \text{ A}$$

$$X_3 = (20 \cdot 2,5) / 100 = 0,5 \text{ A}$$

**Ответ:** второй амперметр

**Задача 3.** Показания вольтметра с диапазоном измерений от 0 В до 150 В равны 51,5 В. Показания образцового вольтметра, включенного параллельно с первым – 50,0 В. Определить относительную и приведенную погрешности рабочего вольтметра.

*Решение:* Относительная погрешность рабочего вольтметра:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_D} \cdot 100 \% = \frac{51,5 \text{ В} - 50,0 \text{ В}}{50,0 \text{ В}} \cdot 100 \% \approx 3 \%$$

Приведенная погрешность рабочего вольтметра ( $x_N$  – нормирующее значение

(верхний предел измерений):  $\gamma = \frac{\Delta x}{x_N} \cdot 100 \% = \frac{51,5 \text{ В} - 50,0 \text{ В}}{150 \text{ В}} \cdot 100 \% \approx 1 \%$ .

*Решение:*  $\delta \approx 3 \%$ ;  $\gamma \approx 1 \%$ .

**Задача 4.** Пользуясь правилами округления, запишите результаты измерений 148935 м; 575,4555 м; 575,450 м; 575,55 м; 325,6798, если первая из заменяемых цифр является пятой по счету (слева направо).

*Решение:* 148900 м; 575,5 м; 575,4 м; 575,6 м; 325,7 м.

**Задача 5.** Определить пригодность к дальнейшему применению рабочего вольтметра класса точности 1,5 с диапазоном измерений от 0 В до 250 В, если при непосредственном сличении его показания с показаниями образцового вольтметра были получены следующие результаты:

Рабочий вольтметр, В	50	100	150	200	250
Образцовый вольтметр, В	49,8	101,8	152,9	203,2	249,1

При этом известно, что образцовый вольтметр имеет систематическую погрешность 0,6 В на всем диапазоне измерений.

*Ответ:* пригоден.

**Задача 6.** При поверке дистанционного парогазового термометра класса точности 2,5 с пределом измерений 100°C были получены следующие показания образцовых ртутных термометров в оцифрованных точках поверяемого.

Поверяемые точки, °С	20	40	60	80	100
При повышении $t$ , °С	21	40	59	76	98
При понижении $t$ , °С	22	41	60	77	98

Оцените годность прибора; в случае брака укажите точку, из-за которой принято данное решение.

*Ответ:* прибор не годен из-за точки 80° С.

**Задача 7.** Манометр на 16 кг. Как определить, на сколько делений он может "завышать либо занижать показания.

**Решение :** Манометр, если он исправен, может давать погрешность в пределах  $\pm 1,5\%$  от полной шкалы, т. е.  $16 \cdot 0,015 = 0,24$  атм.

Диаметр манометра	Класс точности					
	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0
40	-	-	-	-	+	+
50	-	-	-	-	+	+
60	-	-	+	+	+	+
100	-	-	+	+	+	-
160	-	+	+	+	+	-
250	+	+	+	+	-	-

## **ЛАБОРАТОРНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 20 "ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ".**

**Инструментальная, или приборная, погрешность** измерения температуры возникает из-за несовершенства конкретных средств измерения температуры, использования этих средств в условиях, отличающихся от нормальных. Инструментальную погрешность средства измерения температуры разделяют на две составляющих – основную и дополнительную. Первая характеризует точность средства измерений в нормальных условиях, вторая учитывает влияние отклонений от этих условий. Для удобства и однозначности оценки погрешностей средств измерений в известных рабочих условиях проводится регламентация метрологических характеристик средств измерения. Номенклатура и определения нормируемых метрологических характеристик устанавливаются согласно ГОСТ 8.009-84.

Инструментальная погрешность — это ошибка, связанная с недостатками самого измерительного прибора. Эта погрешность указывается в паспорте прибора и обычно равна цене деления. Отсчетная погрешность — это погрешность, которая возникает в процессе считывания показаний шкалы прибора. Обычно ее принимают равной половине цены деления. Источниками **инструментальных погрешностей** могут быть, например, неточная градуировка прибора и смещение нуля, вариация показаний прибора в процессе эксплуатации и т.д. Уменьшают **инструментальные погрешности** применением более точного прибора. В общем случае инструментальные погрешности можно разделить на: инструментальные погрешности, являющиеся следствием несовершенства или неправильности технологии изготовления средств измерений; инструментальные погрешности, присущие данной конструкции; инструментальные погрешности, являющиеся следствием износа, старения или неисправности средств измерений.

### **Инструментальные погрешности, присущие данной конструкции**

Одним из характерных источников погрешностей рассматриваемого вида, присущих почти всем средствам измерений, которые имеют подвижные части, является некоторая свобода перемещения этих частей, помимо движения, соответствующего принципу действия устройства. В зависимости от конструкции узла, в котором возникает такая свобода

перемещения, а также от традиций той или иной отрасли приборостроения говорят о наличии «люфта», «зазора», «мертвого», «свободного» или «холостого хода» и т. д.

Еще одной причиной инструментальных погрешностей является трение в сочленениях подвижных деталей приборов.

Так, в средствах измерений, в которых при измерении приходится вращать или перемещать отдельные детали (например, **в микрометрах**), большое трение затрудняет правильную установку вращаемой детали и может привести к возникновению чрезмерно большого или чрезмерно малого давления на измеряемый объект.

### **Инструментальные погрешности, являющиеся следствием несовершенства или неправильности технологии изготовления средств измерений**

Всем средствам измерений, имеющим шкалу, в большей или меньшей степени присущи погрешности, возникшие в результате неточности нанесения отметок шкалы, так называемые погрешности градуировки. В тех случаях, когда деления шкалы строго равномерны, как, например, в устройствах для измерения длины, отметки на шкалы наносятся механически при помощи соответствующих приспособлений. Несовершенство конструкции, износ или неисправности этих приспособлений могут привести к тому, что некоторые или все отметки окажутся смещенными в ту или иную сторону. При этом в процессе измерения результаты всегда будут содержать одну и ту же погрешность.

Более или менее точные измерительные приборы, шкалы которых неравномерны, градуируют нередко вручную. Процесс градуировки осуществляется следующим образом. Градуируемый **измерительный прибор** с основанием, подготовленным для нанесения шкалы, и образцовый измерительный прибор, погрешности которого значительно меньше предельно допускаемых для градуируемого, подключают к регулируемому источнику измеряемой величины. Устанавливая различные значения измеряемой величины показаниям образцового измерительного прибора, одновременно наносят отметки на шкалу градуируемого измерительного прибора. Уже на этом этапе возможно появление погрешностей, например, вследствие того, что исполнитель при нанесении отметки не строго перпендикулярно к плоскости шкалы, результате нанесенная им отметка окажется смещенной влево и вправо от правильного положения (погрешность от параллакса). При градуировке на шкалу наносят только основные отметки, т. е. отметки, против которых ставят числовые значения (называть их «оцифрованными» не рекомендуется).

Промежуточные отметки в соответствии с характером шкалы наносят на глаз или при помощи приспособлений различной степени сложности. На этом этапе возможно появление погрешностей градуировки вследствие глазных ошибок или несовершенства приспособления, недостаточно точно воспроизводящего малых делениях характер неравномерности шкалы. Эти погрешности опасны тем, что при поверке средств измерений, как правило, ограничиваются сравнением их показаний с показаниями образцового измерительного устройства также только на числовых метках.

Таким образом, систематические погрешности на промежуточных отметках могут остаться незамеченными.

Числовые, а иногда и промежуточные отметки при описанном способе градуировки наносят предварительно «вчерне», например в виде карандашных точек, после чего вычерчивают шкалу тушью или иным способом. На этом этапе может возникнуть дополнительная градуировочная погрешность, например, от того, что при нанесении штриха определенной ширины (а не толщины, как иногда говорят) его середина может оказаться смещенной по отношению к точке, поставленной при градуировке.

Таким образом, возможность появления инструментальных погрешностей в результате градуировки весьма значительна. Принимаются меры к тому, чтобы погрешности градуировки были меньше погрешностей, допускаемых для данного средства измерения, однако в какой-то степени они все же остаются. Их отрицательное влияние становится особенно заметно в процессе эксплуатации средств измерений, когда возрастают другие погрешности, например, вследствие износа деталей, старения материала, нарушения регулировки. Тогда суммарная погрешность может выйти за допускаемые пределы раньше срока естественного износа.

В последнее время стремятся изготавливать печатные шкалы (типографским, фотографическим и другими способами) не только для средств измерений массового выпуска, но и для более точных. В этом случае при конструировании предусматривают способы регулирования средств измерений, позволяющие «подогнать» их показания к шкале. Разумеется, и при этом способе неизбежны градуировочные погрешности.

### **Инструментальные погрешности, являющиеся следствием износа, старения или неисправности средств измерений.**

Износ и старение материалов могут быть причиной появления погрешностей, имеющих некоторые характерные особенности. Так, совершенно очевидно, что средства измерений изнашиваются непрерывно и постепенно в процессе эксплуатации со скоростью, зависящей от интенсивности эксплуатации. Следовательно, и погрешности, появляющиеся в результате износа, как правило, возрастают постепенно. Однако рост этот происходит настолько медленно, что в определенный отрезок времени мы можем принимать погрешности, явившиеся следствием износа, постоянными и даже пользоваться соответствующими поправками. Только тогда, когда эти погрешности достигнут установленного предела, дальнейшее применение данного средства измерений считается недопустимым.

Типичным примером в этом отношении являются гири. Их износ всегда идет в одном направлении - постепенно уменьшается их масса. Характер износа гирь заставляет изготавливать их с положительным запасом массы. Масса новой гири всегда больше номинальной в пределах, допускаемых для данного класса гирь.

Другим примером являются концевые меры длины - плитки. В процессе эксплуатации и при ремонтах их размер постепенно уменьшается. Плитками пользуются до тех пор, пока их размер не достигнет установленного для них предела, после чего их или переводят в другой класс, или переаттестовывают, или, наконец, изымают из применения в качестве мер.

Несколько иначе обстоит дело со старением. Под старением понимают изменение каких-либо свойств материалов с течением времени, а иногда и в зависимости от условий применения или хранения.

Процесс старения может протекать различно. Старение может привести к потере каких-либо свойств, имеющих значение для средства измерений, или к постепенной их стабилизации. Одним из характерных примеров старения второго вида является старение манганина. Манганин--это сплав меди, марганца, никеля и некоторых других компонентов, добавляемых иногда в небольших количествах. Обладая сравнительно большим удельным электрическим сопротивлением, манганин в то же время имеет незначительный температурный коэффициент сопротивления. Термоэлектродвижущая сила (т. э. д. с), которая возникает в спае манганина с медью при его нагревании, относительно невелика. Благодаря этим качествам манганин широко применяется в электроприборостроении. Однако манганин имеет одно отрицательное свойство - с течением времени его сопротивление хотя и медленно, но изменяется. По истечении двух-трех лет процесс этот практически прекращается и сопротивление изделия из манганина стабилизируется.

Были разработаны приемы искусственного ускорения процесса старения манганина, стабилизации его свойств. Так как полной стабилизации все же достичь не удается, то для более точных приборов, в которых эта остаточная нестабильность влияет на показания, в первые годы эксплуатации проводят более частые поверки.

В особо ответственных случаях готовое изделие выдерживают годами без применения - до полной стабилизации его свойств, например, катушки сопротивления высшей точности. Во время выдержки ведутся периодические наблюдения за изменением их сопротивления.

Как видим, в данном случае процесс старения обратен процессу износа - с течением времени качество и надежность измерительного устройства улучшаются.

Манганин - не единственный пример старения материала в области измерительной техники. Так, в некоторых концевых мерах длины, изготавливаемых из стали, также была обнаружена тенденция к изменению с течением времени их размеров, причем в сторону увеличения. Это явление назвали «ростом» плиток. Меры борьбы с этим явлением те же, что и в отношении манганина - искусственная стабилизация и более частая поверка до наступления надежной естественной стабилизации.

Неисправностей, которые являются или точнее могут являться причиной появления систематических погрешностей, множество. Перечислить их нет никакой возможности. Можно указать на деформации или коррозию деталей измерительного механизма, не прекращающихся, но изменяющих характер взаимодействия отдельных его частей. Часто неисправность измерительного устройства является следствием его перегрузки. Перегрузка - механическая, электрическая, тепловая или какая-либо иная - может вызвать устойчивое «остаточное» изменение в материале или в механизме средства измерений и явиться причиной появления или изменения систематической погрешности.

Неисправности, ведущие к появлению небольших систематических погрешностей, гораздо опаснее тех, которые вызывают большие погрешности. Большие систематические погрешности сравнительно быстро обнаруживаются «на глаз», например, по значительному несоответствию результатов измерения ожидаемым. Небольшие систематические погрешности, в два - четыре раза превышающие допускаемые, могут в течение более или менее длительного времени

оставаться незамеченными. Такие незамеченные погрешности могут принести огромный вред, особенно при большом числе измерений.

Особую опасность представляет появление или изменение систематических погрешностей в образцовых средствах измерений, применяемых для поверки других средств измерений. Мало того, что каждое средство измерений, поверенное или отградуированное по такому образцовому средству измерений, с самого начала будет нести в себе скрытую погрешность, оно будет передавать эту погрешность всем объектам, которые с его помощью будут измеряться или поверяться. Если вред, приносимый скрытой систематической погрешностью рабочего средства измерений, можно было бы выразить математически, то для выражения вреда, приносимого скрытой систематической погрешностью образцового средства измерений, это выражение следовало бы возвести в квадрат или даже в четвертую степень для случая поверки образцового средства измерений следующего, более низкого, разряда.

Из этого сопоставления роли систематических погрешностей рабочих и образцовых средств измерений наглядно видна важность особой тщательности проведения поверки образцовых средств измерений.

Данный обзор инструментальных погрешностей не является исчерпывающим. Его цель - подсказать читателю необходимость и пути анализа возможных систематических погрешностей, которые могут внести в результаты измерения применяемые измерительные устройства.

Приборную погрешность снижают путем применения современных контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, а также ЭВМ.

Инструментальные погрешности в термоэлектрических термометрах серии ИТГ, ТВГ и ТЦТ возникают из-за изменения сопротивления рамок измерительных механизмов показывающих приборов, а также из-за влияния внешних электрических и магнитных полей, трения и т. д.

Температурные инструментальные погрешности уменьшают путем включения термочувствительных резисторов с положительным термокоэффициентом сопротивления (ТКС). Для уменьшения погрешностей от влияния внешних полей в указателях применяют экран из пермаллоя.

**Инструментальная погрешность термометра** - разность между показаниями термометра и температурой его чувствительного элемента.

Инструментальные погрешности обуславливаются свойствами средств измерений (стабильностью, чувствительностью к внешним воздействиям и т.п.), их влиянием на объект измерений, технологией и качеством их изготовления (например, неточностью градуировки или нанесения шкалы).

Основное необходимое условие оценки инструментальной составляющей погрешности измерений – информация о свойствах СИ, влияющих на результаты и погрешности измерений. Характеристики инструментальной погрешности изменяются от экземпляра к экземпляру СИ, могут самопроизвольно изменяться во времени.

Инструментальная погрешность, вносимая прибором при каждом отдельном измерении, связана с точностью прибора. Кроме того, приборная погрешность содержит в себе как систематические, так и случайные погрешности. К систематическим погрешностям относят погрешности, связанные со смещением начала отсчета шкалы, с неравномерностью нанесения штрихов шкалы и т. п. в состав инструментальной погрешности входят случайные погрешности, возникшие под действием сил трения в отдельных частях прибора, из-за движения частей прибора в зазорах и т. п. Уменьшение инструментальной погрешности достигается применением более точных приборов и инструментов. Полностью устранить инструментальную погрешность невозможно.

Перед выполнением любого эксперимента необходимо предварительно проанализировать возможные погрешности используемых приборов. Они 41 могут иметь как систематический, так и случайный характер. Можно говорить о единой оценке инструментальной погрешности прибора *синстр*, которая учитывает обе составляющие. Погрешность шкалы. При работе с прибором со шкалой (линейка, штангенциркуль, стрелочные приборы и т.д.) один из источников погрешности — необходимость выбора некоторого значения (интерполяции) между метками шкалы. Эта погрешность, которую как правило оценивают в половину цены деления, называется погрешностью отсчёта по шкале. Аналогичная погрешность есть и у приборов с цифровым дисплеем — это погрешность округления цифры последнего разряда. Данная погрешность может быть как случайной, так и систематической: в частности, если показания прибора стабильны (стрелка не дрожит и при повторных измерениях стрелка попадает в то же самое место шкалы), ошибка отсчёта будет систематической; если стрелка дрожит (или «плавает» последняя цифра разряда), ошибка будет случайной. Замечание. Стоит по возможности избегать измерений в начале шкалы: если измеряемая величина лишь немногим превосходит цену деления (или единицу последнего разряда дисплея), относительная ошибка измерения резко возрастает. Паспортная погрешность. Любой прибор имеет погрешность изготовления, калибровки, а также внутренние источники ошибок (например, шумы). Как правило, максимальные значения этих погрешностей определяются производителем и описаны в паспорте прибора. Погрешности могут зависеть от условий эксплуатации (температура, влажность и т.д.), что также должно отражаться в паспорте.

Инструментальная погрешность — одна из наиболее существенных составляющих погрешности результата измерения. За исключением смещения начала отсчета, приборные погрешности относятся к разряду неустранимых погрешностей.

Инструментальные погрешности, являющиеся следствием износа, старения или неисправности средств измерений. Очевидно, что средства измерений изнашиваются непрерывно и постепенно в процессе эксплуатации со скоростью, зависящей от интенсивности эксплуатации. Пример: износ гирь всегда идет в одном направлении – постепенно уменьшается их масса. Характер износа гирь заставляет изготавливать их с положительным запасом массы. Масса новой гири всегда больше номинальной в пределах, допускаемых для данного класса гирь. Несколько иначе обстоит дело со старением. Под старением понимают изменение каких-либо свойств материалов с течением времени, а иногда и в зависимости от условий применения или хранения. Пример: старение манганина. Манганин – это сплав меди, марганца, никеля и некоторых других компонентов, добавляемых иногда в небольших количествах. Обладая сравнительно большим удельным электрическим сопротивлением, манганин в то же время имеет незначительный температурный коэффициент сопротивления. Благодаря этим качествам манганин широко применяется в электроприборостроении. Однако манганин имеет одно отрицательное свойство – с течением времени его сопротивление хотя и медленно, но

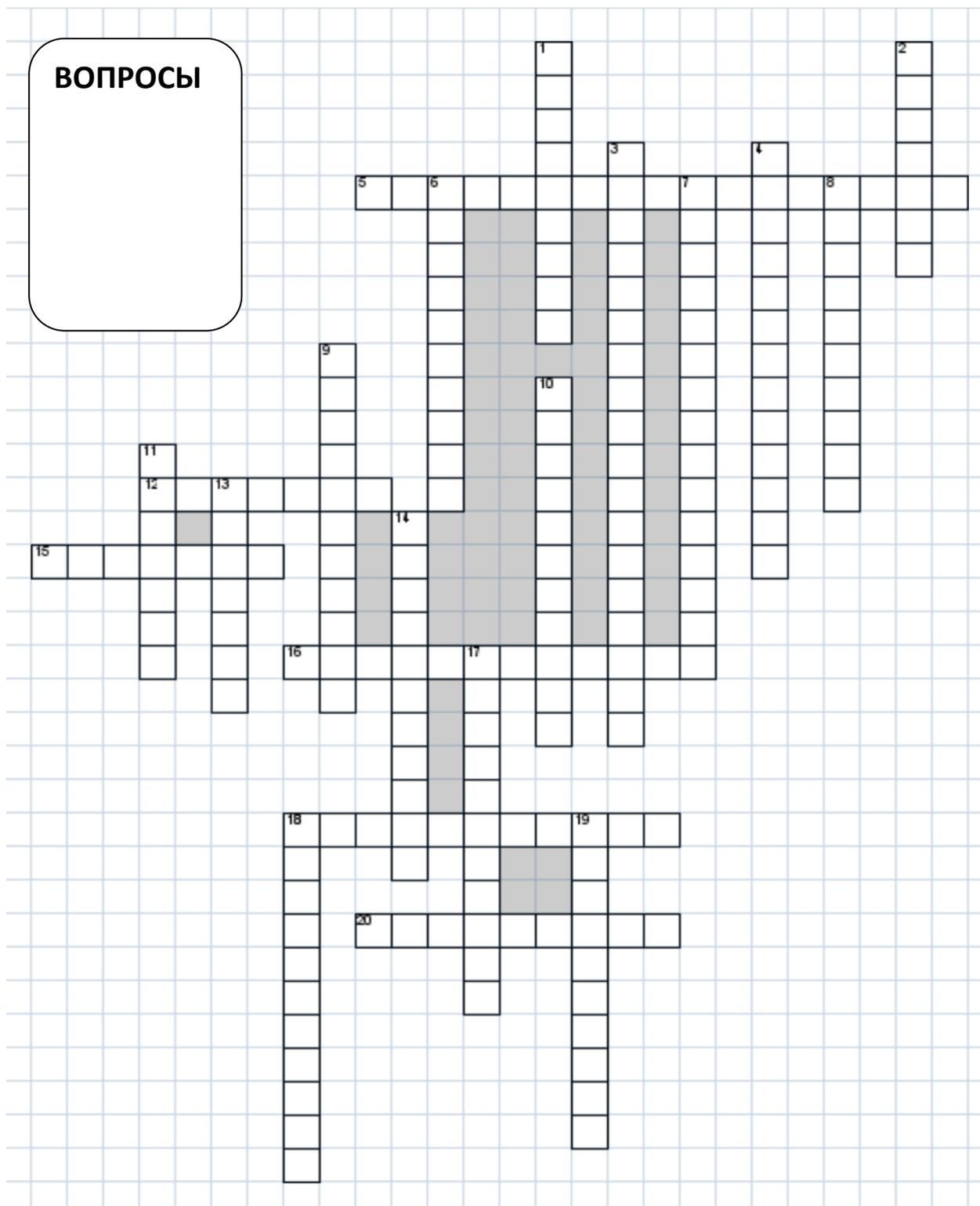
изменяется. По истечении двух-трех лет процесс этот практически прекращается и сопротивление изделия из манганина стабилизируется. Как видно из этого примера, процесс старения носит обратный характер по отношению к процессу износа – с течением времени качество и надежность измерительного устройства улучшаются

Они могут быть уменьшены или исключены при усовершенствовании средств измерений – термостабилизацией критичных к температуре узлов, экранировкой, установкой более чувствительных датчиков, более точной калибровкой, и т.д

Инструментальная погрешность пирометра: составляющая основной погрешности пирометра, обусловленная собственными метрологическими свойствами пирометра, которая оценивается при нормальных условиях и не связана с погрешностью образцовой меры, по которой производится градуировка или поверка пирометра

## КРОССВОРД К ТЕМЕ «ИЗМЕРЕНИЯ»

### ВОПРОСЫ



#### По горизонтали

5. Какой измерительный инструмент предназначен для измерений абсолютных линейных размеров наружных и внутренних поверхностей, а также для воспроизведения размеров при разметке деталей?

12. Какой эталон, предназначен для передачи размера единицы рабочим средствам измерения?

15. Результат работы производственного предприятия, характеризуемый величиной, исчисляемой в килограммах, метрах и т.п.

16. Какой признак характеризует цвет, форму, способ крепления деталей, способ настройки или регулировки изделия?

18. Какие калибры предназначены для контроля и установки рабочих калибр-колец или калибр-скоб?

20. Какой показатель продукции отражает одно свойство?

### **По вертикали**

1. Какие резьбы используются в разъемных соединениях деталей машин и обеспечивают плотность соединений и неподвижность стыков?

2. Качественная или количественная характеристика свойств продукции?

3. Какой метод контроля заключается в измерении каждого элемента резьбы в отдельности?

4. Погрешность возрастающая пропорционально числу витков и возникающая из-за кинематических погрешностей элементов станка?

6. Какая погрешность измерения, выражена в единицах измеряемой величины?

7. Какой метод основан на сборе и учете мнений фактических или возможных потребителей продукции?

8. Наука об измерениях?

9. Как называется прибор для записи микронеровностей?

10. Как называют щуповые электромеханические приборы, предназначенные для измерения параметров шероховатости поверхности?

11. Какой диаметр применяют для упрощения контроля и расчета допусков резьб?

13. По каким сторонам профиля резьбы сопрягаются болт и гайка между собой?

14. Для уменьшения чего проводят многократные измерения?

17. Профиль резьбы?

18. Какой метод оценки уровня качества предусматривает применение обобщенных показателей качества?

19. Какой показатель характеризует назначение, область применения, конструктивные и другие особенности изделия?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8 "ВЫБОР МЕТОДА И ВИДА ИЗМЕРЕНИЙ"

**Тема:** Изучение структуры и содержания Федерального закона РФ «Об обеспечении единства измерений»

**Цели:** закрепление теоретических знаний по теме «Измерение. Эталоны средства измерений, поверка»; формирование практических навыков анализа нормативно – правовых источников регулирующих отношения в системе единства измерений; формирование практических навыков определения характеристик методов измерений, умения приводить примеры средств измерений в своей профессиональной сфере; формирование общих (профессиональных) компетенций: осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

**Порядок выполнения работы:**

**Задание № 1** Изучите содержание Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 N 102-ФЗ, выписать следующие данные:

1. Кем принят и одобрен.
2. Дата принятия и одобрения.
3. Когда была принята последняя редакция закона.
4. Содержание преамбулы.
5. Структура закона.
6. Цели закона.

**Задание № 2** Используя материалы учебника Шишмарев В. Ю. «Метрология, стандартизация, сертификация и техническое регулирование» (стр. 72 – 87) заполните таблицы. Таблица «Методы измерений»

Таблица «Методы измерений»

Название метода	Характеристика метода	Пример применения метода в профессиональной сфере
<b>1.Метод непосредственной оценки</b>		
<b>2.Метод сравнения</b>		
2.1. Метод сравнения в равновесном режиме		
2.2. Метод сравнения в неравновесном режиме		

Таблица «Классификация средств измерений»

Название средства измерения	Характеристика средства измерения	Пример из материалов учебника	Пример применения средства измерения в профессиональной сфере
<b>1. По конструктивному исполнению</b>			
1.1 Меры физической величины			
1.2 Измерительные преобразователи			
1.3 Измерительный прибор			
1.4 Измерительная установка			
1.5 Измерительная система			
<b>2. По метрологическому назначению</b>			
2.1 Рабочие средства измерений			
2.2 Эталоны			

**Контрольные вопросы:**

1. Когда и кем был принят Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений»?
2. Каковы основные цели данного закона?
3. Что такое измерение и система измерений?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9 "ВЫЯВЛЕНИЕ И ИСКЛЮЧЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПОГРЕШНОСТЬ"**

**Цель работы** – ознакомиться с основными теоретическими положениями о классификации и расчете погрешности измерений; научиться производить расчет погрешностей измерений.

Амперметром с диапазоном измерения от 0 до 50 А произведен ряд измерений (таблица 1):

Таблица 1 – Ряд измерений

Порядковый номер наблюдений	Значение величины тока $I$ , А	Порядковый номер наблюдений	Значение величины тока $I$ , А
1	20,5	9	20,5
2	20,1	10	20,7
3	20,5	11	20,5
4	20,5	12	20,3
5	20,2	13	20,9
6	20,6	14	20,1
7	20,3	15	20,6
8	20,7		

**Необходимо:**

- Произвести оценку результатов измерений (найти абсолютную, относительную и приведенные погрешности);
- За нормирующее значение принять верхний предел шкалы.

**Решение:**

№	Значение величины тока $I$ , А	Истинное значение величины тока, $I$ , А	Абсолютная погрешность( $\Delta$ ), $I$ , А	Относительная погрешность( $\delta$ ), %	Приведенная погрешность ( $\gamma$ ), %
1	20,50	20,47	0,03	0,0015	0,0006
2	20,10		-0,37	-0,0184	-0,0074
3	20,50		0,03	0,0015	0,0006
4	20,50		0,03	0,0015	0,0006
5	20,20		-0,27	-0,0134	-0,0054
6	20,60		0,13	0,0063	0,0026
7	20,30		-0,17	-0,0084	-0,0034
8	20,70		0,23	0,0111	0,0046
9	20,50		0,03	0,0015	0,0006
10	20,70		0,23	0,0111	0,0046
11	20,50		0,03	0,0015	0,0006
12	20,30		-0,17	-0,0084	-0,0034
13	20,90		0,43	0,0206	0,0086
14	20,10		-0,37	-0,0184	-0,0074
15	20,60		0,13	0,0063	0,0026

Истинное значение:  $X_{ист} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$ .

Абсолютная погрешность:  $\Delta = X_D - X_{ист}$ .

Относительная погрешность:  $\delta = \pm \frac{\Delta}{X_D} \cdot 100\%$ .

Приведенная погрешность:  $\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100\%$ .

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10 "ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ЗАВИСИМОСТЕЙ АБСОЛЮТНОЙ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ И ПРИВЕДЕННОЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ"**

**Задача 1.** Вольтметром со шкалой (0...100) В, имеющим абсолютную погрешность  $\Delta V=1$  В, измерены значения напряжения 0, 10, 20, 40, 50, 60, 80, 100 (В). Рассчитать зависимости

абсолютной, относительной и приведенной погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

### Решение

Для записи результатов формируем таблицу (см. таблицу 1), в столбцы которой будем записывать измеренные значения  $V$ , абсолютные  $\Delta V$ , относительные  $\delta V$  и приведенные  $\gamma V$  погрешности.

**В первый столбец** записываем заданные в условии задачи измеренные значения напряжения: 0, 10, 20, 40, 50, 60, 80, 100 (В).

Значение абсолютной погрешности известно из условий задачи ( $\Delta V=1$  В) и считается одинаковым для всех измеренных значений напряжения; это значение заносим во все ячейки **второго столбца**.

Значения относительной погрешности будем рассчитывать по формуле

$$\delta V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\% .$$

$$\text{При } V=0 \text{ В получаем: } \delta V = \frac{1B}{0B} \cdot 100\% \rightarrow \infty .$$

$$\text{При } V=10 \text{ В получаем: } \delta V = \frac{1B}{10B} \cdot 100\% = 10\% .$$

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений напряжения рассчитываются аналогично.

Полученные таким образом значения относительной погрешности заносим в **третий столбец**. Для расчета значений приведенной погрешности будем использовать формулу:

$$\gamma V = \frac{\Delta V}{V_N} \cdot 100\% .$$

Предварительно определим нормирующее значение  $V_N$ .

Так как диапазон измерений вольтметра – (0...100) В, то шкала вольтметра содержит нулевую отметку, следовательно, за нормирующее значение принимаем размах шкалы прибора, т. е.

$$V_N = |100B - 0B| = 100B$$

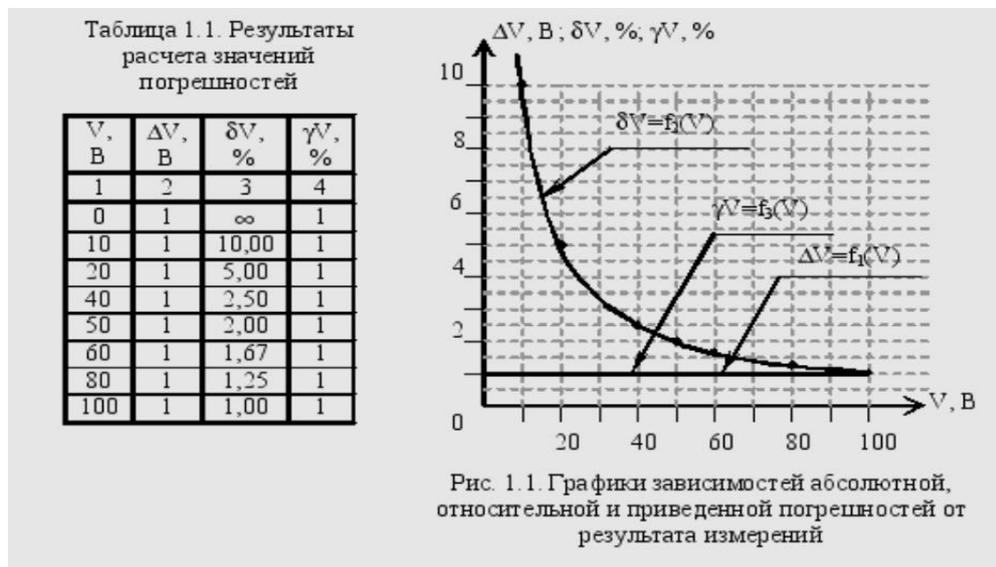
Так как величины  $\Delta V$  и  $V_N$  постоянны при любых измеренных значениях напряжения, то величина приведенной погрешности так же постоянна и составляет

$$\gamma V = \frac{1B}{100B} \cdot 100\% = 1\% .$$

Это значение заносим во все ячейки **четвертого столбца**.

По данным таблицы 1 строим графики зависимостей  $\Delta$  абсолютной  $\delta$ , относительной и приведенной  $\gamma$  погрешностей от результата измерений  $V$  (см. рис. 1).

В данном случае графики зависимостей абсолютной и приведенной погрешностей сливаются друг с другом и представляют собой горизонтальные прямые линии. График зависимости относительной погрешности представляет собой гиперболу.



**Внимание:** так как диапазон измерений прибора – (0...100) В, то за пределы этого диапазона построенные графики не должны выходить.

**Задача 2.** Амперметром класса точности 2.0 со шкалой (0...50) А измерены значения тока 0, 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50 (А). Рассчитать зависимости абсолютной, относительной и приведенной основных погрешностей от результата измерений. Результаты представить в виде таблицы и графиков.

**Решение:**

Для записи результатов формируем таблицу (см. таблицу 2.1), в столбцы которой будем записывать измеренные значения  $I$ , абсолютные  $I\Delta$ , относительные  $I\delta$  и приведенные  $I\gamma$  погрешности.

В первый столбец записываем заданные измеренные значения тока: 0,5; 10;20;25;30;40;50 А.

Класс точности амперметра задан числом без кружка, следовательно, приведенная погрешность, выраженная в процентах, во всех точках шкалы не должна превышать по модулю класса точности, т.е.  $|\Delta I| \leq 2\%$

При решении задачи рассмотрим худший случай  $|\Delta I|=2\%$ , когда приведенная погрешность принимает максимальное по абсолютной величине значение, что соответствует  $\Delta I=+2\%$  и  $\Delta I=-2\%$ .

Данные значения приведенной погрешности заносим в четвертый столбец таблицы 2.1.

Из формулы  $\gamma I = \frac{\Delta I}{I_N} \cdot 100\%$  выражаем абсолютную погрешность  $\Delta I = \frac{\gamma I \cdot I_N}{100\%}$ . За нормирующее значение  $I_N$  принимаем размах шкалы, т.к. шкала амперметра содержит нулевую отметку, т. е.  $I_N = |50 \text{ A} - 0 \text{ A}| = 50 \text{ A}$ .

Абсолютная погрешность равна  $\Delta I = \frac{\pm 2\% \cdot 50 \text{ A}}{100\%} = \pm 1 \text{ A}$  во всех точках шкалы прибора. Заносим данное значение во второй столбец таблицы.

Значения относительной погрешности будем рассчитывать по формуле

$$\delta I = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% . \text{ При } I=0 \text{ A получаем: } \delta I = \frac{\pm 1 \text{ A}}{0 \text{ A}} \cdot 100\% \rightarrow \pm \infty . \text{ При } I=5 \text{ A получаем:}$$

$$\delta I = \frac{\pm 1 \text{ A}}{5 \text{ A}} \cdot 100\% = \pm 20\% .$$

Значения относительной погрешности для остальных измеренных значений тока рассчитываются аналогично.

Полученные таким образом значения относительной погрешности заносим в третий столбец.

По данным таблицы 2.1, учитывая, что погрешности могут быть как положительными, так и отрицательными, строим графики зависимостей абсолютной  $\Delta I$ , относительной  $\delta I$  и приведенной  $\gamma I$  погрешностей от результата измерений  $I$  (см. рис. 2).

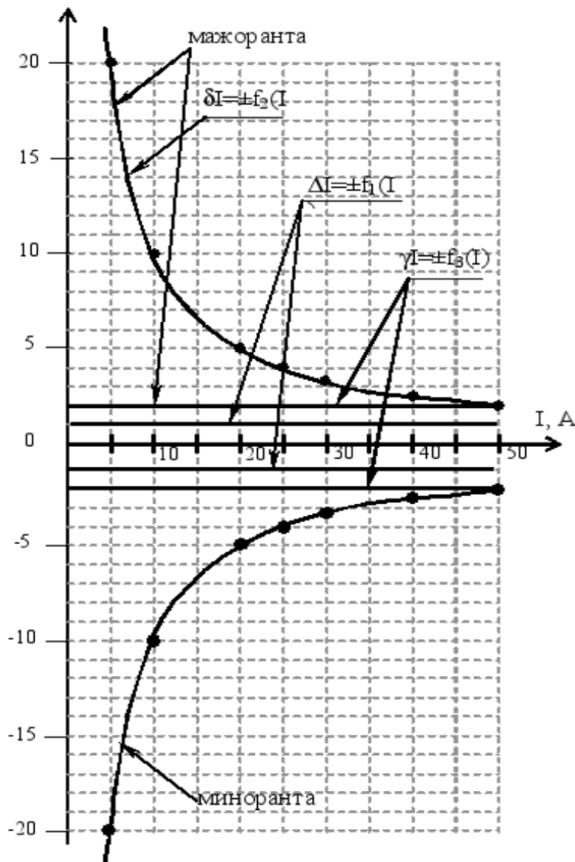


Таблица 2.1. Результаты расчета значений погрешностей

I, А	ΔI, А	δI, %	γI, %
1	2	3	4
0	±1	±∞	±2
5	±1	±20	±2
10	±1	±10	±2
20	±1	±5	±2
25	±1	±4	±2
30	±1	±3,33	±2
40	±1	±2,5	±2
50	±1	±2	±2

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11 "ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ, ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ"**

**Цель работы:** изучение порядка проведения поверки независимо от вида измерений физической величины, обретении навыков практического применения методик поверки.

### **Задачи:**

- изучить требования к нормативным документам на методику поверки;
- разработать инструкцию по поверке для заданного средства измерений.

### **Краткие теоретические сведения**

Поскольку функциональная зависимость между выходной величиной (сигналом) СИ и входными (измеряемыми) величинами со временем может изменяться, что сказывается на увеличении погрешности СИ, в практической метрологии предусматривается операция поверки.

**Поверка** – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению в эксплуатации на основании экспериментальных исследований его погрешности и сравнение ее размеров с установленными (нормированными) погрешностями для этого СИ. Средства измерений, предназначенные для применения в сферах государственного регулирования в области обеспечения единства измерений, подлежат поверке в соответствии с порядком, установленным Законом Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» и правилами по метрологии ПР 50.2.006-94 «ГСИ Порядок проведения поверки средств измерений» с изменениями от 2002 г. Статья 13 «Поверка средств измерений» Закона «Об обеспечении единства измерений» 2008 года устанавливает: «Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке. Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти средства измерений на поверку». Поверка средств измерений (СИ) осуществляется в соответствии с требованиями документов на методики поверки. Классификация, правила построения, содержание и порядок создания документов на методики поверки СИ установлены инструкцией МИ 2526-99 «ГСИ. Нормативные документы на методики поверки средств измерений. Основные положения».

### **Требования к методикам поверки средств измерений**

В настоящее время документы на методики поверки СИ можно разделить на две группы:

- методики, включенные в Указатель нормативных документов в области метрологии (национальные стандарты, рекомендации метрологических институтов);
- методики, включенные в состав эксплуатационной документации (инструкции по поверке), утвержденные по результатам испытаний с целью утверждения типа СИ.

Документам по поверке присваивают наименование поверяемых средств измерений и наименование объекта стандартизации, а также наименование системы ГСИ.

Документы по поверке должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующем порядке: операции поверки; средства поверки; требования безопасности; условия поверки; подготовка к поверке; проведение поверки; обработка результатов измерений; оформление результатов поверки.

Раздел "Проведение поверки" содержит подразделы: внешний осмотр, опробование, определение метрологических характеристик.

В документах по поверке могут содержаться следующие приложения: программа обработки результатов измерений на ЭВМ, методика расчета погрешности поверки, форма протокола записи результатов измерений, примеры расчетов по обработке результатов измерений, таблицы и графики, пояснения терминов, технические описания вспомогательных устройств и т. п.

### **Составление инструкции по поверке**

Рассмотрим пример составления инструкции по поверке для штангенциркуля ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, находящегося в эксплуатации. До составления инструкции по поверке необходимо изучить конструкцию СИ, его технические и метрологические характеристики.

**Особенности поверки** заданного типа штангенциркуля определяются его конструкцией (наличие глубиномера, расположение и конструкция измерительных губок, отсутствие механизма микроподачи рамки) и метрологическими характеристиками (диапазон измерений, значение отсчета по нониусу и предел допускаемой погрешности).

Поверка выполняется в объеме периодической поверки, т.к. по условиям задания штангенциркуль находится в эксплуатации. Для составления инструкции воспользуемся документом ГОСТ 8.113-85 "ГСИ. Штангенциркули. Методика поверки".

В методике операций включим следующие:

- внешний осмотр (за исключением требований к другим типам штангенциркулей);
- опробование (за исключением требований к другим типам);
- определение длины вылета губок (за исключением требований к штангенциркулям, выпускаемым из производства);
- определение отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок;
- определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок (за исключением требований к штангенциркулям других типов и выпускаемым из производства);
- определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений и определение расстояния между ними;
- определение погрешности при измерении глубины;
- определение погрешности (за исключением требований к штангенциркулям других типов и выпускаемым из производства).

Средства поверки, необходимые для определения метрологических характеристик, выбирают из рекомендованных. Допускается, в случае необходимости, применение других средств поверки с аналогичными характеристиками, их следует указать в разделе "Операции и средства поверки". Далее в разделе "Проведение поверки" необходимо описать выполнение всех вышеперечисленных операций и указать предельные значения определяемых характеристик, приведенные в методике проверки и в ГОСТ 166-89

### **ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Задание 1.** Составить инструкцию по поверке для заданного рабочего средства измерений, основываясь на соответствующей нормативно-технической документации. Для выполнения задания преподаватель назначает рабочее СИ из таблицы.

Таблица – Задания для самостоятельной работы

№ варианта	Наименование, тип СИ	Технические требования	Методика поверки
1	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1	ГОСТ 166-89	ГОСТ 8.113-85
2	Штангенглубиномер ШГ-250-0,05	ГОСТ 162-90	МИ 2196-92
3	Штангенрейсмас ШР- 250-0,05	ГОСТ 164-90	МИ 2190-92
4	Микрометр гладкий МК-25	ГОСТ 6507-90	МИ 782-85
5	Глубиномер микрометрический ГМ50	ГОСТ 7074-92	МИ 2018-89
6	Головка измерит. рычажно-зубчатая 1ИГ	ГОСТ 18833-73	МИ 2195-92
7	Индикатор часового типа ИЧ-10	ГОСТ 577-68	МИ 2132-92
8	Скоба рычажная СР 25	ГОСТ 11098-75	ГОСТ 8.359-79
9	Нутромер индикаторный НИ 10-18	ГОСТ 868-82	МИ 2194-92
10	Глубиномер индикаторный ГИ-100	ГОСТ 7661-67	МИ 2006-89

Свидетельство о поверке СИ должно содержать следующую информацию:

- номер свидетельства о поверке;
- дату, до которой действует свидетельство о поверке, включительно;
- наименование юридического лица или индивидуального предпринимателя, выполнившего поверку, регистрационный номер и срок действия аттестата аккредитации;
- наименование, тип, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (если в состав СИ входят несколько автономных измерительных блоков, то приводится их перечень и заводские номера), серия и номер знака предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются);
- заводской номер (если особенности конструкции или условия эксплуатации СИ не позволяют нанести его непосредственно на СИ или нет соответствующего раздела в паспорте);
- наименование документа, на основании которого выполнена поверка;
- наименование, тип, заводской номер, регистрационный номер (при наличии), разряд, класс или погрешность эталона, применяемого при поверке;
- перечень влияющих факторов, нормированных в документе на методику поверки, с указанием их значений;
- заключение о пригодности СИ (эталона);
- знак поверки (если особенности конструкции или условия эксплуатации СИ не позволяют нанести его непосредственно на СИ);
- должность руководителя подразделения, инициалы, фамилия, подпись;
- инициалы, фамилия, подпись поверителя;

– дата поверки.

На оборотной стороне свидетельства о поверке, при наличии требования в методике поверки, указывают метрологические характеристики (протокол поверки СИ оформляется в форме, рекомендуемой методикой поверки, а в случае отсутствия рекомендаций - в произвольной форме).

Результаты поверки действительны в течение межповерочного интервала.

Допускается проведение первичной поверки однотипных СИ при выпуске из производства до ввода в эксплуатацию на основании выборки, если это установлено методикой поверки.

СИ, введенные в эксплуатацию и находящиеся на длительном хранении (более одного межповерочного интервала), подвергаются периодической поверке только после окончания хранения.

Обязательное представление СИ на периодическую поверку чаще установленного межповерочного интервала (внеочередная поверка) осуществляется, в том числе, в случаях:

– несоответствия знака поверки формам, приведенным в приложении 3 к настоящему Порядку знаки поверки считаются поврежденными, если нанесенную на них информацию невозможно прочесть без применения специальных средств. Поврежденные знаки поверки восстановлению не подлежат);

– повреждения пломбы (пломбы считаются поврежденными, если нанесенную на них информацию невозможно прочесть без применения специальных средств и если пломбы не препятствуют доступу к узлам регулировки и (или) элементам конструкции СИ);

– проведения повторной регулировки или настройки, с вскрытием пломб, предотвращающих доступ к узлам регулировки и (или) элементам конструкции, известного или предполагаемого ударного или иного воздействия или при возникновении сомнений в его показаниях.

Знак поверки представляет собой оттиск, наклейку или иным способом изготовленное условное изображение, нанесенные на СИ и (или) на свидетельство о поверке или паспорт (формуляр).

Право наносить знак поверки имеют аккредитованные юридические лица или индивидуальные предприниматели в соответствии с их областью аккредитации.

Знак поверки содержит следующую информацию:

- знак Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии;

- условный шифр государственного научного метрологического института, государственного регионального центра метрологии, аккредитованного юридического лица или индивидуального предпринимателя;

- две последние цифры года нанесения знака поверки;

- индивидуальный шифр поверителя, присваиваемый конкретному лицу.

- В целях автоматизации идентификации СИ, а также в целях накопления информации о результатах поверок знак поверки содержит штрих-коды, если это допускает способ его нанесения.

- При нанесении знака поверки в виде оттиска клейма применяются следующие формы:

- для государственных региональных центров метрологии и государственных научных метрологических институтов - круглая;

- для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей:  
по СИ, выпускаемым из производства, - прямоугольная;  
по СИ, находящимся в эксплуатации и после ремонта, - квадратная.

Примеры рисунков знака поверки приведены в приложении 3 к настоящему Порядку.

Условный шифр обозначается:

– для государственных региональных центров метрологии - двумя прописными буквами основного шрифта русского алфавита (например, АБ, АВ, АГ);

– для государственных научных метрологических институтов - одной буквой того же алфавита (например, А, Б, В);

– для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей - тремя буквами того же алфавита (например, ААБ, ААВ, ААГ).

Индивидуальный знак поверителя обозначается одной из строчных букв, взятых из русского, латинского или греческого алфавитов.

Месяц года обозначается арабскими цифрами (например, 1, 2, 3). Квартал года обозначается римскими цифрами (например, I, II, III, IV).

Размеры знака поверки определяются в зависимости от размеров используемых приспособлений для их нанесения на СИ, а также от размеров свободного пространства в месте, предусмотренном для нанесения знака поверки.

Устройства для нанесения знака поверки (поверительные клейма) применяют сотрудники (поверители) аккредитованных юридических лиц или индивидуальных предпринимателей. За поверителем могут закрепляться индивидуальные поверительные клейма, имеющие индивидуальный знак поверителя. Передача таких клейм другим лицам запрещается.

Приложение 1 **Форма свидетельства о поверке средства измерений**

наименование юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного в установленном порядке и проведение поверки средств измерений, регистрационный номер аттестата аккредитации

**СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ N \_\_\_\_\_**

Действительно до « \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

Средство измерений \_\_\_\_\_

наименование, тип, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений

(если в состав средства измерений входят несколько автономных измерительных блоков, то приводится их перечень и заводские номера)

серия и номер знака предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

заводской номер \_\_\_\_\_

поверено

наименование величин, диапазонов, на которых поверено средство измерений (если предусмотрено методикой поверки)

поверено в

соответствии с \_\_\_\_\_

наименование документа, на основании которого выполнена поверка

с применением

эталонов: \_\_\_\_\_

наименование, тип, заводской номер (регистрационный номер (при наличии), разряд, класс или погрешность эталона, применяемого при поверке

при следующих

значениях влияющих

факторов: \_\_\_\_\_

приводят перечень влияющих факторов, нормированных в документе на методику поверки, с указанием их значений

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям и пригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Знак поверки \_\_\_\_\_

Должность руководителя \_\_\_\_\_

подразделения \_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_

Инициалы, фамилия \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_

Инициалы, фамилия \_\_\_\_\_

Дата поверки « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

Приложение 2 **Форма извещения о непригодности средства измерений**

**ИЗВЕЩЕНИЕ о непригодности к применению N \_\_\_\_\_**

Средство измерений \_\_\_\_\_  
наименование типа, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений

серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)  
заводской номер \_\_\_\_\_  
поверено в \_\_\_\_\_  
соответствии с \_\_\_\_\_  
наименование документа, на основании которого выполнена поверка

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано (признан) не соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям и непригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Причины непригодности \_\_\_\_\_

Должность руководителя подразделения \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_  
Инициалы, фамилия \_\_\_\_\_  
М.П. \_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_  
Инициалы, фамилия \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Приложение 3 **Примеры рисунков знаков поверки**



Рисунок 1. Знак поверки государственного регионального центра метрологии



Рисунок 2 – Знак поверки государственного научного метрологического института

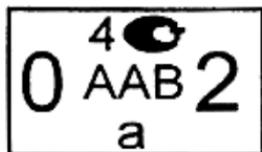


Рисунок 3 – Знак поверки юридического лица или индивидуального предпринимателя, применяемого при клеймении средств измерений, выпускаемых из производства

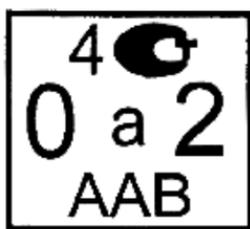


Рисунок 4 – Знак поверки юридического лица или индивидуального предпринимателя, применяемого при клеймении средств измерений, находящихся в эксплуатации или после ремонта

**Примеры рисунков знаков поверки поверительных клейм различного исполнения**

N п/п	Устройство для нанесения знака поверки	Размер в мм	Рисунки знаков поверки
1	Стальное ударное и плашки	6; 8; 12	
2	Латунный трафарет стальное ударное	3,0; 3,5	
3	Каучуковое, стальное для манометров и метров	8; 12; 18	
4	Стальное ударное	6	
5	Наклейка	10-15 x 45-50	

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких случаях СИ подлежат поверке?
2. Какими документами определен порядок проведения поверки? Перечислите виды документов.
3. Из каких разделов состоит методика поверки СИ?
4. Какие подразделы включает раздел "Проведение поверки"?

Рассмотрим пример поверки термометра электрического сопротивления (ТЭС), который под воздействием температуры изменяет на выходе значение активного сопротивления  $R$  в Омах. В табл. 1 приведены результаты экспериментальных данных измерения сопротивления ТЭС  $R_{ЭК}$  при температуре:  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Данные поверки ТЭС

Номер опыта $i$	$T_i$	$R_i^{ЭК}$	$R_i^{СТ}$	$\Delta_i = R_i^{ЭК} - R_i^{СТ}$	$\Delta_i = \frac{\Delta_i * 100}{R_i^{СТ}}$
	$^{\circ}\text{C}$	Ом	Ом	Ом	%
1	0	102,13	100	+2,13	+2,13
2	23	111,50	109,8	+1,70	+1,55
3	100	144,73	142,6	+2,13	+1,49

Измерение сопротивления  $R_{ТЭС}$  осуществлялось по правилам определения результатов косвенных измерений с погрешностью:

$$(-\Delta_c - \overset{\circ}{\Delta}) < \Delta < (\Delta_c + \overset{\circ}{\Delta}),$$

$$(-0,01\% - 0,07\%) < \Delta^{ЭК} < (0,01\% + 0,07\%).$$

Эти значения  $R_{ЭК}$  сравниваются со стандартными значениями  $R_{СТ}$ , которые должны иметь ТЭС с известным размером  $R_0$  и  $\alpha$ , характеризующими начальное сопротивление ТЭС и его температурный коэффициент электрического сопротивления, зависящий от материала ТЭС. В эксперименте в качестве ТЭС использовался медный ТЭС с  $R_0 = 100\text{ Ом}$  и  $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3}\text{ 1/}^{\circ}\text{C}$ . Максимальное значение относительной погрешности при измерении  $T_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  составило  $\delta_{ЭК} = \pm 2,13\%$ , а допускаемое значение для медного ТЭС при  $R_0 = 100\text{ Ом}$  составляет  $\delta_{СТ} = \pm 0,5\%$ . Так как  $\delta_{ЭК} > \delta_{СТ}$ , то ТЭС бракуется и не допускается к дальнейшей эксплуатации по результатам поверки.

## Задание

По результатам поверки ТЭС при  $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , экспериментальные данные которой приведены в табл. 3.2, оценить пригодность ТЭС к дальнейшей эксплуатации, если  $\square^{CT} = \pm 0,5\%$ .

Таблица 3.2

### Экспериментальные данные

Значение сопротивления	Единицы измерения	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
$R_0$ при $T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$	Ом	102,98	103,17	10,35	47,28	51,42
$R_{100}$ при $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$	Ом	146,01	141,79	14,30	65,05	76,71
$R_0$ при $T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$	Ом	100,00	100,00	10,00	46,00	53,00
$R_{100}$ при $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$	Ом	142,60	139,10	13,90	63,99	75,58

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТА И ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

#### Цель работы:

1. Изучить устройство штангенциркуля штангенглубиномера;
2. Ознакомиться с нониусным отсчетом результата измерения;
3. Ознакомиться с технологическими возможностями штангенинструмента;
4. Приобрести навыки по измерению геометрических параметров с использованием штангенинструмента;
5. Ознакомиться с методикой проверки точности штангенинструментов.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Штриховые инструменты применяют для измерения линейных размеров. Основными элементами штриховых инструментов являются штанга со шкалой и нониус, который показывает точность измерения.

Выбор типа штрихового инструмента зависит от вида контролируемой поверхности: внутренняя, наружная.

Штангенциркули предназначены для контроля наружных и внутренних поверхностей, измерения глубины отверстия.

**Штангенциркули** бывают 3-х типов: ШЦ-1 (пределы измерений 0-125 и величина отсчета 0,1 мм); ШЦ-II (0-200 и 0-320 мм, величина отсчета 0,05-0,1 мм) и ШЦ-III (0-5--; 250-710; 320-1000 и т.д. величина отсчета 0,1 мм).

**Штангенциркуль** имеет штангу, на которой нанесена шкала с мм делениями. На штанге имеются измерительные губки (верхние и нижние). По штанге перемещается подвижная рамка с губками. Рамка во время измерения закрепляется на штанге зажимом. Нижние губки служат для измерения наружных размеров, а верхние – внутренних.

Внизу рамки нанесена шкала, называемая нониусом. Этим инструментом можно определить размер с погрешностью до 0,1 мм.

Правила обращения с инструментом;

при измерении не допускать сильного зажима;

-не допускать ослабления посадки и качки движка;

-категорически запрещается применять штангенинструменты для измерения на работающем станке;

-регулярно проверять точность штангенинструмента;

-по окончании работы штангенинструменты необходимо

- тщательно протереть, смазать и уложить в футляры.

**Штангенглубиномеры** применяют для измерения глубины выточек, канавок, уступов и т.д. Они выпускаются с пределами измерений 200; 320 и 500 мм с величиной отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм. Конструктивное отличие их от штангенциркуля в том, что подвижные губки на рамке выполнены в виде траверсы – основания, а неподвижные губки на штанге отсутствуют.

Принцип действия этих инструментов основан на использовании винтовой пары (винт-гайка) для преобразования вращательного движения микрометрического винта в поступательное.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из двух шкал – продольной и круговой. По продольной шкале отсчитывают целые миллиметры и 0,5 мм, а по круговой – десятые и сотые доли миллиметра.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов:

- штангенциркуля;
- набора концевых мер длины;
- детали для измерений.

2. Изучить устройство и принцип действия штангенциркуля.

Определите метрологические показатели штангенциркуля, укажите его тип. Результаты занесите в таблицу № 1.

Таблица № 1: *Метрологические показатели штангенциркуля*

Метрологические показатели	Величина, мм
Деление шкалы прибора	
Интервал деления шкалы	
Диапазон показаний	
Диапазон измерений	
Предел измерений	
Предел допустимой погрешности	
Погрешность измерения	
Точность измерений	
Точность прибора	
Поправка	

4. Установите контролируруемую деталь между положениями губок.

5. На шкале штанги определите положение нулевого штриха нониуса.

6. По шкале штанги определите, сколько целых миллиметров содержится в определенном размере.

7. По шкале определите, сколько совпадает с одним из штрихов шкалы штанги, и добавьте к ранее полученному размеру.

8. Результат измерения занесите в таблицу 2.

9. Выполните пять измерений.

Номер измерения	1	2	3	4	5
Результат измерения, мм					

10. Определите среднее значение погрешности штангенциркуля. Результаты занесите в таблицу № 3.

Номер измерения	Длина блока $L_1$ , определяемая по штангенциркулю, мм	Составленная длина блока $L_2$ , мм	Погрешность штангенциркуля $\Delta L_1 = L_1 - L_2$ , мм	Среднее значение погрешности, мм
1				
2				
3				
4				
5				

11. По критерию годности определите, соответствуют ли заданному допуску величины контролируемых размеров. (H6/h6).

12. Ответьте на контрольные вопросы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие штангенинструменты предназначены для контроля крупногабаритных деталей?

2. Какие штангенинструменты предназначены для контроля деталей небольших размеров?

3. Какие ограничения существуют при подборке типа штангенциркуля? от чего зависит точность штангенциркуля?

4. Какой тип штангенциркуля можно подобрать для контроля размера детали с указанной точностью? Как определить требуемую точность измерения?

5. Укажите тип штангенциркуля, при помощи которого можно контролировать внутренние размеры деталей.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЕЙ

Тип модели	Пределы измерения шкалы, мм	Цена деления, мм	Предел допустимой погрешности при классе точности, мкм	
			0 и 1	2
ШЦ-I, ШЦТ-I	0...125	0,1	$\pm 0,05$	-
ШЦ-II, ШЦ-III	0...160	0,1; 0,01	$\pm 0,05$	-
	0...200	0,05		
	0...250			
ШЦ-III	0...315	0,1	0,06	0...100
	0...400		0,07	100...200
	0...500		0,08	200...250
ШЦ-III	250...630	0,1	0,08	250...300
	250...800		0,09	300...400
	320...1000		0,1	400...1000
	500...1250		0,16	1000...1200

	500...1600		0,17	1200...1300
	500...1000		0,18	1300...1400
	800...2000		0,2	1400...2000

### ДОПУСКАЕМАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ $\delta$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КВАЛИТЕТА ТОЧНОСТИ И ДОПУСКА

Номинальный размер, мм	Квалитет							
	5		6		7		8	
	IT, мкм	$\delta$ , мкм	IT, мкм	$\delta$ , мкм	IT, мкм	$\delta$ , мкм	IT, мкм	$\delta$ , мкм
Свыше 1 до 3	4,0	1,4	6,0	1,4	10,0	3,0	14,0	6,0
Свыше 3 до 6	5,0	1,6	8,0	2,0	12,0	3,0	18,0	8,0
Свыше 6 до 10	6,0	2,0	9,0	2,0	15,0	4,0	22,0	9,0
Свыше 18 до 30	8,0	2,8	11,0	3,0	18,0	5,0	27,0	10,0
Свыше 30 до 50	9,0	3,0	13,0	4,0	21,0	6,0	33,0	12,0
Свыше 50 до 80	11,0	4,0	16,0	5,0	25,0	7,0	39,0	16,0
Свыше 80 до 120	13,0	4,0	19,0	5,0	30,0	9,0	46,0	18,0
Свыше 120 до 180	15,0	5,0	22,0	6,0	35,0	10,0	54,0	20,0

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12 "ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ"

**Цель работы:** приобрести первичные практические навыки в выполнении измерений с помощью универсального измерительного средства, приобрести навыки в оценке годности детали по линейным размерам. выбрать для измерения линейных размеров детали, выданной руководителем в соответствии с номером подгруппы.

#### 2. Содержание работы

1. Освоить методику выбора универсального измерительного средства в зависимости от точности изготовления деталей
2. Ознакомиться с конструкцией и работой простейшего универсального штангенинструмента
3. Подготовить таблицу для фиксирования результатов работы (табл. 1).
4. В соответствии со своим вариантом выполненной лабораторной работы №1 заполнить 1-6 столбцы таблицы 1. 4.

С помощью выбранных универсальных измерительных средств определить действительные размеры проверяемой детали, результаты занести в столбцы таблицы 1 и дать заключение о ее годности. В качестве объекта измерения предусмотрена деталь (рис. 1) с заданными размерами (табл. 2) в соответствии с вариантом лабораторной работы №1.

Результаты контроля размеров цилиндрической детали

Условное обозначение размера	Предельные размеры по чертежу		Наименование средства измерения	Метрологические характеристики измерительного средства		Результаты измерения, мм					Заключение о годности	
	min	max		Цена деления	Погрешность прибора	1	2	3	4	5		

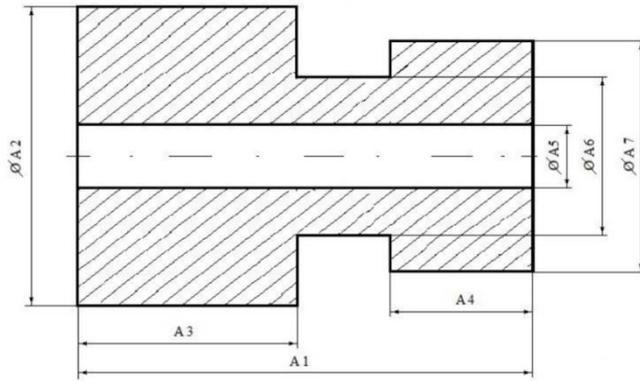


Рис. 1. Чертеж детали

Варианты заданий

Номер образцов	Контролируемые параметры детали						
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>
1	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	40a11	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5H9	32h12	34h8
2	$130 \pm \frac{IT15}{2}$	39,5h9	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	18,5D10	32h12	34h8
3	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
4	$140 \pm \frac{IT15}{2}$	42h9	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5D10	34h12	36h8
5	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	22,5D10	36h12	38u8
6	$150 \pm \frac{IT15}{2}$	43,5h9	$40 \pm \frac{IT14}{2}$	$40,5 \pm \frac{IT14}{2}$	20,5Js10	36js10	38u8
7	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
8	$160 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$45 \pm \frac{IT14}{2}$	$35 \pm \frac{IT14}{2}$	24,5Js10	38h12	40h8
9	$170 \pm \frac{IT15}{2}$	46u8	$50 \pm \frac{IT14}{2}$	$30 \pm \frac{IT14}{2}$	26,5D10	40h12	42u8

### 3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с объектом измерения и измерительными приборами на рабочем месте. Установить предельные размеры согласно чертежу, записать их в табл.1 и представить схемы расположения полей допусков.

2. Краткие сведения об универсальных измерительных средствах и работе с ними.

Штангенциркуль – предназначен для измерения линейных размеров, внешних и внутренних диаметров. Штангенциркуль (рис. 2) состоит из штанги 2, выполненной из одного с неподвижными губками 1 и 8, рамки 4 с подвижными губками 3 и 7 – используется для измерений наружных и внутренних линейных размеров. На штанге нанесена основная миллиметровая шкала 5 с делениями, а на скосе рамки - дополнительная шкала 6 (нониус).

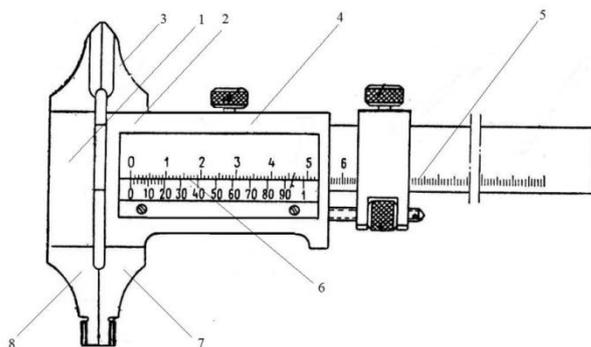


Рис. 2. Конструкция штангенциркуля

Отсчетное приспособление в виде дополнительной шкалы - нониуса позволяет определять дробные доли деления основной шкалы. При сведенных губках нулевой штрих шкалы нониуса также совпадает со штрихом основной шкалы, определяющим длину шкалы нониуса. При измерении шкала нониуса, как правило, смещается относительно основной шкалы. Если нулевой штрих нониуса располагается между штрихами основной шкалы, то следующие за ними штрихи нониуса также занимают промежуточные положения между штрихами основной шкалы. В этом случае отсчет измеряемой величины  $A$  по шкале с нониусом складывается из отсчета полных значений  $N$  по основной шкале и отсчета дробной части делений по шкале нониуса, т.е.  $A = N + KC$ , где  $K$  – порядковый номер штриха нониуса, совпадавший со штрихом основной шкалы;  $C$  – цена деления нониуса. Например, при  $C = 0,1$  мм нулевой штрих нониуса находится между двадцатым и двадцать первой штрихом основной шкалы, совпадает пятый штрих нониуса, отсчет будет составлять  $20 + 0,1 \times 5 = 20,5$  мм. Штангенциркули выпускаются с ценой деления 0,1; 0,05; 0,02 мм. С помощью выбранного штангенциркуля произвести 6 измерений контролируемого параметра в разных сечениях и направлениях, в соответствии с рис. 3

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13 "ИЗМЕРЕНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ВАЛА ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ И МИКРОМЕТРОМ"**

**Цель работы** –приобретение навыков пользования штангенциркулем, штанген-глубиномером и микрометром; определение годности де-талей (соответствие чертежу).

**Средства измерения и измеряемые объекты:**

- ступенчатый вал и его чертеж;
- штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм и пределами измерения 0...250 мм; штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм и пределами измерения 0...150 мм;
- штангенглубиномер с ценой деления 0,05 мм и пределами измерения 0...250 мм;

г) два микрометра для измерений сценой деления 0,01 мм с пределами измерения 0...25 и 25...50 мм.

**Требуется** путем измерения вала выявить соответствие между его фактическими размерами и предельными, допускаемыми по ГОСТ 25347–82.

### 1. Теоретические сведения

Различают номинальный, действительный и предельный размеры. Номинальный размер – размер, который указывают на чертеже на основании инженерных расчетов, опыта проектирования, обеспечения конструктивного совершенства или удобства изготовления детали (изделия).

В производстве невозможно выполнить абсолютно точно требуемые размеры деталей. Некоторая погрешность вносится также при измерении. Поэтому существует понятие – действительный размер детали. Так называют размер, полученный в результате измерения с погрешностью мерительного инструмента.

Для определения допускаемого диапазона требуемых размеров устанавливают предельные размеры детали. Такими называются наибольшее и наименьшее допустимые значения размера, между которыми должен находиться действительный размер годной детали. Большой из них называется наибольшим предельным размером, меньший – наименьшим предельным размером.

Сравнение действительного размера с предельными дает возможность судить о годности детали.

Для упрощения чертежей введены предельные отклонения от номинального размера, проставляемые рядом с этим размером.

Верхним предельным отклонением называется алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами; нижним предельным отклонением – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Действительным отклонением называется алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами. Отклонение является положительным, если предельный или действительный размер больше номинального, и отрицательным, если указанные размеры меньше номинального.

Допуском  $T$  называется разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями того или иного параметра. Допуск размера – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Он равен также алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

**Допуск – величина всегда положительная.** Он определяет величину допустимого рассеяния действительных размеров годных деталей в пар-ии, то есть заданную точность изготовления.

При схематическом изображении полей допусков предельные отклонения размеров откладываются по вертикали в определенном масштабе от линии, условно соответствующей

номинальному размеру, называемой нулевой линией.

Наименование параметра	Буквенное обозначение	
	Отверстие	Вал
Номинальный диаметр	$D$	$d$
Наибольший предельный диаметр	$D_{max}$	$D_{max}$
Наименьший предельный диаметр	$D_{min}$	$D_{min}$
Верхнее предельное отклонение	$ES$	$es$
Нижнее предельное отклонение	$EI$	$ei$
Допуск размера	$TD$	$Td$

Положительные отклонения откладываются вверх от нулевой линии, а отрицательные – вниз. Термин «поле допуска» безотносительно к схематическому изображению допусков, определяет интервал размеров годной детали, ограниченный предельными размерами. Все вышеперечисленные элементы, относящиеся к отверстию, обозначаются прописными буквами, относящиеся к валу – строчными.

## 2. Порядок выполнения работы

1. Выполнить эскиз детали согласно рабочему чертежу (рис. 2).
2. В таблицу отчета выписать из ГОСТ 25347–82 предельные допускаемые отклонения для всех размеров, указанных на рабочем чертеже детали.
3. Подсчитать предельные размеры, допуски размеров и результаты занести в соответствующие графы таблицы отчета.
4. Произвести выбор измерительных средств для измерения каждого размера.
5. Определить действительные размеры всех диаметров и длин измеряемой детали с помощью выбранных измерительных средств.
6. На рис. 1.1–1.3 показаны основные приемы измерительных операций с помощью микрометрического и штангенциркуля.
7. Измерение каждого размера производить в трех положениях инструмента по отношению к детали, расположенных под углом  $120^{\circ}$  одно другому.

Среднее арифметическое значение по трем измерениям одного размера принять за действительный размер, сравнить его с предельными допустимыми по ГОСТ 25347–82 и сделать вывод о качестве исполнения данного размера («годный», «брак исправимый», «брак окончательный»). Аналогичное заключение сделать по каждому размеру.

Вычертить схему расположения полей допусков для трех размеров (по указанию преподавателя), проставить на них числовые значения предельных отклонений, номинального, предельных и действительного размеров.

В качестве примера рассмотрим построение поля допуска для размера вала  $d = 16h8$  (рис. 1.4). Данный размер выполнен по 8-му качеству с основным отклонением  $h$ .

Из ГОСТ 25347-82 для 8-го качества, номинального размера 16 мм, лежащего в интервале размеров «свыше 10 мм до 18 мм», и основного отклонения  $h$  верхнее отклонение равно нулю, а нижнее – минус 27 мкм. От нулевой линии  $N-N$  в определенном масштабе откладываем

значения предельных отклонений (в микрометрах), предельные размеры (в мм), которые равны 16 мм и 15,973 мм, и значение действительного размера.

Если действительный размер вала лежит между допускаемыми размерами 16 и 15,973, то деталь «годная», если размер больше 16 мм – «брак исправимый», если же размер меньше 15,973 – «брак окончательный».

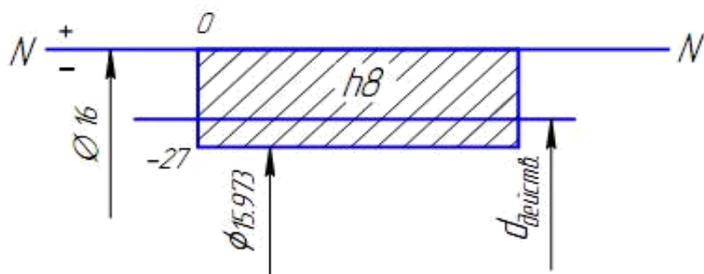


Рис. 1.4. Схема расположения поля допуска

Примечание. Если номинальный размер детали лежит на границе двух интервалов, то его предельные отклонения находятся по интервалу меньших размеров.

1.3.8. Дать краткую характеристику инструментов, использованных при выполнении работы (название инструмента, цена деления, пределы измерения).

### Результаты измерения

Обозначение размера по эскизу	Размер, указанный на эскизе	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мм		Допуск, мкм	Измерительный инструмент	Действительный размер, мм	Заключение о годности размера
		Наибольший	Наименьший	Наибольший	Наименьший				
d1									
d2									
d3									
d4									
d5									
l1									
l2									
l3									
l4									
l5									

### Контрольные вопросы

1. Штангенциркуль. Порядок работы, составные части, цена деления.
2. Микрометр. Порядок работы, составные части, цена деления.
3. Что называется качеством?

4. Что такое допуск, верхнее, нижнее отклонение размера?
5. Сколько существует квалитетов?
6. Что называется полем допуска?
7. Какой размер называется действительным?
8. Какая линия называется нулевой?

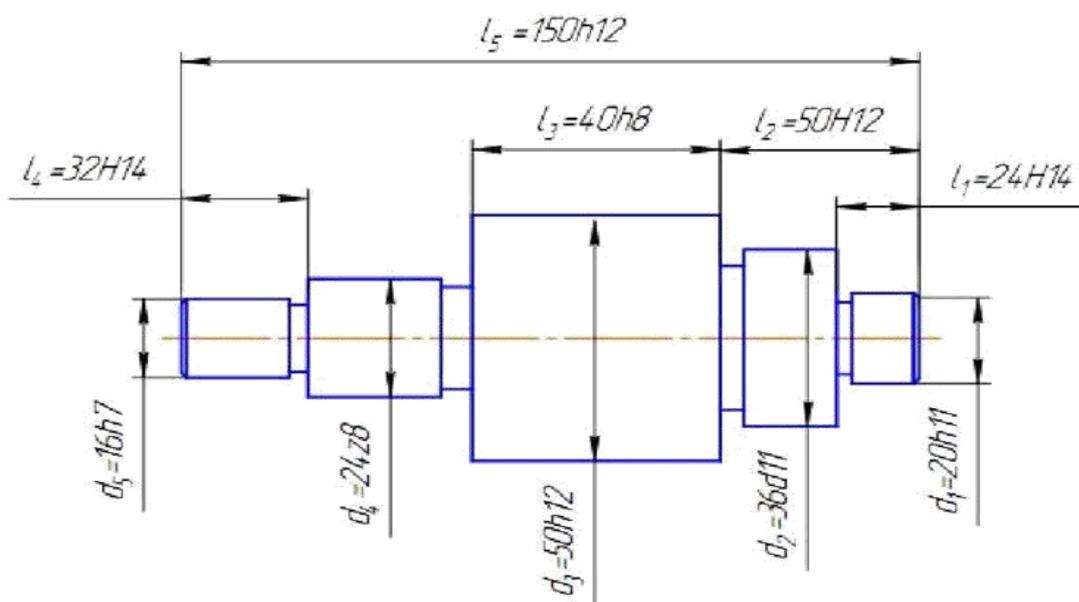
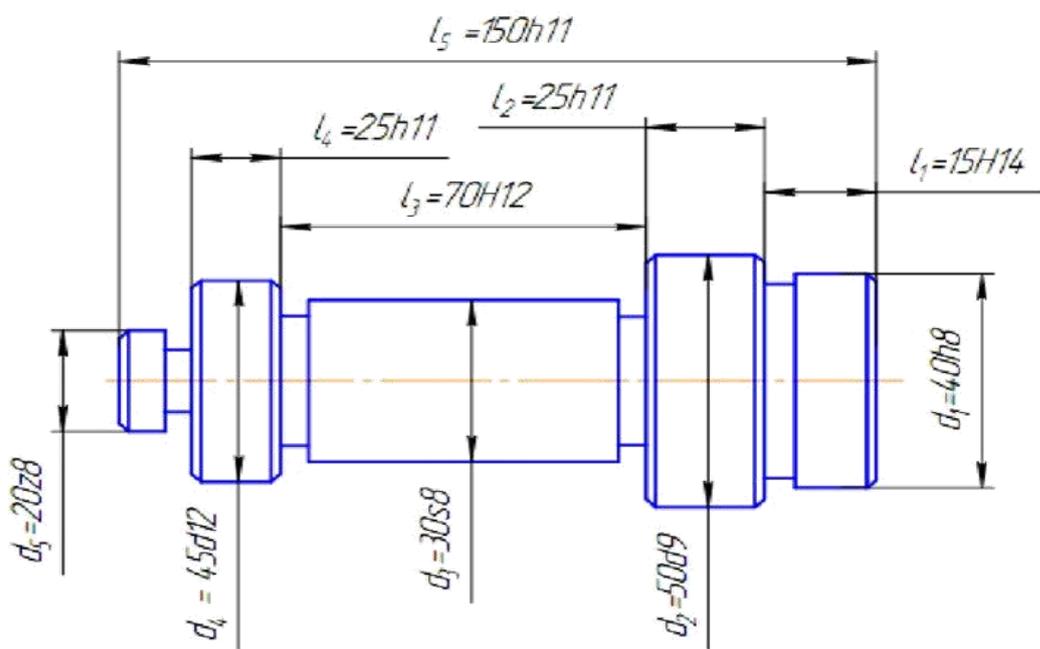
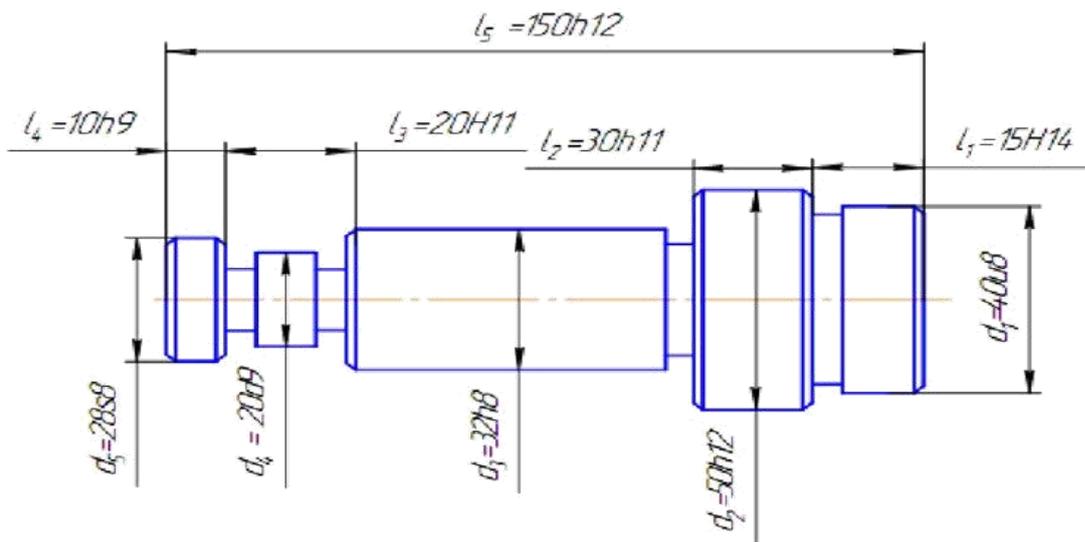


Рис. 2 Рабочий чертеж деталей

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14 "ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ"**

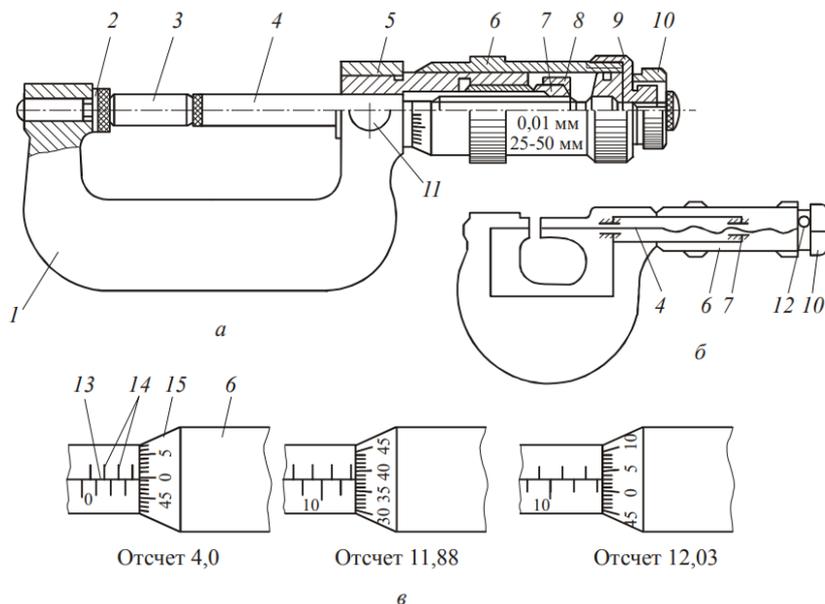
### **Цель работы:**

1. Изучить устройство микрометра;
2. Ознакомиться с нониусным отсчетом результата измерения;
3. Ознакомиться с технологическими возможностями микрометров;
4. Приобрести навыки по измерению геометрических параметров с использованием микрометров.
5. Ознакомиться с методикой проверки точности микрометра.

### **Микрометрические инструменты**

Микрометрические инструменты являются широко распространенными средствами измерений наружных и внутренних размеров, глубин пазов и отверстий. Принцип действия этих инструментов основан на применении пары винт-гайка. Точный микрометрический винт вращается в неподвижной микрогайке. От этого узла и получили название эти инструменты. В соответствии с ГОСТ 6507-78 выпускаются следующие типы микрометров: МК – гладкие для измерения наружных размеров; МЛ – листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент; МТ – трубные для измерения толщины стенок труб; МЗ – зубомерные для измерения длины общей нормали зубчатых колес; МВМ, МВТ, МВП – микрометры со вставками для измерения различных резьб и деталей из мягких материалов; МР, МРИ – микрометры рычажные; МВ, МГ, МН, МН2 – микрометры настольные.

На рис.3.1,а,б показаны конструкция и схема гладкого микрометра. В отверстиях скобы 1 запрессованы с одной стороны неподвижная измерительная пятка 2, а с другой - стержень 5 с отверстием, которое является направляющей микрометрического винта 4. Микрометрический винт 4 ввинчивается в микрогайку 7, имеющую разрезы и наружную резьбу. На эту резьбу навинчивают специальную регулировочную гайку 8, которая сжимает микрогайку 7 до полного выбора зазора в соединении «микровинт-микрогайка». Это устройство обеспечивает точное осевое перемещение винта относительно микрогайки в зависимости от угла его поворота. За один оборот торец винта перемещается в осевом направлении на расстояние, равное шагу резьбы, т. е. на 0,5 мм. На микрометрический винт надевается барабан 6, закрепляемый установочным колпачком-гайкой 9. В колпачке-гайке смонтирован специальный предохранительный механизм 12, соединяющий колпачок-гайку 9 и трещотку 10, за нее и необходимо вращать барабан 6 при измерениях. Предохранительный механизм-трещотка, состоящий из храпового колеса, зуба и пружины, в случае превышения усилия между губками 500-900 сН отсоединяет трещотку 10 от установочного колпачка 9 и барабана 6, и она начинает проворачиваться с характерным пощелкиванием. При этом микрометрический винт 4 не вращается. Для закрепления винта 4 в требуемом положении микрометр снабжен стопорным винтом 11.



На стебле 5 микрометра нанесена шкала 14 с делениями через 0,5 мм. Для удобства отсчета четные штрихи нанесены выше, а нечетные - ниже сплошной продольной линии 13, которая используется для отсчета углов поворота барабана. На коническом конце барабана нанесена круговая шкала 15, имеющая 50 делений. Если учесть, что за один оборот барабана с пятьюдесятью делениями торец винта и срез барабана перемещают на 0,5 мм, то поворот барабана на одно деление вызовет перемещение торца винта, равное 0,01 мм, т.е. цена деления на барабане 0,01 мм.

При снятии отсчета пользуются шкалами на стебле и барабане. Срез барабана является указателем продольной шкалы и регистрирует показания с точностью 0,5 мм. К этим показаниям прибавляют отсчет по шкале барабана (в).

Перед измерением следует проверить правильность установки на нуль. Для этого необходимо за трещотку вращать микровинт до соприкосновения измерительных поверхностей пятки и винта или соприкосновения этих поверхностей с установочной мерой 3 (а). Вращение за трещотку 10 продолжают до характерного пощелкивания.

Правильной считается установка, при которой торец барабана совпадает с крайним левым штрихом шкалы на стебле и нулевой штрих круговой шкалы барабана совпадает с продольной линией на стебле. В случае их несовпадения необходимо закрепить микровинт стопором 11, отвернуть на пол-оборота установочный колпачок-гайку 9, повернуть барабан в положение, соответствующее нулевому, закрепить его колпачком-гайкой, освободить микровинт. После этого следует еще раз проверить правильность «установки на нуль».

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов:
    - микрометра;
    - детали для измерений.
  2. Изучить устройство и принцип действия микрометра. По рисунку 1 назовите составные части микрометра.
- 
3. Определите метрологические показатели гладкого микрометра, укажите его тип. Результаты занесите в таблицу № 1.

Таблица № 1: *Метрологические показатели микрометра*

Метрологические показатели	Величина, мм
Деление шкалы прибора	
Интервал деления шкалы	
Диапазон показаний	
Диапазон измерений	
Предел измерений	
Предел допустимой погрешности	
Погрешность измерения	
Точность измерений	
Точность прибора	
Поправка	

4. Выполните измерение диаметра детали по пяти точкам одной поверхности. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица: *Результаты измерений*

Номер измерения	1	2	3	4	5
Результат измерения, мм					

5. Определите среднее значение погрешности штангенциркуля. Результаты занесите в таблицу

Номер измерения	Длина блока $L_1$ , определяемая микрометром, мм	Составленная длина блока $L_2$ , мм	Погрешность микрометра $\Delta L_1 = L_1 - L_2$ , мм	Среднее значение погрешности, мм
1				
2				
3				
4				
5				

**Контрольные вопросы:**

1. Как устроен микрометр?
2. В чем принцип отсчета результата измерения микрометром?
3. Для чего микрометр снабжен трещоткой?
4. Какова цена деления микрометра? Оценить точность работы микрометра?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15 "ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ"

<https://multiurok.ru/index.php/files/prakticheskoe-zaniatie-8-izuchenie-i-opredelenie-d.html?ysclid=lztjajnqnm364924879>

[https://nsportal.ru/download/yandex.html#https://nsportal.ru/sites/default/files/2018/03/27/rezba\\_klassif\\_ikatsiya\\_rezby\\_izobrazhenie\\_i\\_oboznachenie\\_rezby\\_na\\_chertezhah.pptx](https://nsportal.ru/download/yandex.html#https://nsportal.ru/sites/default/files/2018/03/27/rezba_klassif_ikatsiya_rezby_izobrazhenie_i_oboznachenie_rezby_na_chertezhah.pptx)

prezentaciya-po-teme-obschie-svedeniya-o-rezbah-2432110

**Цель работы:** изучить средства измерения резьбы

**Оснащение рабочего места:** комплект резьбовых шаблонов М60°; комплект проволочек ПА; микрометрическим нутромером с резьбовыми вставками, микрометр гладкий МК50-1 или МК75-1, штангенциркуль.

Основными параметрами цилиндрической резьбы, подлежащими измерению, являются

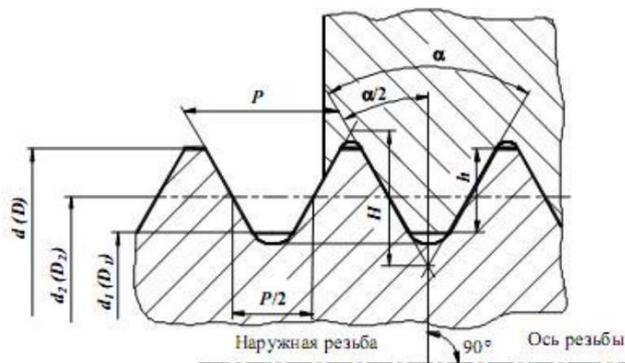


Рис. 1. Основные параметры резьбы

- угол профиля  $\alpha$ ;
- угол между боковыми сторонами профиля в плоскости осевого сечения;
- половина угла профиля  $\alpha/2$  для резьбы с симметричным профилем
- угол между боковой стороной профиля и перпендикуляром, опущенным из вершины исходного профиля симметричной резьбы на ось резьбы;
- наружный диаметр резьбы  $d (D)^*$
- диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы;
- средний диаметр резьбы  $d_2 (D_2)$
- диаметр воображаемого, соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы;
- внутренний диаметр резьбы  $d_1 (D_1)$
- диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы;
- шаг резьбы  $P$
- расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

Кроме перечисленных, резьбу характеризуют следующие параметры:

- ход резьбы  $P_x$
- расстояние между ближайшими одноименными сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы, причем в однозаходной резьбе  $P_x = P$ , а в многозаходной –  $P_x = P \cdot n_s$ , где  $n_s$  – число заходов;
- высота исходного профиля  $H$
- высота остроугольного профиля, полученного путем продолжения боковых сторон профиля до их пересечения;
- высота профиля  $h$
- расстояние между вершиной и впадиной профиля в направлении, перпендикулярном к оси резьбы;
- длина свинчивания  $l$  – длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

При изготовлении резьбовых деталей неизбежны погрешности профиля резьбы и ее размеров, которые могут нарушить свинчиваемость и ухудшить качество соединений. У всех цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля отклонения шага и угла профиля для обеспечения свинчивания могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы

Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной или уменьшенное для внутренней резьбы на величину суммарной диаметральной компенсации отклонений шага и угла профиля, называют приведенным средним диаметром резьбы.

Приведенный средний диаметр наружной резьбы  $d_{2\text{ пр}} = d_{2\text{ изм}} + f_p + f_\alpha$ ,

внутренней резьбы –  $D_{2\text{ пр}} = D_{2\text{ изм}} - (f_p + f_\alpha)$ ,

где  $d_{2\text{ изм}}$  и  $D_{2\text{ изм}}$  измеренные (действительные) значения среднего диаметра соответственно наружной и внутренней резьбы, мм;  $f_p$  – диаметральной компенсации отклонения шага, мм;  $f_\alpha$  – диаметральной компенсации отклонения угла профиля, мм.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕЗЬБЫ

Точность резьбы оценивают поэлементным (дифференцированным) и комплексным методами (рис. 2). Поэлементный метод измерения применяют в том случае, когда допуски даны отдельно на каждый параметр (три диаметра, шаг и угол профиля) резьбы. При этом применяемые средства измерения должны обеспечивать независимость измерения каждого из параметров. Заключение о годности дают по каждому параметру отдельно. Этот метод сложен и трудоемок, поэтому используется главным образом для измерения точных резьб: резьбовых калибров, резьбообразующего инструмента и деталей специального назначения (ходовые винты и т.п.).



Рис. 2. Классификация методов оценки точности резьбы.

Измерение наружного диаметра  $d$  и внутреннего диаметра  $d_1$  наружной резьбы осуществляют с помощью микроскопов или универсальных измерительных средств для контактных измерений (микрометров, оптиметров и др.) с использованием плоских наконечников или вставок для измерения диаметра  $d$  и остроконечных вставок для измерения диаметра  $d_1$ . Средний диаметр  $d_2$  наружной резьбы измеряют универсальными измерительными средствами с использованием резьбовых вставок (рис. 4), ножей, одной двух или трех проволочек (рис. 5). Наиболее широко распространено измерение среднего диаметра  $d_2$  с помощью трех проволочек. Измерение наружного  $D$  и внутреннего  $D_1$  диаметров внутренней резьбы может быть выполнено также как и измерение наружной резьбы с помощью универсальных измерительных средств. Средний диаметр внутренней резьбы  $D_2$  измеряют с помощью микрометрических нутромеров (штих массов) с резьбовыми вставками (рис. 6) индикаторных приборов с шариковыми наконечниками (рис. 57), специальных приспособлений на горизонтальном оптиметре. Иногда измерение параметров внутренних резьб заменяют измерением параметров наружных резьб слитков или отливок, выполненных с внутренних резьб.

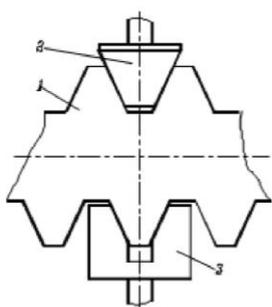


Рис. 3 Измерение среднего диаметра наружной резьбы универсальными средствами с резьбовыми вставками. 1- объект измерения, 2- конусная вставка, 3- призматическая вставка

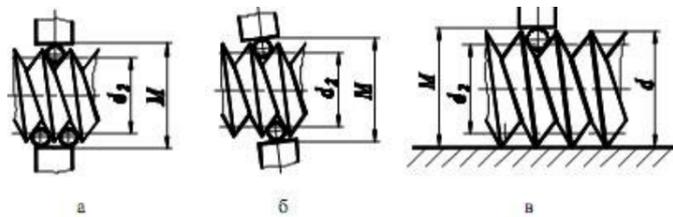


Рис. 4. Измерение среднего диаметра наружной резьбы с помощью: а – одной, б – двух, в – трех проволочек; 1 – проволочка, 2 – объект измерения, М – измеряемый размер.

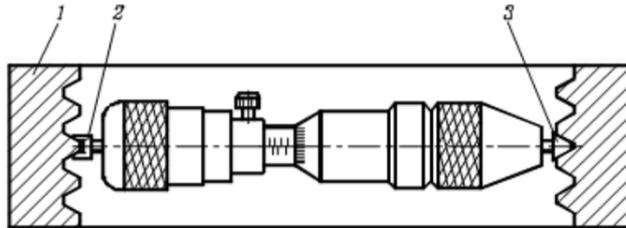


Рис. 5. Схема измерения среднего диаметра внутренней резьбы микрометрическим нутромером с резьбовыми вставками: 1 – объект измерения; 2 – призматическая вставка; 3 – конусная вставка

Шаг резьбы  $P$  измеряют с помощью универсальных или специальных средств. Из универсальных средств главным образом используют микроскопы. С помощью специальных приборов шаг измеряют путем сравнения с образцовой деталью. Номинальный шаг резьбы и (с невысокой точностью) ее профиль можно определить с помощью резьбовых шаблонов (рис. 7). Угол профиля  $\alpha$  (половину угла профиля  $\alpha/2$ ) измеряют бесконтактным методом с помощью микроскопов или проекторов. Измерение элементов резьбы деталей больших размеров и ходовых винтов производят накладными устройствами с измерительными головками и специальными приборами, которые выдают информацию о результатах измерения на пишущее устройство

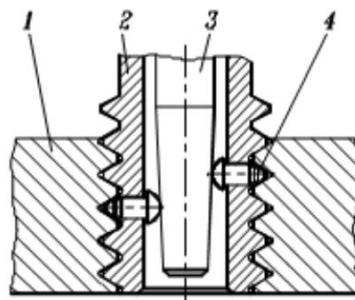


Рис. 6. Схема измерения среднего диаметра внутренней резьбы специальным индикаторным прибором с резьбовой пробкой: 1 – объект измерения, 2 – сменная резьбовая пробка, 3 – конический стержень, 4 – шариковый наконечник .

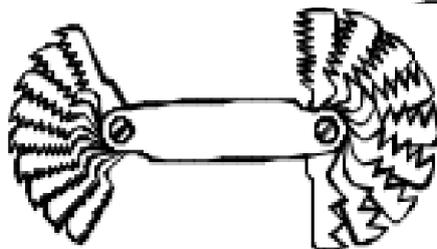


Рис. 7. Комплект резьбовых шаблонов

Из-за трудностей поэлементного измерения (особенно внутренних резьб) резьбы контролируют калибрами как в массовом и серийном, так и в мелкосерийном и единичном производствах.

При поэлементном контроле резьбовых деталей 3 – 5 степеней точности гладкими калибрами проверяют диаметр выступов:  $d$  – для наружной резьбы;  $D1$  – для внутренней. При комплексном контроле одновременно проверяют средний диаметр, шаг, половину угла профиля, внутренний и наружный диаметры путем сравнения действительного контура резьбовой детали с предельным. Это достигается при помощи предельных калибров, а для резьб малых размеров – при помощи проекторов, когда действительный контур проверяемой резьбы сравнивают с предельными (минимальным и максимальным).

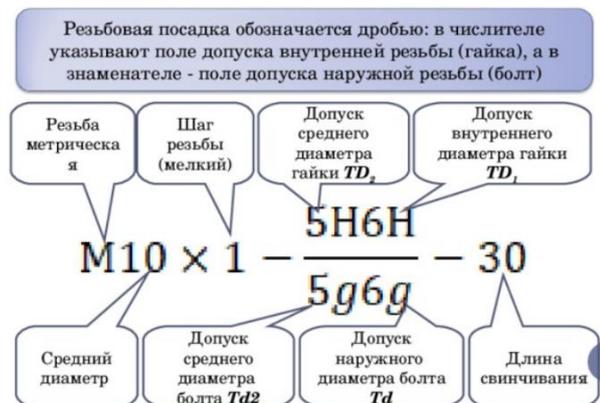
**Задание.** Произвести замер резьбы микрометрическим нутромером с резьбовыми вставками и комплектом резьбовых шаблонов данные записать в таблицу 1

№ образца	Номинальный диаметр резьбы. $D_1$	Внутренний диаметр резьбы. $D_2$	Шаг резьбы. $P$ мм.

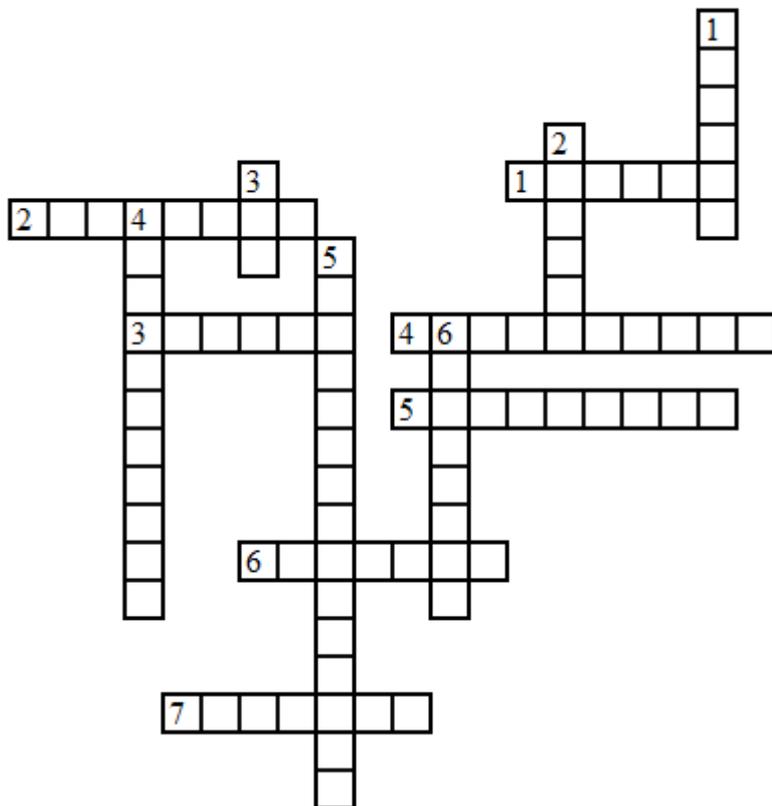
### Контрольные вопросы

1. Назовите основные параметры резьбы.
2. Какой диаметр резьбы называют средним?
3. Какой диаметр резьбы называют приведенным средним диаметром?
4. Назовите диаметры наружной резьбы, для которых по ГОСТ установлены (или не установлены) допуски.
5. Какие степени точности установлены ГОСТ для среднего диаметра наружной резьбы?
6. От чего зависит величина допуска среднего диаметра резьбы?
7. Какие методы оценки точности резьбы Вы знаете? В чем они заключаются?

### УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ



## ТЕСТ К ТЕМЕ «РЕЗЬБА»



### По горизонтали:

1. Инструмент для нарезания внутренних резьб, представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми стружечными канавками, образующими режущие кромки.
2. Данная резьба имеет при вершине угол равный 55 градусов. Резьбу этого типа чаще всего используют при производстве соединений труб.
3. Поверхность, образованная винтовым движением по цилиндрической или конической поверхности плоского контура, образуя винтовые выступы.
4. Вид резьбы, выполненная в форме винта определенной формы нарезки внутри отверстия?
5. Данная резьба задействована в разъемных неподвижных соединениях, осуществляется при помощи болтов, винтов, гаек и шпилек.
6. Данную резьбу используют для преобразования вращательного движения в поступательное, например, в станках различных конструкций.
7. Данная резьба используется для сопряжения элементов, которые в ходе эксплуатации подвергаются воздействию значительных односторонних нагрузок. Самый наглядный пример – домкрат.

### По вертикали:

1. Металлорежущий инструмент, предназначенный для подготовки наружных резьб различного типа или их калибровки.
2. Слесарный инструмент, по форме похожий на металлический стержень, одна сторона которого заострена, а другая подготовлена к нанесению по ней ударов молотка.
3. Расстояние между двумя соседними вершинами, замеренное вдоль оси стержня элемента крепежа?
4. Данная резьба имеет при вершине угол равный 60 градусов. Резьбу этого типа чаще всего используют при крепеже.

5. Разновидность метрической резьбы с нестандартным профилем. Позволяет выдерживать большие нагрузки на срез и деформацию.

6. Резьба, образованная на наружной поверхности цилиндра или конуса?

**Эталоны ответов:**

**По горизонтали:**

1. метчик.
2. дюймовая.
3. резьба.
4. внутренняя.
5. крепежная.
6. ходовая.
7. упорная.

**По вертикали:**

1. плашка.
2. кернер.
3. шаг.
4. метрическая.
5. трапецеидальная.
6. наружная

## **4. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Контрольно – оценочные материалы  
для экзамена по

**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**

для подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии:

**15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики**

## Пояснительная записка

Экзамен предназначен для контроля и оценки знаний и умений по **МДК 01.02 Монтаж средств автоматизации** для подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии: **15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики**

**Экзамен включает:** Задания, проверяющие знания и умения студентов

### Форма проведения экзамена:

Экзамен проводится в форме устного опроса по билетам с предварительной подготовкой или без подготовки. Экзаменатор вправе задавать вопросы сверх билета, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи по программе данного курса.

В билете должно содержаться не более трех вопросов (один практический и два теоретических вопроса). Комплект экзаменационных билетов по дисциплине должен содержать билеты по количеству обучающихся.

### Условия проведения экзамена:

Экзамен проводится индивидуально. Студент, получивший вопросы и задания, письменно выполняет их. Время, выделяемое на подготовку, должно быть достаточным для того, чтобы дать краткий (неразвернутый), но полный (без пропусков) ответ на все структурные элементы экзаменационного вопроса и задания. В процессе устного ответа студент делает необходимые комментарии к своим записям и отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы экзаменатора.

Результат экзамена объявляется студенту непосредственно после его сдачи, затем выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. Положительные оценки заносятся в экзаменационную ведомость и зачетную книжку, неудовлетворительная оценка проставляется только в экзаменационной ведомости. В случае неявки студента для сдачи экзамена в ведомости вместо оценки делается запись «не явился».

### Критерии оценки ответов

**«ОТЛИЧНО»** - студент владеет знаниями предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивал при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, решает ситуационные задачи повышенной сложности;

**«ХОРОШО»** - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы билета; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; умеет решать легкие и средней тяжести ситуационные задачи;

**«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов. Студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом.

**«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета, не способен ответить на вопросы билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.

## Структура контрольно-оценочных материалов для экзамена по

**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса** для подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии: **15.01.19 Наладчик контрольно-измерительных приборов и автоматики**

### ПАСПОРТ

#### Назначение:

КОМ предназначен для контроля и оценки знаний и умений студентами **МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**

Экзамен проводится в группе КИП 21 по профессии **15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики**

Направленность заданий и их содержание максимально приближенно на решение профессиональных задач и рассчитаны на проверку общих компетенций.

На экзамене оценивается сформированность общих и профессиональных компетенций

#### Студент должен знать:

КОМ предназначены для контроля и оценки результатов освоения учебной дисциплины для подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по профессии: **15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики**

#### В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- У1– выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа;
- У2– пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различных степеней сложности;
- У3– читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы;
- У4– составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники;
- У5– рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств;

#### В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- 31 -характеристика и назначение основных электромонтажных операций
- 32 – режимы работы отдельных устройств, приборов и блоков, правил их выбора и установления;
- 33– инструменты и приспособления для различных видов монтажа;
- 34– коммутационные приборы, их классификация, область применения и принцип действия;
- 35– состав и назначение основных блоков систем автоматического управления и регулирования;
- 36 – электрические схемы и схемы соединений;
- 37 – условные изображения и маркировку проводов;
- 38 - назначение и области применения пайки, лужения;
- 39– виды соединения проводов.
- 310– технологию процесса установки крепления и пайки радиоэлементов;
- 311– трубные проводки, их классификацию и назначение, технические требования к ним;
- 312– общие требования к автоматическому управлению и регулированию производственных и технологических процессов

#### Перечень общих компетенций, оцениваемых на экзамене

ОК	Критерии оценки	Методы оценки
ОК 01. Выбирать	Распознавать задачу и/или проблему в	Алгоритмы

способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.	профессиональном и/или социальном контексте. Анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части. Составить план действия.	выполнения работ. Структура плана для решения задач.
ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.	Определять задачи поиска информации. Определять необходимые источники информации. Планировать процесс поиска. Структурировать получаемую информацию. Выделять наиболее значимое в перечне информации. Оценивать практическую значимость результатов поиска. Оформлять результаты поиска.	Приемы структурирования информации.
ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.	Излагать свои мысли на государственном языке. Оформлять документы.	Особенности социального и культурного контекста Правила оформления документов.

## II. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ЭКЗАМЕНУЮЩЕГОСЯ

### Инструкция

**Начни с легкого!** Начни отвечать на те вопросы, в знании которых ты не сомневаешься, не останавливаясь на тех, которые могут вызвать долгие раздумья.

**Читай задание до конца!**

Если вы можете ответить только на часть задания, обязательно запишите ответ (оценивается каждый элемент ответа, неполный, но правильный ответ принесет вам лишние баллы.)

### Пакет материалов для проведения экзамена:

1. Перечень вопросов (тем) для собеседования
2. Билеты

### Вопросы:

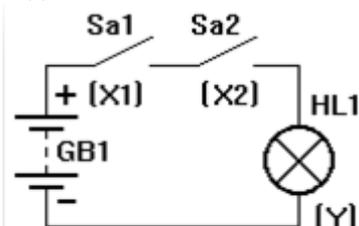
1. Унифицированные сигналы
2. Трубные проводки
3. приборы для измерения температуры, давления, расхода, уровня, вибрации
4. Правила проведения, оформление результатов поверки
6. Сертификаты качества
7. Упругие чувствительные элементы; их основные характеристики и свойства.
8. Монтаж щитов и пультов
9. Коммутационная аппаратура

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Какой логический элемент представлен в виде электрической схемы на рисунке



**Задание № 2** Для каких целей используются унифицированные сигналы. Рассчитать обороты двигателя имеющего на выходе тахогенератора напряжение 7 В, если максимальное число оборотов 1800 Об/мин.

**Задание № 3**

Правила проведения, оформление результатов поверки

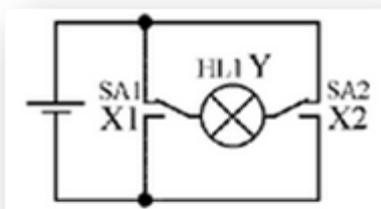
Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Какой логический элемент представлен в виде электрической схемы на рисунке



**Задание № 2** Практическое применение эффекта Зеебека. Устройство термопары

**Задание № 3** Расшифровать трубопроводную арматуру 11 п 9 18 р, 30 нж 9 64 нж1

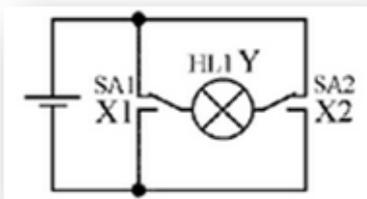
Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_»\_\_\_\_\_2024

Задание № 1 Какой логический элемент представлен в виде электрической схемы на рисунке



Задание № 2 Трубка Пито (назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки)

Задание № 3 Расшифровать трубопроводную арматуру 11 п 9 18 р, 30 нж 9 64 нж1

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_»\_\_\_\_\_2024

Задание № 1 Напоромеры. Назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки.

Задание № 2 Описать технологический процесс сборки и разборки трубопроводов

Задание № 3 Расшифруйте условное обозначение приборов

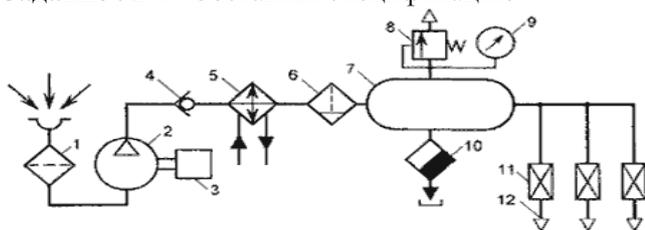
- 1) 2) 3) 4)
- 5) 6) 7) 8)

Преподаватель: Собачкина В.А.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Составить спецификацию



**Задание № 2** Будут ли меняться показания измерительного прибора в зависимости от длины или сечения провода к которому подключено термосопротивление ? (ответ обосновать)

- а) будут
- б) не будут
- в) в зависимости от типа прибора
- г) имеет постоянное сопротивление

**Задание № 3** Изобразить схематично дроссель с обратным клапаном и стандартного исполнения. Дать определение дросселя, из каких элементов состоит

Преподаватель: Собачкина В.А.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Виды упругих чувствительных элементов; их основные характеристики и свойства.

**Задание № 2** Терморезисторы, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки. Изображение на схемах

**Задание № 3** Изобразить схему 5 линейного 2 позиционного распределителя с 2 х сторонним электропневматическим управлением с пружинным возвратом

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<p><b>Задание № 1</b> Электромагнитные муфты, назначение, виды. Устройство, принцип работы, достоинства и недостатки</p> <p><b>Задание № 2</b> Манометрические термометры – устройство, принцип действия, применение.</p> <p><b>Задание № 3</b> Датчик температуры имеет диапазоны <math>-10...+70</math> °С. Сколько Вольт будет на выходе датчика при <math>-10</math> °С и при <math>...+70</math> °С.</p>	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<p><b>Задание № 1</b> Датчик температуры имеет диапазоны <math>-10...+70</math> °С. Сколько Вольт будет на выходе датчика при <math>-10</math> °С и при <math>...+70</math> °С.</p> <p><b>Задание № 2</b> Терморезисторы, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки. Изображение на схемах</p> <p><b>Задание № 3</b> Изобразить схему 5 линейного 2 позиционного распределителя с 2 х сторонним электропневматическим управлением с пружинным возвратом</p>	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

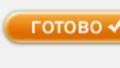
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Дайте определение приборам, устройству, принцип действия, достоинства и недостатки

Прибор	Графическое обозначение
 Моментометр	
 <input type="text"/>	
 Указатель расхода	
 <input type="text"/>	
 Электроконтактный термометр	

Иконки:     **ГОТОВО ✓**

**Задание № 2** Способы монтажа систем автоматизации.

**Задание № 3** Составить спецификацию для схемы грузового лифта

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Методы измерения уровня.

**Задание № 2** Работа по прибору (назначение, система, устройство, принцип работы). Рассчитать абсолютную, относительную и приведенную погрешность.

**Задание № 3** Кориолисовы расходомеры, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<b>Задание № 1</b> Монтаж термопреобразователей сопротивления. <b>Задание № 2</b> Чувствительные элементы: назначение, применение. <b>Задание № 3</b> Кориолисовые расходомеры, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<b>Задание № 1</b> РН метры, назначение, устройство, принцип работы <b>Задание № 2</b> Монтаж электропроводок в стальных трубах и коробах. <b>Задание № 3</b> Грузопоршневые манометры. Образцовый грузопоршневой манометр. Принцип действия, устройство .	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<b>Задание № 1</b> Солемеры, назначение, схема установки, принцип работы, достоинства и недостатки <b>Задание № 2</b> Монтаж щитов и пультов <b>Задание № 3</b> Приборы для измерения и контроля вибрации. Единицы измерения вибрации. Методы измерения вибрации. Виды, назначение, устройство и принцип действия	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Измерение сопротивления термопреобразователя уравновешенным мостом

**Задание № 2** Изобразить схематично дроссель с обратным клапаном и стандартного исполнения. Дать определение дроссель, из каких элементов состоит

**Задание № 3** Состав и назначение основных блоков систем и элементов автоматического управления и регулирования

Преподаватель: Собачкина В.А.

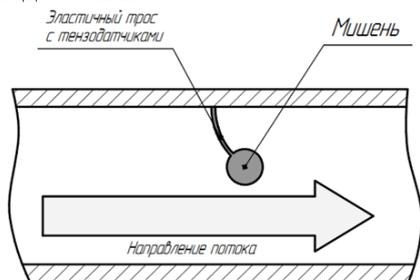
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Составить спецификацию схемы управления электрическим котлом

**Задание № 2** Что за устройство изображено на рис., для каких целей служит, принцип работы, достоинства и недостатки



**Задание № 3** Дать определение фланец, муфта, штуцер, фининг, цапфа

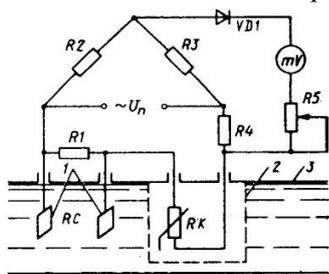
Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<p><b>Задание № 1</b> Для каких целей используются самописцы, виды, устройство, принцип действия</p> <p><b>Задание № 2</b> Какие два основных параметра используются для классификации трубопроводной арматуры, дать характеристики каждого параметра</p> <p><b>Задание № 3</b> Особенности разработки технологических процессов автоматизированной и роботизированной сборки</p>	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024
<p><b>Задание № 1</b> Приборы для измерения и контроля вибрации. Единицы измерения вибрации. Методы измерения вибрации. Виды, назначение, устройство и принцип действия</p> <p><b>Задание № 2</b> Пьезоэлектрические преобразователи</p> <p><b>Задание № 3</b> Сильфон и мембрана. Для каких целей служат, различие. Достоинства и недостатки</p>	
Преподаватель: Собачкина В.А.	

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b>	УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__» _____ 2024

**Задание № 1** Что за устройство изображено на рис. Опишите его составляющие, принцип работы. Найдите основные неисправности.



**Задание № 2** Изобразить схематично дроссель с обратным клапаном и стандартного исполнения. Дать определение дроссель, из каких элементов состоит

**Задание № 3** Электромагнитные расходомеры, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Ротамеры, назначение, устройство и принцип действия

**Задание № 2** Единицы измерения давления. Давление абсолютное, избыточное и вакуумметрическое. Классификация приборов для измерения давления.

**Задание № 3** Системы управления станками

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

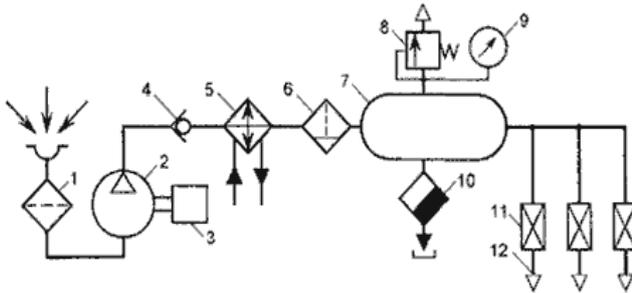
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
 Зам. директора по УР  
 \_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Перечислить все приборы КИП и А в технологической схеме кондиционированием воздуха для больших объектов

**Задание № 2** Технологический процесс

**Задание № 3** Составить спецификацию



Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
 Республики Хакасия  
 «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
 Зам. директора по УР  
 \_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Электроконтактный манометр, назначение, устройство, принцип работы

**Задание № 2** Определение технологический процесс, автоматизированный технологический процесс, полуавтоматический технологический процесс (примеры, достоинства и недостатки)

**Задание № 3** Расшифруйте

**Пример построения условного наименования щитов, пультов и стивов**

Щит ЩЦ - 2 - 3П - 1 - 2200 - (800+600 РП+РС) УХЛЗ.1 ОСТ 36.13-90

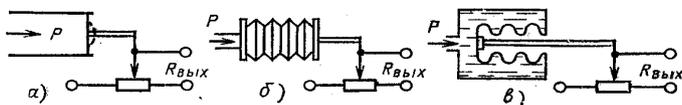
Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
 Республики Хакасия  
 «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

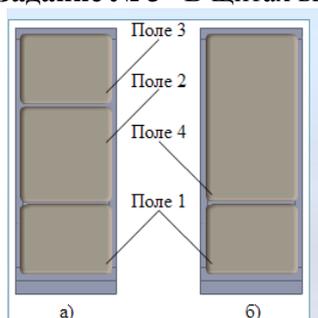
УТВЕРЖДАЮ  
 Зам. директора по УР  
 \_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** На рисунке представлены датчики давления. Определите к какому виду относится каждый из них



**Задание № 2** Единицы измерения давления. Давление абсолютное, избыточное и вакуумметрическое. Классификация приборов для измерения давления.

**Задание № 3** В щитах выделяют три зоны. Расположите в зонах следующее оборудование



а) приборы, б) автоматические выключатели. в) гребенки для кабелей и проводов  
 г) самопишущий прибор, д) счетчики электроэнергии е) магнитные пускатели, реле, ж) сигнальная аппаратура

Преподаватель: Собачкина В.А.

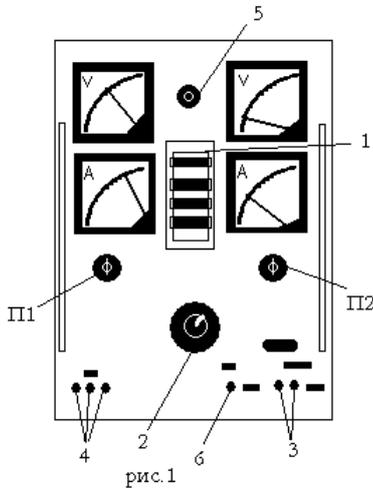
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
 Республики Хакасия  
 «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
 Зам. директора по УР  
 \_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Ультразвуковой расходомер, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки

**Задание № 2** Что за устройство изображено на рис.1 ? Дайте название цифрам 1, 2, 3, 4, 5., 6. Что означают П1 и П2 ? Где находится заземление, каким цветом окрашен провод заземления?



**Задание № 3** Цвета сигнальные и знаки безопасности для промышленных предприятий. Опознавательная окраска трубопроводов.

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Отборные устройства для измерения давления и вакуума

**Задание № 2** Вы хотите непрерывно контролировать параметры, такие, как: температуру воздуха, воды и др. Вам на выбор предлагают разные приборы. Какой вы выберете? Дайте название прибору.

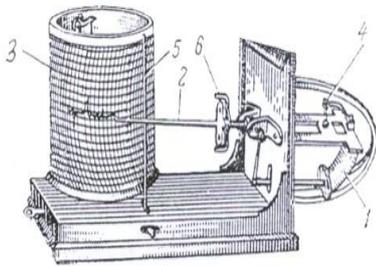


рис. 1

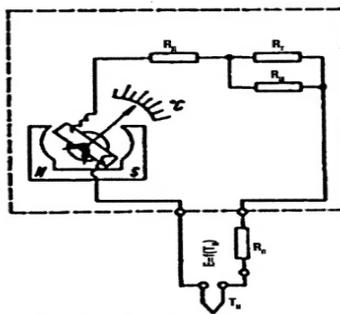


рис 2

**Задание № 3** Условные обозначения приборов на технологических схемах

Прибор	Графическое обозначение
 Указатель давления	
 Манометр дифференциальный	
 Указатель уровня жидкости	
 <input type="text"/>	
 Интегрирующий расходомер	

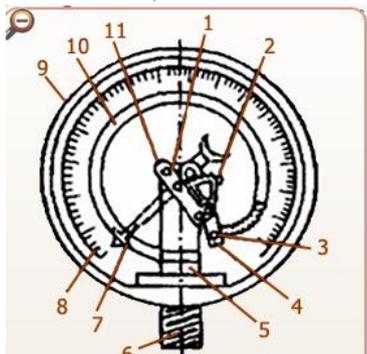
Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

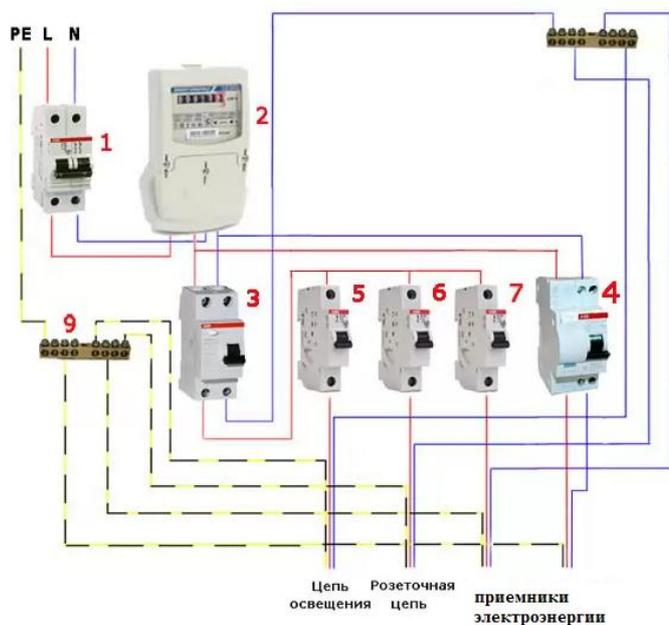
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

**Задание № 1** Как называется данное устройство, для каких целей используется, дайте определение всем составляющим



**Задание № 2** Дайте наименование каждой цифре щита



**Задание № 3** Степень защищенности оборудования КИП от воздействия пыли и влаги обозначается символами .....Перечислите их

Преподаватель: Собачкина В.А.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Хакасия  
«Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26**  
**МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса**  
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики  
**курс 2 семестр 3**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР  
Рожкова О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

<p><b>Задание № 1</b> Перечислите, что должно быть в табличке на щите, шкафе, пульте управления?</p> <p><b>Задание № 2</b> Анализ реальных штрихкодов. Проверка их подлинности</p> <p><b>Задание № 3</b> Градуировка термомпары, способы, схема</p>
<p>Преподаватель: Собачкина В.А.</p>

<p>Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Хакасия «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»</p>	
<p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 27</b> <b>МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса</b> 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики <b>курс 2 семестр 3</b></p>	<p>УТВЕРЖДАЮ Зам. директора по УР _____ Рожкова О.В. «__»_____ 2024</p>
<p><b>Задание № 1</b> Эффект Зеебека.</p> <p><b>Задание № 2</b> Звезда, треугольник. Способы подключения.</p> <p><b>Задание № 3</b> Основы метрологии, измерения физических величин</p>	
<p>Преподаватель: Собачкина В.А.</p>	

**III ПАКЕТ ЭКЗАМЕНАТОРА**

**III а. УСЛОВИЯ**

Место проведения экзамена: кабинет «автоматизация производства», ГПОБУ РХ СПО «Техникум коммунального хозяйства и сервиса»

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. В билетах содержится 3 вопроса.

**Оборудование:** бланки билетов, таблицы

**Перечень литературы для подготовки к экзамену:**

Основная литература

М.Л. Каминский «Монтаж приборов и систем автоматизации», Москва, 2001 г

**IV КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ**

1. Выставление оценок на экзамене осуществляется на основе принципов объективности, справедливости, всестороннего анализа уровня знаний студентов.

2. При выставлении оценки экзаменатор учитывает:

- знание фактического материала по программе, в том числе; знание обязательной литературы, современных публикаций по программе курса, а также истории науки;
- степень активности студента на занятиях;

- логику, структуру, стиль ответа;
- культуру речи, манеру общения; готовность к дискуссии, аргументированность ответа; уровень самостоятельного мышления;
- умение приложить теорию к практике, решить задачи;

Оценка **«отлично»** ставится студенту, ответ которого свидетельствует:

- о полном знании материала по программе;
- о знании рекомендованной литературы,
- а также содержит в целом правильное, точное и аргументированное изложение материала.
- (не ставится в случаях систематических пропусков студентом лекционных и практическо – лабораторных занятий, занятий по неуважительным причинам, а также неправильных ответов на дополнительные вопросы преподавателя)

Оценка **«хорошо»** ставится студенту, ответ которого свидетельствует:

- о полном знании материала по программе;
- о знании рекомендованной литературы,
- а также содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.
- Оценка «хорошо» не ставится в случаях пропусков студентом семинарских и лекционных занятий по неуважительным причинам, практическо – лабораторных занятий)

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студенту, ответ которого содержит:

- поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса;
- затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса;
- отдельные погрешности, но устраненные с помощью наводящих вопросов преподавателя;

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

По результатам полученных оценок по каждому вопросу в билете в отдельности выставляется общая оценка за экзамен

ФИО студента	№ билета	Оценка за 1 вопрос	Оценка за 2 вопрос	Оценка за 3 вопрос	Общая оценка за экзамен