

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра воспроизводства и переработки лесных ресурсов**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ**

**Б1.В.07.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Машины и оборудование лесного комплекса (прикладной бакалавриат)**

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>		<b>Стр.</b>
<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		<b>5</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>		<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....		4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....		5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....		6
4.3 Лабораторные работы.....		20
4.4 Семинары / практические занятия.....		20
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....		20
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		<b>22</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>		<b>23</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		<b>23</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		<b>23</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		<b>24</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ семинаров / практических работ .....		24
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		<b>34</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		<b>34</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>		<b>35</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>		<b>39</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>		<b>40</b>

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

## Вид деятельности выпускника

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

## Цель дисциплины

Формирование знаний и умений практического использования основных элементов автоматики и систем автоматического регулирования в лесопромышленном производстве на основе современных технических средств автоматизации.

## Задачи дисциплины

Сформировать у обучающихся знания, умения, навыки необходимые для автоматизации технологического процесса.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-10	способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	<b>знать:</b> - методы измерения технологических параметров, - средства измерения технологических параметров, - методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, <b>уметь:</b> - контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий, - обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процесса измерения, <b>владеть:</b> - способностью обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, - методами контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.07.01 Методы и технические средства автоматизации относится к вариативной части.

Дисциплина Методы и технические средства автоматизации базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Математики основной общеобразовательной программы, Управление в технических системах.

Основываясь на изучении перечисленной дисциплины, управление в технических системах представляет основу для изучения дисциплин: Гидрооборудование лесных машин,

Надежность машин и оборудования.

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

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	144	51	17	34	-	66	-	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	51	8	51
Лекции (Лк)	17	4	17
Лабораторные работы (ЛР)	34	4	34
Консультации	+		+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	66	-	66
Подготовка к лабораторным работам	53	-	53
Подготовка к экзамену в течение семестра	13	-	13
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	27	-	27
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	144	-	144
	4	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Автоматизация технологических процессов.</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>10</b>
1.1.	Элементы автоматизации. Виды автоматизации. Классификация систем автоматического управления	14	4	-	10
<b>2.</b>	<b>Измерение температуры, давления. Методы. Средства автоматизации.</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
2.1.	Измерение температуры. Классификация приборов. Термометры расширения. Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Вторичные приборы. Пирометры.	17	2	5	10
2.2.	Измерение давления. Виды давлений. Классификация приборов. Деформационные манометры. МЭД с ДТП. Метран ДИ, Метран ДД.	17	2	5	10
<b>3.</b>	<b>Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
3.1.	Измерение уровня. Методы измерения. Гидростатические, поплавковые, ультразвуковые уровнемеры.	18	3	5	10
3.2.	Измерение расхода. Методы измерения. Ультразвуковые, ротаметры, объемные, напорные трубки, с сужающим устройством расходомеры	18	3	5	10
<b>4.</b>	<b>Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве</b>	<b>33</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>16</b>
4.1.	Автоматизированные системы управления отрасли. Примеры	33	3	14	16
	<b>ИТОГО</b>	<b>117</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>66</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### РАЗДЕЛ 1 Автоматизация технологических процессов.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: разобрать конкретную ситуацию по классификации систем автоматического управления в лесопромышленном производстве

Автоматика – наука о принципах построения, расчета и конструирование элементов и систем в целом.

Автоматическое устройство – устройство, выполняющее свои функции без непосредственного участия человека.

Автоматизация – процесс внедрения автоматических устройств в производство. Необходимым условием автоматизации является механизация.

Элементы автоматике – конструктивно обособленная часть автоматической системы, выполняющая определённые функции.

Элементы делятся:

- измерительно-преобразовательные (датчики)
- усилительные
- исполнительные

Виды автоматизации:

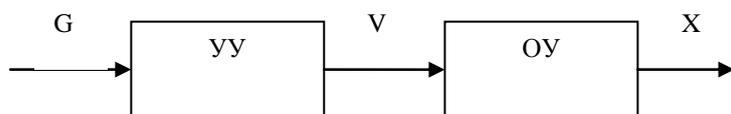
Частичная – автоматизируются некоторые основные операции производственного процесса (контроль, измерения)

Комплексная – автоматизируются все основные операции и некоторые вспомогательные

Полная – автоматизируются все основные и вспомогательные произ. операции. В этом случае в систему включаются ЭВМ

Совокупность ОУ и УУ образует САУ

В общем виде САУ имеет вид



G – задающие воздействие, задание

Классификация САУ:

#### 1. В зависимости от видов используемой УУ информации различают 3 типа САУ

- Разомкнутые
- Замкнутые
- Комбинированные

1. **Разомкнутые** – не осуществляют контроль за состоянием объекта в них отсутствует обратная связь между выходом объекта и входом УУ-ва.

Различают разомкнутые САУ:

- *По задающему воздействию:* поступающие извне команды G приводят путём изменения управляющего воздействия U к соответствующему изменению выходной величины объекта x
- *САУ по возмущению (САУ компенсации)* применяется для поддержания вых. величины ОУ  $x = const$  за счёт частной обрат. связи по одному из возмущающих параметров- увеличивается точность управления

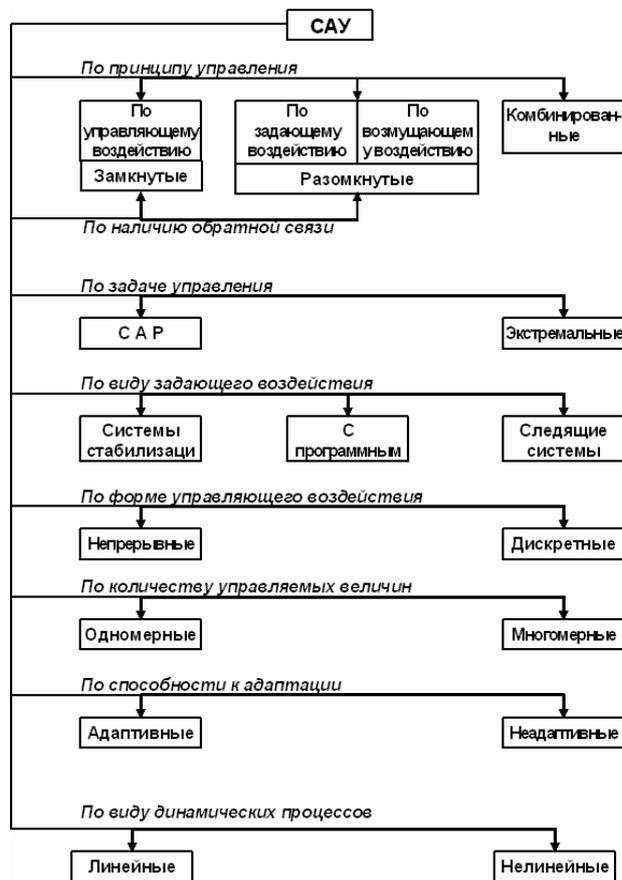
2. **Замкнутые САУ**- на вход УУ-ва подаются задающие воздействия G и выходная величина объекта X.

УУ обеспечивает необх-ое соответв-ие между X и G путем воздействия на объект.

3. **Комбинированные САУ** – объединение СУ по отклонению и разомкнутой по внешнему воздействию.

Эти САУ увеличивают точность управления.

В них наиболее полно исп-ся информация об объекте и внешней ситуации.



**2. По задаче управления** :Частным, но широко распространенным видом систем автоматического управления являются системы автоматического регулирования (САР), или автоматические системы регулирования. Системой автоматического регулирования называется САУ, задача которой заключается в поддержании выходной величины объекта на заданном уровне, т. е. в поддержании равенства  $y(t) = x(t)$ .

**3. По виду задающего воздействия** системы автоматического регулирования - системы стабилизации, системы программного управления и следящие системы

В зависимости от характера задающего воздействия САР делятся на три вида:

1. Системы стабилизации
2. Системы программного регулирования (управления)
3. Следящие системы.

В системах стабилизации задающее воздействие постоянно во времени,

в системах программного регулирования задающее воздействие изменяется по заранее известному закону,

в следящих системах задающее воздействие является заранее не известной функцией времени.

#### 4. По форме управляющего воздействия

САУ бывают непрерывного или дискретного действия в зависимости от характера действия составляющих систему звеньев.

Система **непрерывного действия**, состоит только из звеньев непрерывного действия, т. е. звеньев, в которых все сигналы являются непрерывными функциями времени.

Система **дискретного действия**, или дискретная система, - это система, содержащая хотя бы одно звено дискретного действия

#### 5. По количеству управляемых величин

В зависимости от количества выходных сигналов объекта управления, образующих вектор выходной величины  $y(t)$ , САУ делятся на одномерные и многомерные (двухмерные и т. д.).

Если управляемый объект имеет только один выходной сигнал, то система одномерная, если много, то система многомерная.

Многомерные САУ (и САР), в свою очередь, делятся на системы несвязанного и связанного управления (регулирования).

Система **несвязанного управления** имеет несколько управляющих устройств, каждое из которых осуществляет управление своей выходной координатой объекта. При этом все эти устройства не имеют взаимных связей. В системе **связанного управления** отдельные управляющие устройства связаны друг с другом внешними связями.

#### **6. По способности к адаптации**

**Адаптивные**, или самоприспосабливающиеся, системы обладают способностью приспосабливаться к изменению внешних условий работы, а также улучшать свою работу по мере накопления опыта. **Неадаптивные**, или, как их еще называют, обыкновенные, системы такой способностью не обладают. Они имеют постоянную настройку.

#### **7. По виду динамических процессов**

Линейной называется система, которая описывается линейными уравнениями. В противном случае система является нелинейной. Чтобы система была нелинейной, достаточно иметь в ее составе хотя бы одно нелинейное звено, т. е. звено, описываемое нелинейным уравнением.

#### **8. По изменению во времени**

- *стационарные системы* - все параметры которой не изменяются во времени.

- *не стационарные*- системы с переменными параметрами( т.е. является функциями времени)

## **РАЗДЕЛ 2 Измерение температуры, давления. Методы. Средства автоматизации.**

Температура - величина, которая характеризует тепловое состояние тела.

Температура определяется средней кинетической энергией поступательного движения молекул данного тела.

### Классификация приборов для измерения температуры.

По принципу действия:

1) термометры расширения (градусники)— основаны на явлении теплового расширения газа или жидкости, которые под действием температуры меняет свой объем. (-190-650<sup>0</sup>С)

$$V = f(t)$$

2) манометрические термометры—основаны на явлении изменения давления жидкости, газа, пара, помещенных в замкнутый объем от темп-ры их нагрева. (-160 - 600 °С).

$$P = f(t)$$

3) термоэлектрические термометры (термопары)-используют зависимость термо ЭДС на спае двух разнородных металлов от температуры этого спае. ( -50-1800 °С)

4) термометры сопротивления - основаны на свойстве металлических проводников изменять в зависимости от нагрева электрическое сопротивление. ( - 200- 600 °С)

$$R=f(t)$$

5) пирометры - используют зависимость энергии излучения нагретого тела от температуры нагрева. (300-6000 °С)

$$\text{Э}_T=f(t)$$

### Термометры расширения

Самые старые устройства для измерения темп. Используют термометрическое свойство теплового расширения тел. О темп- ре судят по величине видимого изменения объема термометрического вещества. Делятся на:

1.технические ртутные с вложенной шкалой, прямые и угловые.

2.лабораторные ртутные, палочные (шкала наносится на наружной поверхности капилляра) и влож. шкалой.

3.жидкостные (не ртутные)

4.повышенной точности и образцовые (цена деления до 0.01С)

Чаще применяются: Ртуть -35С +600С

Этиловый спирт -80 +70

Керосин -60 +200

Пентан -200 +20

Чаще других прим-ся химически чистая ртуть. Она не смачивает стекла, остается жидкой в широком интервале температур. Но имеет малое значение коэф-та расширения, что требует изготовления термометров с тонкими капиллярами. Нижний предел ограничивается темп-рой затвердевания ртути (-35), а верхний предел определяется прочностными характеристиками стекла.

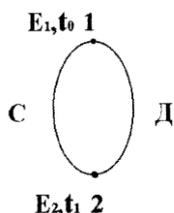
Достоинство всех стеклянных термометров- простота, высокая точность.

Недостатки: плохая видимость шкалы, невозможность автоматической записи показаний, передачи сигнала на расстояние, невозможность ремонта.

### Термоэлектрические термометры (термопара).

Если взять цепь, составленную из двух разнородных ме-в С и Д.

1. Поместим спай 1 и спай 2 в одинаковую температуру. У них возникает термо ЭДС. Причем  $E_1 = E_2$ . Они разнополярны:  $E_1(+)$ ,  $E_2(-)$ .



Закон Вольты: в замкнутой цепи, состоящей из двух разнородных проводников, когда температуры мест их соединения одинаковы, термотока не возникает, поэтому термоЭДС равны, но различны по знаку. Суммарная термоЭДС:  $E_{12} = E_1 - E_2 = 0$

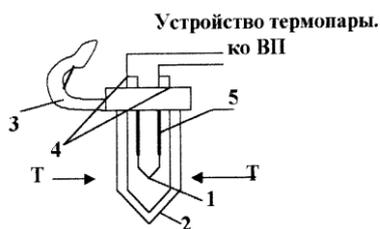
2) случай: спай 1 поместим в окружающую среду, температура которой  $t_0$ . Спай 2 помещаем в измеряемую среду,  $t_1$ .

$E_{12} = E_1 - E_2 = E_{t_0} - E_{t_1}$  Следовательно,  $E_{12} = f(t_1)$

Данное устройство называют датчиком температуры (термопарой). Оно состоит из двух электродов разных металлов. Спай 2 называют рабочим, так как он погружается в измеряемую температуру, а спай 1—холодным, так как  $t_0 = \text{const}$

Электронная теория: В металлах имеются свободные электроны. В различных металлах плотность свободных электронов неодинакова. С повышением тем-ры концентрация свободных электронов возрастает. Эти электроны диффундируют из металла с большей плотностью в металл с меньшей плотностью и от горячего конца к холодному. Возникающее при этом электрическое поле препятствует этой диффузии, и устанавливается состояние равновесия. Положительный спай - это тот, от которого ток идет в спай отрицательный — к которому ток идет в этом же спайе.  $E_{сд}$  - направление тока от металла С к металлу Д.

При этом между металлами возникает разность потенциалов. Плотность свободных электронов зависит от температуры места соединения металлов, следовательно, суммарная ЭДС есть функция от температуры.



Для защиты от механических повреждений и воздействия измеряемой среды, электроды, армированные изоляцией 5, помещаются в специальный металлический чехол 2.

- 1 — рабочий спай термопары.
- 3 — колпак термопары.
- 4 — контакты для присоединения термоэлектродов с измерительным прибором.

Длина погружаемой в измеряемую среду части, выполняется разл

Назначение вторичного прибора:

- 1) измерение
- 2) регистрация (запись показаний температуры во времени)
- 3) выработка сигнала регулирования

Для автоматического измерения температуры в комплекте с термопарой используются вторичные приборы:

- 1) милливольтметр
- 2) потенциометр
- 3) другие универсальные приборы:
- 4) средства АСУТП, преобразовательные модули.

### Термометр сопротивления.

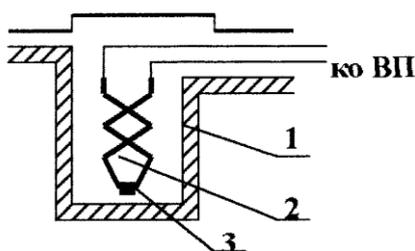
Принцип действия основан на свойстве проводников и полупроводников изменять свое активное сопротивление в зависимости от температуры их нагрева.

Проводниковые ТС- терморезисторы, полупроводниковые- термисторы.

#### ТЕРМОРЕЗИСТОРЫ

Преобразуют контролируемую темп-ру в изменение электрического сопротивления датчика. Чем больше греем проводник, тем чаще соударений электронов- сопротивление увеличивается.

Устройство:



- 3 — чувствительный элемент.
- 2 — каркас.
- 1 — металлический чехол.

Термометры сопротивления изготавливают в виде обмотки из тонкой проволоки на изоляционном каркасе. Обмотка - это чувствительный элемент термометра сопротивления. В целях предохранения от повреждений и воздействия окружающей среды, температура которой измеряется, чувствительный элемент помещают в специальную защитную гильзу.

В промышленности используются металлы:

- 1) платина ТСП;
- 2) чистая медь ТСМ.

**ТСМ:**

ТСМ измеряют температуру в диапазоне от -50 до +180 °С; к.т. 2,3.

- 1) дешевый металл;
- 2) простота получения тонкой проволоки.

$$R_t = R_0(1 + \alpha T)$$

$R_t$ - сопротивление медного проводника при температуре  $T$ .

$R_0$  - начальное сопротивление при 0 °С.

$R_0 = \rho l / S$   $\rho$ -удельное сопротивление проводника

$l$ -длина проводника

$S$ -площадь сечения

$T$  - контролируемая температура.

$\alpha$  — температурный коэффициент электрического сопротивления металла.  $\alpha=4,26 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Достоинство: имеется линейный характер зависимости сопротивления от температуры.

Недостатки: малое удельное сопротивление  $\rho=1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом/м}$  (увеличивает размеры проводника), и окисляется при невысоких температурах.

Если на приборе:

гр-23 -это означает, что  $R_0=50 \text{ Ом}$ ;

гр-24 -это означает, что  $R_0=100 \text{ Ом}$ .

**ТСП:**

ТСП измеряют температуру в диапазоне от  $-50$  до  $+650 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; к.т. 1,2.

Для ТСП недостатком является то, что необходим особый подход при изготовлении материала каркаса (сланца, кварц, керамика)

$t_{\text{max}}=500-650 \text{ } ^\circ\text{C}$

Платина применяется для эталонных, образцовых и повышенной точности термометров сопротивления.

$$R_t=R_0(1+At+Bt^2)$$

гр -20 ==>  $R_0=10 \text{ Ом}$ ;

гр - 21 ==>  $R_0=46 \text{ Ом}$ ;

гр - 22 ==>  $R_0=100 \text{ Ом}$ .

$$A=3,97 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B= -5,85 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

Достоинства: высокий температурный диапазон и измерение малых сопротивлений.

Недостаток: платина- дорогостоящий материал, отклонение от линейного закона  $R=f(T)$ .

#### *ТЕРМИСТОРЫ*

Полупроводниковые терморезисторы изготавливают из порошкообразной смеси окислов металлов- марганца, меди, никеля и т.д. Имеют отрицательный температурный коэффициент электросопротивления. Т.Е. при нагреве их сопротивление уменьшается.

Сопротивление термистора:  $R_t= A \cdot e^{B/T}$

A,B- постоянные, зависящие от физических свойств термистора и его конструкции.

Конструкция:

Представляют собой шарик, трубку, диск из полупроводникового материала с ме-ми выводами. Для защиты от действия влаги термисторы покрывают слоем лака или стекла.

Наиболее распр-ны медно-марганцевые (ММТ), кобальто- марганцевые (КМТ)- для измерения темп-ры различных сред от  $200-900 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Достоинство термисторов: высокая чувствительность, малые габариты, малая инерционность. Чувствительность термисторов значительно выше чувствительности терморезисторов.

Недостатки: нелинейность характеристики.

#### Вторичные приборы для работы в комплекте с термометром сопротивления.

Для автоматического контроля используются:

1.Мосты:

2.Логометры:

3. универсальные приборы:

4. средства АСУ ТП

#### Пирометры полного излучения.

Пирометры применяют для измерения температуры тел от  $300-6000 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Действие их основано на зависимости теплового излучения нагретых тел от их температуры. С повышением температуры нагретого тела интенсивность его теплового излучения в виде электромагнитных волн различной длины быстро

увеличивается- как результат колебательного или вращательного движения молекул. При нагреве до 500 °С тело излучает невидимые инфракрасные лучи большой длины волны. Дальнейшее увеличение температуры вызывает появление видимых лучей меньшей длины, благодаря которым тело начинает светиться.

Вначале раскаленное тело имеет темнокрасный цвет.

Затем красный, оранжевый, желтый, белый.



П - пирометр.

Пирометры измеряют энергию излучения.

Комплект пирометра состоит из первичного преобразователя (телескоп), из нескольких вторичных приборов и вспомогательных устройств.

Типы пирометров:

- 1.Квазимонохроматический- использование зависимости темп-ры от спектральной энергетической яркости.
- 2.Полного излучения- зависимость темп-ры от интегральной энергетической яркости излучения для абсолютно черного тела.
- 3.Спектрального отношения- зависимость от темп-ры тела отношения спектральной энергетической яркости для 2-х длин волн.

### **Измерение давления**

Давление — сила, которая действует равномерно на единицу площади.

$$P=F/S.$$

*Виды измеряемых давлений.*

Атмосферное(барометрическое) давление  $P_b$  - создается массой воздушного столба земной атмосферы. Оно имеет переменное значение, зависящее от высоты местности над уровнем моря, географической широты и метеорологических условий.

Избыточное давление  $P$  - превышение давления среды над атмосферным давлением.

Вакуумметрическое давление  $P_v$  - это давление (вакуум), недостающее до атмосферного. Иногда выражают в относительных величинах:

$$Y = \frac{P_v}{P_b} * 100\%$$

Абсолютное давление  $P_a$  - это давление может быть больше или меньше атмосферного.  $P_a > P_b$ , тогда  $P_a = P_b + P$ ;

$$P_a < P_b, \text{ тогда } P_a = P_b - P_v.$$

Полное давление  $P_p$  движущейся среды — это сумма статического и динамического давления.

Статическое давление потока  $P_{ст}$  может быть избыточным, вакуумметрическим или равным атмосферному.

Динамическое давление  $P_d$  зависит от скорости потока (скоростной поток).

$$P_d = \frac{v^2 \rho}{2}$$

$v$ -скорость движения вещества

$\rho$ -плотность вещества.

Дифференциальное давление- разность давлений сред в двух точках.

Классификация приборов для измерения давления.

*По виду давления:*

1. Манометры избыточного давления — для измерения давления выше атмосферного.(0-4000 МПа)
- 2.Тяго и напоромеры — для измерения малых вакуумметрических давлений и

избыточного давления (в топке котла) (- 0.08-20 кПа).

3. Вакуумметры — для измерения вакуумметрического давления.(-0.06-0 МПа)

4.Мановакуумметры - для измерения избыточного и вакуумметрического давления.(-0.1-2.4 МПа)

5. Манометры абсолютного давления - для измерения давления, отсчитываемого от абсолютного нуля.(0-40 кПа)

6. Барометры —для измерения атмосферного давления.

7.Дифференциальные (дифманометры) — для измерения разности двух давлений (перепада давлений). (0-25 кПа). Они применяются для измерения расхода вещества (расходомеры), уровня жидкости (дифманометры — уровнемеры).

*По принципу действия:*

1. жидкостные (однотрубные, U-образные, двухчашечные)
2. деформационные (трубчатые, мембранные, сильфонные)
3. Электрические (резистивные, емкостные, пьезоэлектрические)
4. Грузопоршневые.

*По применению:*

1. Промышленные
2. Лабораторные
3. Образцовые
4. Специальные
5. Эталонные

#### Деформационные манометры.

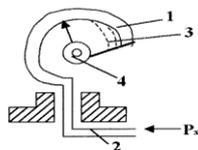
Применяют для измерения избыточного давления жидкости, газа или пара. Обладают простой и надежной конструкцией, наглядностью показаний и небольшими размерами. Большой диапазон измерений и возможность записи, дистанционной передачи показаний.

Принцип действия основан на использовании деформации упругого чувствительного элемента, возникающей под влиянием измеряемого давления. Деформационные перемещения трансформируются в электрический или электромагнитный сигнал.

Деформационные манометры по виду упругого элемента делятся на:

- 1) трубчатопружинные;
- 2) мембранные;
- 3) сильфонные.

#### Трубчатопружинные приборы.



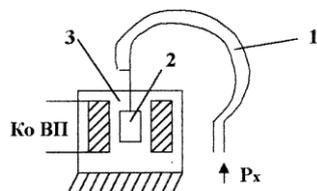
Данные приборы находят широкое применение как показывающие и сигнализирующие манометры.

Пружина 1 из стали или латуни представляет трубку, согнутую по дуге окружности и имеющую сечение в виде эллипса. Одним концом трубка закреплена в ниппеле 2, через который подводят измеряемое давление. Другой конец запаян и соединен с зубчатым колесом 4. Измеряемое давление вызывает деформацию трубки и перемещение его свободного конца. Величина этого перемещения составляет 5-7 мм. , поэтому для получения

большого угла применяют зубчатый сектор 3, соединенный со стрелкой прибора. Поэтому при перемещении трубки поворачивается стрелка прибора. Этот манометр часто соединяют с электроконтактной системой ЭКМ-14, ЭКМ-2у.

Автоматический манометр с дифференциальным трансформаторным преобразователем. (МЭД с ДТП)

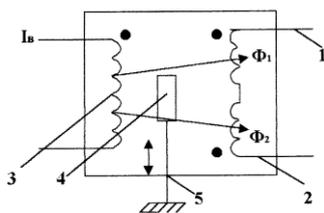
В качестве вторичного преобразователя в манометре используется ДТП. Верхний предел измерения избыточного давления до 24 кг/с/см. Предел вакуумметрического давления до 1 кг/с/см<sup>2</sup>.



Действие прибора основано на использовании деформации одновитковой трубчатой пружины (1), свободный конец которой связан с сердечником (2) ДТП 3, перемещается пропорционально измеряемому давлению среды.

Дифференциально- трансформаторный преобразователь

ДТП предназначен для преобразования линейного перемещения сердечника в выходной электрический сигнал.

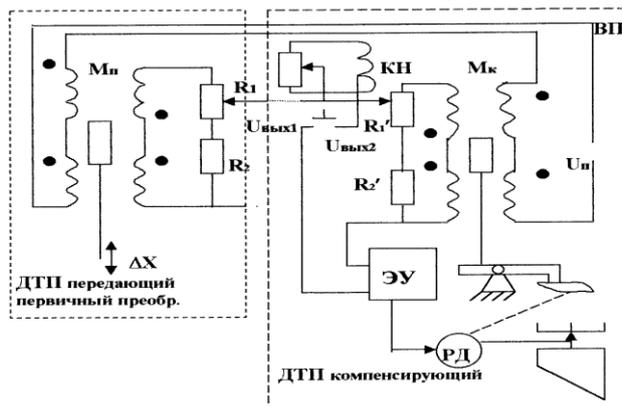


Преобразователь представляет собой трансформатор, имеющий обмотку возбуждения (3) и две секции (1) и (2) вторичной обмотки, включенные встречно, то есть дифференциально. Создаваемый током возбуждения магнитный поток обмотки возбуждения пронизывает обе секции вторичной обмотки. Часть этого потока пронизывает секцию (1), индуцируя в ней ЭДС 1, а часть потока Φ2 пронизывает секцию (2), индуцируя в ней ЭДС 2.

$$E = e_1 - e_2 - \text{ЭДС вторичной обмотки.}$$

При изменении давления прогибается мембрана (5), которая перемещает ферромагнитный сердечник 4.

Схема дистанционной передачи показаний манометра.



Вторичный прибор также содержит ДТП, сердечник которого перемещается кулачком, поворачиваемым реверсивным двигателем РД. Двигатель управляется электронным усилителем ЭУ, подключенным между обмотками ДТП первичного преобразователя и вторичного прибора.

Вторичные приборы:

КПД 1 - показывающий.

КСД 1 - самопишущий (ширина 100 мм.).

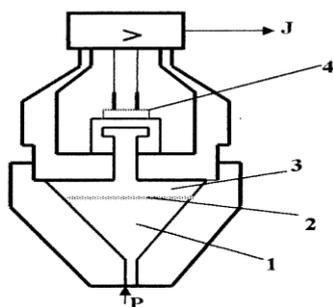
КСД 2 - показывающий и самопишущий с прямоугольной шкалой. Ширина диаграммы 160 мм.

КВД - с вращающимся диском. КТ=1.

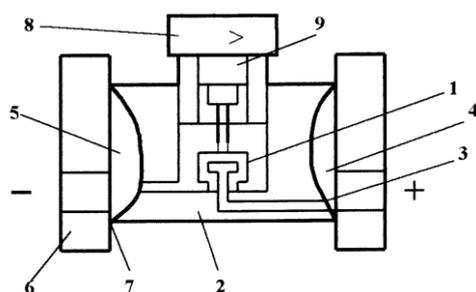
Они могут быть снабжены регулируемыми устройствами.

*“Метран” — ДИ (преобразователь избыточного давления).*

Измеряемое давление подается в камеру 1 и воздействует на разделительную мембрану 2. Полость, заключенная между мембраной 2 и упругим элементом 3, заполнена кремнийорганической жидкостью. На упругом элементе закреплена сапфировая пластинка с тензопреобразователем 4, выводы которого подключены к установленному в корпусе электронному блоку преобразователей сигналов БСП-24. Он содержит схему стабилизатора напряжения, задающую начальный ток тензомоста, преобразователь напряжения в ток и резисторы настройки блока. Имеется возможность дискретно и плавно изменять значения, соответствующие началу и концу шкалы, компенсировать нелинейность тензомоста и температурные погрешности.



*“Метран” — ДД.*



Мембранный тензопреобразователь 1 размещен внутри корпуса 2 и отделен от измеряемой среды металлическими гофрированными мембранами 3. Внутренние полости 4 и 5 заполнены кремнийорганической жидкостью. Измеряемая разность давлений воздействует на мембраны 3 и через жидкость на мембрану тензопреобразователя, вызывая изменения сопротивления тензорезисторов. Электрический сигнал от тензопреобразователя передается в электронное устройство 6 по проводам через гермовывод 7.

### **РАЗДЕЛ 3. Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации.**

Расход вещества Q — это количество вещества, проходящее в единицу времени по трубопроводу данного сечения.

Количество вещества K — величина, показывающая сколько прошло вещества за данное время через данное сечение.

$$K=Q*t$$

Количество и расход вещества выражают в объемных или массовых единицах измерения.

Массовые:

Км: кг, г, т.

QM: кг/с, г/час, т/час.

Объемные:

Коб: л, м<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>.

Qоб: л/час, л/сек, м<sup>3</sup>/час.

$Q_{об} = Q_{м} / \rho$ .

Расходомеры — приборы, измеряющие расход.

К приборам, измеряющим количество вещества относятся счет-чики, весы.

#### Методы измерения расхода и количества вещества.

1. Метод перепада давления- основан на изменении статического давления среды, проходящей через суженое сечение трубопровода.

2. Скоростной метод основан на определении средней скорости движения потока.

3. Объемный метод (определяет объем прохождения вещества).

4. Весовой метод- определяет массу вещества.

Первые два метода просты и компактны в измерении. Два последних имеют более высокую точность.

Приборы:

1) расходомеры с сужающим устройством;

2) скоростные расходомеры и счетчики;

3) объемные расходомеры и счетчики;

4) ротаметры;

5) электромагнитные расходомеры;

6) автоматические весы.

7) ультразвуковые.

#### Расходомеры с сужающим устройством.

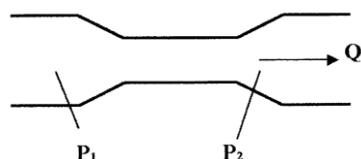
Принцип действия основан на измерении потенциальной энергии измеряемого вещества при прохождении через искусственно суженое сечение трубопровода.

Расходомер состоит из:

1) сужающего устройства;

2) дифманометра для измерения разности статических давлений среды до и после сужающего устройства;

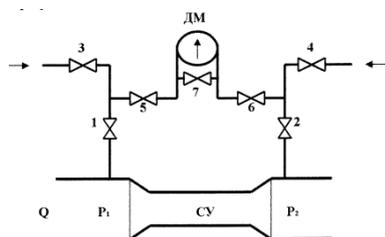
3) соединительных линий (двух трубок).



Сужающие устройства устанавливают в трубопроводе для уменьшения диаметра трубопровода с целью сжатия струи.

#### Схема измерения расхода жидкости.

Дифманометр рекомендуется устанавливать ниже сужающего устройства. Это исключает при измерении возможность попадания газа. Если дифманометр установлен выше сужающего устройства, то предусматривают газосборники с вентилями для продувки.



1. Открывают уравнительный кран 7 для проверки нуля.
2. Открывают запорные вентили 1 и 2, при этом вытесняя воздух жидкостью или газом.
3. Открывают краны подключения 5 и 6 дифманометра к сети.
4. Открывают продувочные краны 3 и 4. Промывают или прочищают краны при необходимости.

Расчетные формулы:  $Q = A * \sqrt{\Delta P}$ , где

A — постоянный коэффициент.

$A = f(\alpha, \mu, \rho, d)$ .

$\alpha$  - зависит от типа сужающего устройства;

$\mu$  - зависит от измеряемой среды;

$\rho$  - плотность измеряемой среды;

d - диаметр сужающего устройства;

$\Delta P$  - перепад давления.

Перепад давления измеряется с помощью дифманометра. Выбор и установка сужающего устройства выполняется по специальным методикам.

### 2. Напорные трубки.

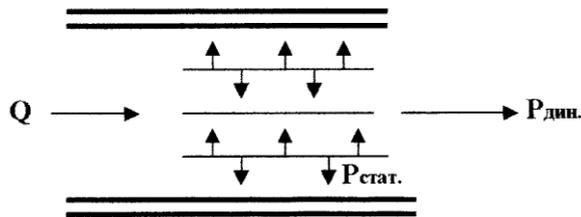
Используются для измерения расхода жидкости или газа путем измерения средней скорости потока, которая определяется через динамическое давление в потоке.

$$P_{\text{дин}} = P_{\text{пол}} - P_{\text{стат.}}$$

$P_{\text{пол}}$  — полное давление потока.

Статическое давление не зависит от скорости движения жидкости, а зависит от массы жидкости.

Статическое давление действует между слоями жидкости. Динамическое давление зависит от скорости жидкости. Оно создано напором жидкости.



$$g_{cp} = 1,41 * K * \sqrt{\frac{P_{\text{дин}}}{\rho}}$$

K — коэффициент напорной трубки (зависит от размеров трубопровода и конструкции датчиков).

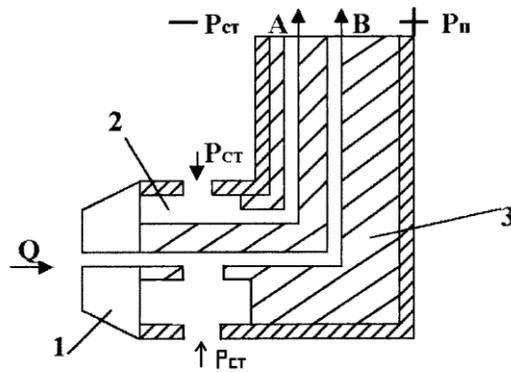
$$Q = g_{cp} * S$$

Для измерения напора ( $P_{\text{дин}}$ ) в качестве датчика используется напорная трубка.

1- центральный канал.

2- кольцевая камера.

3- отборная часть трубки.



Центральный канал устанавливается параллельно оси трубопровода концом навстречу потоку, вследствие чего через торцевое отверстие передается полное давление среды. В камерах 1 и 2 возникает соответственно полное и статическое давление под действием движущей силы. Если к выводам А и В подсоединить дифманометр, то он измерит перепад давлений:

$$\Delta P = P_{\text{полн}} - P_{\text{стат.}}$$

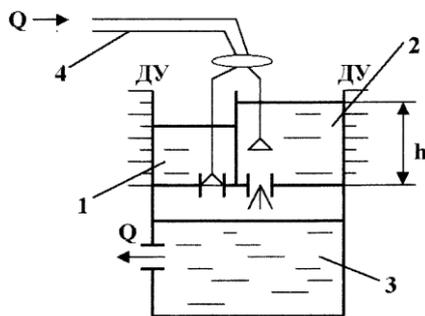
$$Q_{\text{об}} = 1,41 * K * \sqrt{\frac{P_{\text{дин}}}{\rho}} * S$$

### Объемные расходомеры и счетчики.

Принцип действия основан на измерении объема проходящего через прибор вещества и суммирования результатов этих измерений. К числу таких устройств относятся:

- 1) мерные баки;
- 2) ротаметры;
- 3) ротационные расходомеры.

#### 1. Мерные баки.



1,2- цилиндрические мерные баки.

3 — расходный бак.

Оба бака имеют датчики уровня (ДУ). Измеряемая жидкость, поступающая по трубопроводу 4, направляется поочередно в каждый из мерных баков при помощи перекидного желоба 5. Для слива жидкости из мерных баков служат сливные патрубки с клапанами 6 и 7. Датчики уровня выдают электрический сигнал на привод лотка 5 в том случае, если жидкость в соответствующем баке достигнет уровня h. Далее жидкость поступает в расходный бак, из которого вода дальше идет по трубопроводу, то есть течение воды на прерывается.

Единичный объем цилиндра:

$$Q_{\text{об}} = h * S_{\text{цил}}$$

Расход воды:

$$Q = h * S_{\text{цил}} / t$$

Кроме того, количество вещества, прошедшего через трубопровод:

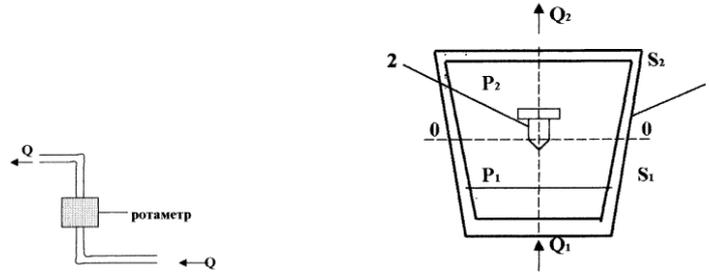
$$K = h * S_{\text{цил}} * n$$

$n$  - количество срабатываний лотка.

Эти баки широко применяются, несмотря на их громоздкость.

### 2. Ротаметры.

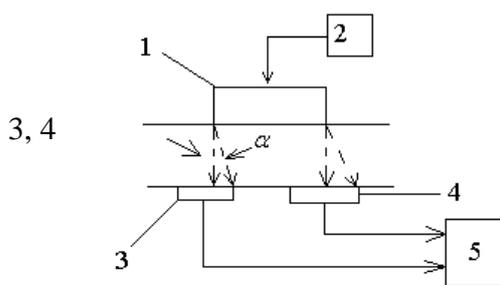
Они устанавливаются только на вертикальных трубопроводах и служат для измерения расхода жидкости или газа, движущегося по трубопроводу в восходящем направлении.



Ротаметр состоит из вертикальной стеклянной или металлической конусной трубки 1, внутри которой свободно перемещается цилиндрический поплавок 2 из нержавеющей стали. Протекающая через прибор среда, входит снизу в конусную трубку, приподнимает в зависимости от расхода на соответствующую высоту поплавок и, пройдя через кольцевой зазор между поплавком и трубкой, покидает прибор. Таким образом, при любом расходе среды на поплавок действует разность давлений  $\Delta P = P_1 - P_2$  которая появляется в результате сужения потока в кольцевом зазоре. Разность давлений уравновешивается массой поплавка.

### Ультразвуковые расходомеры

Данный метод основан на зависимости скорости ультразвука относительно трубопровода от скорости потока. Основными элементами являются излучатели и приемники ультразвуковых колебаний. Ультразвуковые колебания, попадающие на приемник, вызывают его механическую деформацию в виде периодических сжатий и растяжений, которые преобразуются в переменное электрическое напряжение. Пьезоэлемент 1, возбуждаемый генератором 2, создает ультразвуковые колебания, направленные  $\perp$  оси трубы. По мере увеличения средней скорости потока  $v_{cp}$  ультразвуковой луч все более отклоняется по направлению



скорости:  $\alpha = \arcsin\left(\frac{v_{ch}}{c}\right)$   $c$  –  $v$  ультразвука в неподвижной среде. – приемные пьезоэлементы, 5 – усилитель. С возрастанием  $v_{cp}$  количество энергии, поступающей на пьезоэлемент 3  $\downarrow$ , а поступающей на пьезоэлемент 4  $\uparrow$ , т.о. разностный сигнал, поступающий на вход

усилителя 5  $\uparrow$ .

Расходомеры такой конструкции просты по устройству, но имеет ограниченную точность.

Поэтому применяют расходомеры с излучением не  $\perp$  потоку, а с излучением по потоку (по направлению потока).

Недостатки: влияние на показания прибора, изменения физико-химических свойств среды, ее  $t$ -ры, влияющих на  $v$  звука  $C$ .

Преимущество: бесконтактный метод измерения.

**Уровень** - это величина столба жидкости, образуемого ею в технологической емкости.

Технические средства, применяемые для измерения уровня жидкости, называются уровнемерами.

### Методы измерения уровня жидкости.

Если нет необходимости дистанционной передачи показаний, уровень можно

измерять с помощью указательных стекол или показывающими дифманометрами.

Для сигнализации предельного уровня применяют:

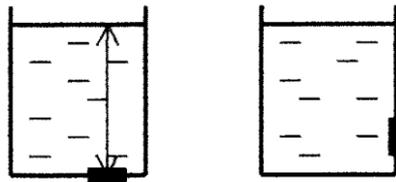
- поплавковые выключатели
- вибрационные концевые выключатели
- кондуктометрические выключатели
- емкостные выключатели
- магнитные погружные зонды
- гидростатические концевые выключатели.

Для дистанционного непрерывного измерения уровня применяют уровнемеры:

- гидростатические;
- поплавковые;
- емкостные;
- ультразвуковые;
- радиоактивные.

#### Гидростатические уровнемеры.

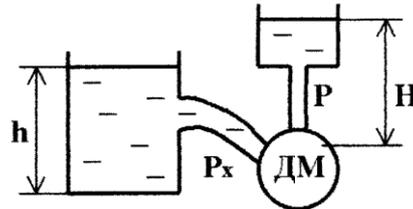
Принцип действия основан на измерении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара.



$P = \rho \cdot g \cdot h$  Величина гидростатического давления на дно резервуара зависит от высоты столба жидкости над измерительным прибором и от плотности жидкости. Уровень жидкости измеряют манометром.

Уровень жидкости можно измерить по разности давлений, с помощью дифманометра.

-открытый резервуар



$$1. \Delta P = P_x - P$$

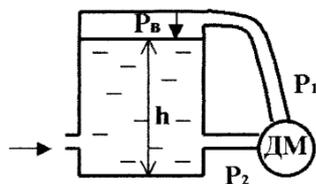
Для измерения уровня используется уравнительный сосуд 1, уровень воды которого постоянный. Следовательно, давление постоянное.

$$P = \rho \cdot g \cdot H;$$

$$P_x = \rho \cdot g \cdot h;$$

$$\text{Следовательно, } \Delta P = \rho \cdot g \cdot (h - H).$$

- закрытый резервуар, находящийся под давлением или разрежением.



$$\Delta P = P_1 - P_2;$$

$P_1$  - избыточное давление или вакуумметрическое;

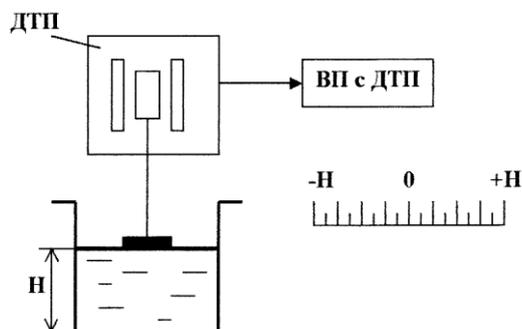
$P_1 = P_{\text{изб}}$  (так как сосуд закрыт);

$P_2 = \rho \cdot g \cdot h + P_1$ ;

$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h$

Поплавковый уровнемер.

Является простым и надежным устройством. Широко используется для измерения уровня жидкости в различных резервуарах, находящихся под атмосферным или небольшим избыточным давлением. В качестве чувствительного элемента применяют поплавки или буйки. Поплавок – не погружаемый элемент уровнемера, а буйек погружаемый. Конструкции могут быть различными.



Поплавок соединен с ДТП посредством плунжера. С ДТП на ВП поступает сигнал об изменении выходного напряжения вследствие перемещения плунжера соответственно уровню воды в резервуаре. На среднем уровне сигнал равен нулю.

Недостаток состоит в том, что поплавок затрудняет наполнение бака жидкостью.

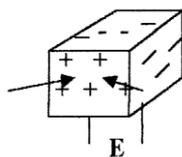
G-вес буйка

Акустические и ультразвуковые уровнемеры.

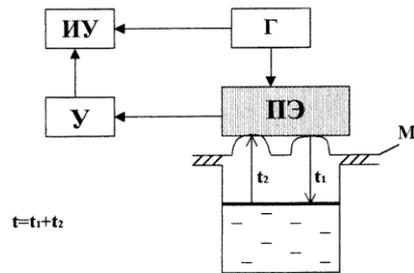
В них используется эффект отражения ультразвуковых колебаний от границы раздела двух сред с различными акустическими сопротивлениями.

В акустических уровнемерах используется метод локации уровня жидкости через газовую среду. Достоинством этого метода является то, что акустическая энергия, посланная в объект для измерения уровня жидкости, распространяется по газовой среде. Это обеспечивает универсальность различных измеряемых жидкостей.

В ультразвуковых уровнемерах используется метод отражения ультразвуковых колебаний от границы раздела сред со стороны жидкости. Чувствительным элементом является пьезоэлемент - кристалл кварца.



Он является одновременно приемником и источником отраженных ультразвуковых колебаний. Его помещают в акустический преобразователь. Пьезоэлемент имеет свойство изменять размеры при воздействии на поверхность кристалла электрического напряжения, т.е. электрическая энергия преобразуется в механическую. И наоборот, когда давление прикладывается к поверхности кристалла, образуется заряд, который может быть преобразован в напряжение.



ПЭ - пьезоэлемент.

Г - генератор импульса.

М - мембрана.

У - усилитель.

ИУ - измерительное устройство (контроллер).

Если на вход пьезоэлемента подавать электрические импульсы переменного напряжения от генератора Г, пьезоэлемент начинает вибрировать, а вместе с ним и мембрана с той же частотой.

Ее колебания создадут колебания воздуха, которые достигнут жидкости и отразятся от нее, попав на мембрану, и будут колебать ее с той же частотой, воздействуя на стенки пьезоэлемента, который вырабатывает соответствующий сигнал. Сигнал поступает через усилитель на измерительное устройство- контроллер. Туда же поступает сигнал от генератора (входное напряжение). Отраженный ультразвуковой импульс возвращается на пьезоэлемент через время  $t=t_1+t_2$  - время прохождения волны до жидкости и обратно. Если уровень воды изменяется, то изменяется  $t$ . Контроллер вычисляет расстояние по времени распространения эхо- сигнала и скорости звука.

Маркировка: ЭХО-1.

Достоинства: бесконтактный, применим для загрязненных жидкостей.

Недостатки: сложный и дорогостоящий, отражения от препятствий (н-р мешалок) могут вызвать ошибки измерения, скорость ультразвука зависит от давления воздуха, температуры.

Глубина измерения 0-3 м.

#### **РАЗДЕЛ 4 Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве**

Пример: Автоматизация сортировки пиломатериалов

##### 1. Функциональная схема

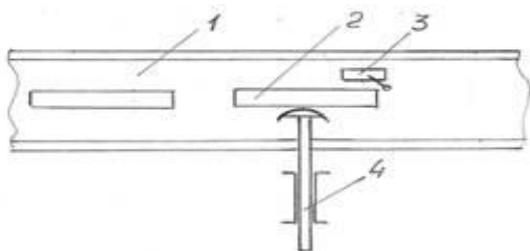


Рисунок 1- Сбрасыватель продольного транспортера

##### 2. Описание технологического процесса

Любым известным способом хлыст подается на конвейер, далее хлыст перемещается в направлении сортировочного механизма.

Сбрасыватель продольного транспортера (рис.1) состоит из транспортера 1, бревна 2, конечного выключателя 3 и сбрасывателя 4. Бревна 2 перемещаются транспортером 1. Позиционирование для сбрасывания выполняется конечным выключателем 3.

Наиболее эффективными устройствами для управления исполнительным механизмом сбрасывателя лесоматериалов можно рекомендовать светосигнальные устройства, в частности оптические. Получение команды на включение сбрасывателя 4 (рис.1) является

прерывание светового потока 4 (рис.2) проходящего от лампочки 3 до светового реле 5 бревном 1. Вследствие чего и будет приводиться в действие сбрасыватель 4 (рис.1).

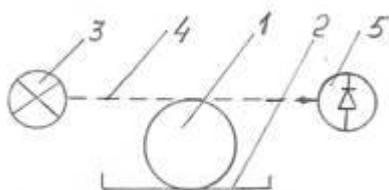
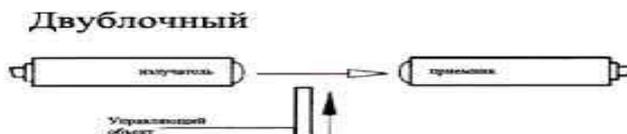


Рисунок 2- Сортировка бревен по диаметру



### 3. Выбор датчика

#### 3.1. Принцип действия датчика

Оптические датчики — небольшие по размерам электронные устройства, способные под воздействием электромагнитного излучения в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах подавать единичный или совокупность сигналов на вход регистрирующей или управляющей системы. Оптические датчики реагируют на непрозрачные и полупрозрачные предметы, водяной пар, дым, аэрозоли.

В датчиках оптические датчики барьерного типа передатчик и приёмник разделены по разным корпусам, что позволяет устанавливать их друг против друга на рабочем расстоянии.

Принцип работы основан на том, что передатчик постоянно посылает световой луч, который принимает приёмник. Если световой луч излучателя прерывается вследствие перекрытия сторонним объектом, приёмник немедленно реагирует, меняя состояние выхода.

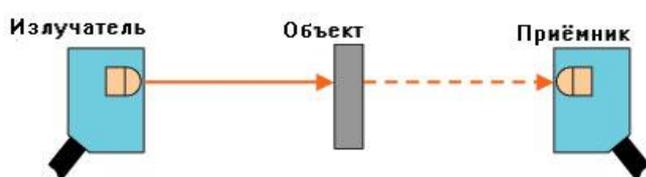
Достоинства:

- Большая дальность действия (несклько десятков метров).
- Надёжное обнаружение объектов в пыльных и влажных помещениях.
- Обнаружение небольших объектов.
- Обнаружение объектов с высокой отражательной способностью.
- Объект может не отражать и иметь любой цвет.

Недостатки:

- Трудности при установке, из-за наличия двух компонентов.

#### 3.2. Схема



Источник излучения и приемник расположены в отдельных корпусах. Любой предмет, прерывающий прямой световой луч от источника к приемнику, вызывает изменение электрического сигнала на выходе приемника.

Расстояние воздействия таких выключателей не зависит от материала управляющего объекта. Максимальная дистанция переключения определяется как расстояние между источником излучения и приемником и составляет 16м. Кроме того, выключатели этого типа имеют импульсный синхронизатор, позволяющий работать при очень сильном внешнем освещении

Маркировка, диапазон, класс точности

-VT-4000

- V2T-2000
- YT-1180N
- CTD-1500N
- ZT-1200N
- ST-400N
- JT-H1000NR
- KT-700N

Оптические датчики имеют большой рабочий диапазон (до 130 м) и высокое разрешение (1 мм). Управление устройств осуществляется программным методом или в режиме teach-in. Для внешней обработки данных результаты измерений могут передаваться посредством последовательного интерфейса SSI.

Диапазон применений оптических датчиков измерения расстояния очень широк: от решения задач расположения кранов, предотвращения столкновений автоматически движущихся транспортных средств до мониторинга уровня наполненности резервуаров и предотвращения провисания лент конвейера и определения малых объектов в диапазоне мкм.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: разобрать конкретную систему автоматического управления в лесопромышленном производстве и подобрать средства автоматизации.

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Измерение температуры.	5	-
2	2.	Измерение давления	5	-
3	3.	Измерение уровня	5	-
4	3.	Измерение расхода	5	-
5	4.	Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве	14	разбор конкретных ситуаций (4 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>4</b>

**4.4. Семинары/ практические занятия**  
учебным планом не предусмотрено

**4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная  
работа, РГР, реферат**  
учебным планом не предусмотрено

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

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	$\Sigma$ <i>комп.</i>	$t_{ср}$ час	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ПК</i>				
			<i>10</i>				
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1.Автоматизация технологических процессов.		14	+	1	14	ЛК, СРС	Экзамен
2.Измерение температуры, давления. Методы. Средства автоматизации.		34	+	1	34	ЛК, ЛР, СРС	Экзамен
3.Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации.		36	+	1	36	ЛК, ЛР, СРС	Экзамен
4.Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве		33	+	1	33	ЛК, ЛР, СРС	Экзамен
<b>всего часов</b>		<b>117</b>	<b>117</b>	<b>1</b>	<b>117</b>		

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

1. Коновалов Б. И. Теория автоматического управления: учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2010. - 224с.

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

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, Хомченко В.Г, Моисеев В.Б. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. - 442с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=437131">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=437131</a>	Лк, ЛР	ЭР	1
2.	Малафеев С.И. Основы автоматики и системы автоматического управления : учебник для студ.вузов / С.И.Малафеев. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 384с.	Лк	15	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Григорьева Т. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / Т. А. Григорьева, В. Н. Толубаев. - Братск: БрГУ, 2016. - 98с. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика</a>	Лк	23 ЭР	1
4.	Темгеновская Т.В. Технические измерения и приборы: Методические указания.- Братск: БрГУ, 2009.-45с.	ЛР	59	1

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

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ [http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search>.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

#### Лабораторная работа №1 Измерение температуры

##### Цель работы.

Изучить приборы, измеряющие температуру.

Задание: 1. С помощью действующих макетов изучить принцип действия, конструкцию термометров сопротивления, термоэлектрических термометров, пирометров.

2. определить метрологические характеристики приборов.

3. определить достоинства, недостатки приборов.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: выполнить задание и разобрать конкретную ситуацию по применению данных приборов в лесопромышленном производстве.

##### Ход работы.

#### 1. Термоэлектрические термометры

Под термоэлектрическим эффектом понимается генерирование термоэлектродвижущей силы (термоЭДС), возникающей из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов и сплавов.

Таким образом, термопара может образовывать устройство (или его часть), использующее термоэлектрический эффект для измерения температуры. В сочетании с электроизмерительным прибором термопара образует термоэлектрический термометр. Измерительный прибор или электронную измерительную систему подключают либо к концам термоэлектродов (рис. 2.2 а), либо в разрыв одного из них (рис. 1).

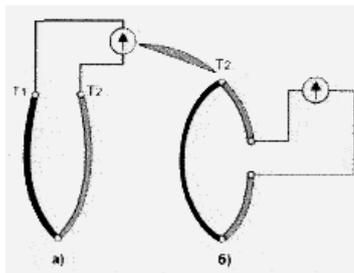
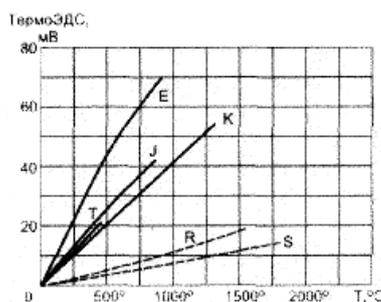


Рис. 1 Подключение термопары к измерительному прибору.



#### Зависимости ЭДС от температуры наиболее распространенных типов термопар

При выборе термопары для производства замеров температуры в некотором диапазоне следует выбирать ту термопару, коэффициент линейности которой изменяется менее других в рамках этого диапазона. Для достижения высокой точности измерений термопарного термометра во всем диапазоне рабочих температур необходима его калибровка. В ГОСТ 50431-92 «Термопары» приведены вид и порядок полинома, а также коэффициенты полиномиальной аппроксимации зависимости выходного напряжения термопар от температуры, которые определяются по градуировочным таблицам для каждого типа термопар.

В зависимости от конструкции и назначения различают термопары погружаемые и поверхностные; с обыкновенной, взрывобезопасной, влагонепроницаемой или иной оболочкой (герметичной или негерметичной), а также без оболочки; обыкновенные, вибротряскоустойчивые и ударопрочные; стационарные и переносные и т.д. Внешний вид некоторых конструкций термопар представлен на рис. 2.

Основное применение термопары — электронные термометры.

Отечественная промышленность выпускает электронные термометры для измерения температуры контактным способом.

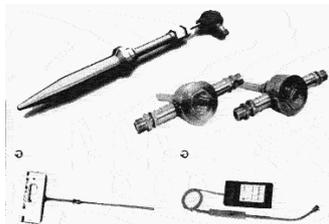


Рис. 2. Внешний вид некоторых конструкций термопар

## 2. Термометры сопротивления

Термометры сопротивления широко применяют для измерения температуры в интервале от  $-260$  до  $750^{\circ}\text{C}$ . В отдельных случаях они могут быть использованы для измерения температур до  $1000^{\circ}\text{C}$ .

В качестве материала для изготовления термометров сопротивления используются как чистые металлы, так и ряд полупроводников.

Действие термометров сопротивления основано на свойстве проводников и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры окружающей их среды.

Измерение температуры с помощью электрических термометров сопротивления сводится к измерению активного сопротивления термометра, что обычно осуществляется измерением тока в цепи. Измерительная схема состоит из трех элементов: термометра сопротивления, электроизмерительного прибора для тока и источника питания (рис.3).

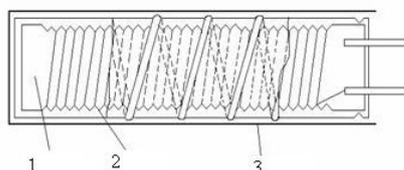


Рис.3

Металлические термометры сопротивления получившие наибольшее распространение, имеют чувствительный элемент в виде тонкой (диаметром  $0,05$  мм) проволоки 2, намотанной на слюдяную пластину 1 (или пластмассовый цилиндр) и помещенный в защитный чехол 3. проволоку изготавливают в основном из чистых платины или меди. В соответствии с этим различают термометры сопротивления платиновые (ТСП) и термометры сопротивления медные (ТСМ).

Для всех разновидностей ТСМ аналитическое выражение НСХ одинаково:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot t), \quad (3.1)$$

*Платиновые термопреобразователи сопротивления* (ТСП) могут иметь следующие сопротивления при  $0^{\circ}\text{C}$ : 1, 5, 10, 50, 100 и 500 Ом, и поэтому имеют следующее обозначение номинальных статических характеристик 1П, 5П, 10П, 50П, 100П и 500П. ТСП используются для измерения температуры в интервале  $(-260... 1100)^{\circ}\text{C}$  и являются наиболее распространенным типом ТС. При выборе ТСП следует использовать общий принцип — низкоомные ТС необходимо применять для измерения высоких температур, а высокоомные — для измерения низких температур.

Кроме того, при использовании высокоомных ТСП влияние изменения сопротивления внешней линии сказывается меньше, чем при использовании низкоомных. Недостатком платиновых ТС является нелинейность статической характеристики, особенно в области

высоких и отрицательных температур, возможность загрязнения платины при высоких температурах, подверженность воздействию восстановительных и агрессивных газов. В интервале температур (0...600) °С зависимость сопротивления от температуры описывается нелинейным выражением

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

Таблица

Градуировки шкал измерительных приборов, работающих с терморезисторами.

ТСП		ТСМ	
Градуировка	R <sub>0</sub> , Ом При 0°С	Градуировка	R <sub>0</sub> , Ом При 0°С
20	10	23	53
21	46	24	100
22	100	10М	10
1П	1	50М	50
5П	5	100М	100
10П	10		
50П	50		
100П	100		
500П	500		

По результатам измерений определить:

- 1) диапазон
- 2) цену деления

Форма отчетности:

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

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Вывод.

Задания для самостоятельной работы:

Определить достоинства, недостатки каждого измерительного прибора.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, Хомченко В.Г, Моисеев В.Б. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. - 442с.

Дополнительная литература

1. Темгеновская Т.В. Технические измерения и приборы: Методические указания.- Братск: БрГУ, 2009.-45с.

Вопросы к защите

- 1) Принцип действия приборов.
- 2) Основные метрологические характеристики приборов.
- 3) Конструкция приборов.
- 4) Методы измерения
- 5) Достоинства, недостатки приборов.

## Лабораторная работа №2 Измерение давления

### Цель работы.

Изучить приборы, измеряющие давление.

Задание: 1. С помощью действующих макетов изучить принцип действия, конструкцию трубчато-пружинных манометров, МЭД с ДТП.

2.определить метрологические характеристики приборов.

3.определить достоинства, недостатки приборов.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: выполнить задание и разобрать конкретную ситуацию по применению данных приборов в лесопромышленном производстве.

### Ход работы.

#### 1. Трубчато-пружинные манометры

Схема показывающего пружинного манометра представлена на рис1..

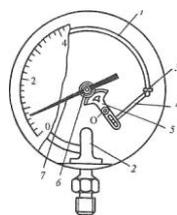


Рис.1.

Одновитковая трубчатая пружина 1 с одного конца приварена к держателю 2, прикрепленному к корпусу манометра. Нижняя часть держателя заканчивается шестигранной головкой и штуцером, с помощью которого к манометру подсоединяется трубка, подводящая давление. Свободный конец пружины 1 припаян к пробке 3, шарнирно соединенной с поводком 4.

При перемещении свободного конца пружины поводок поворачивает зубчатый сектор 5 относительно оси О, вызывая поворот шестерни (трибки) 6 и сидящей на одной оси с ней показывающей стрелки 7. Пружина, не приведенная на рисунке, обеспечивает поджатие зубцов трибки к зубцам сектора, убирая люфт. Статическая характеристика манометра может подстраиваться за счет изменения точки закрепления поводка 4 в прорези сектора 5 и смещения положения стрелки, устраняя мультипликативную и аддитивную погрешности.

#### 2. Дифференциально-трансформаторные преобразователи и системы

Дифференциально-трансформаторная система использует для передачи информации сигналы переменного тока. Хотя эта система была разработана задолго до введения токовых и частотных способов передачи информации, но она до сих пор применяется, благодаря простоте устройства и надежности. Первичными преобразователями этой системы являются манометры с одновитковой трубчатой пружиной типа МЭД, мембранные дифманометры типа ДМ, кольцевые дифманометры типа ДК. В комплекте с этими первичными преобразователями работают вторичные показывающие и регистрирующие приборы типа КСД и другие устройства, рассчитанные на использование унифицированного сигнала взаимной индуктивности 0..10мГн.

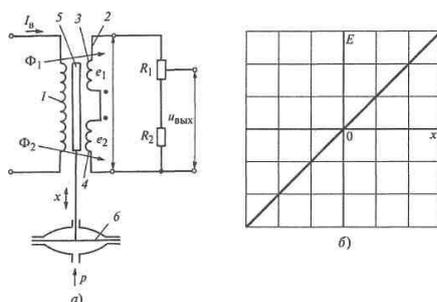


Рис. 2 Схема дифференциально-трансформаторного преобразователя (а) и график выходного сигнала (б):

1 — обмотка возбуждения; 2 — вторичная обмотка; 5, 4 — две включенных встречно полуобмотки; 5 — ферромагнитный сердечник; 6 — мембрана

Схема дифференциально – трансформаторного преобразователя представлена на рис.1

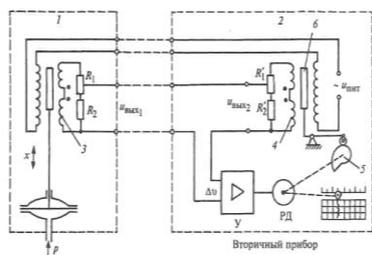


Рис1 Схема дифференциально-трансформаторной измерительной системы:

1,2 — первичный и вторичный приборы; 3,4 — дифференциально-трансформаторные преобразователи первичного и вторичного приборов; 5 — кулачок; 6 — сердечник

Система включает первичный 1 и вторичный 2 приборы. Последний содержит дифференциально-трансформаторный преобразователь 4, аналогичный преобразователю 3 первичного прибора, усилитель У, к выходу которого подключен реверсивный двигатель РД, соединенный с показывающей стрелкой и через кулачок 5 с сердечником 6 преобразователя 4. Вторичные обмотки

дифференциально-трансформаторных преобразователей 3, 4 последовательно подключены к входу электронного усилителя,  $\Delta u = u_{\text{вых1}} - u_{\text{вых2}}$ . Обмотки возбуждения обоих усилителей включены последовательно и питаются напряжением от обмотки силового трансформатора вторичного прибора. Питание обмоток возбуждения одним током является необходимым условием работы этой системы, позволяющим устранить как влияние нелинейных искажений, имеющих место в цепях переменного тока, так и колебаний тока возбуждения. Последние в равной мере сказываются на сигналах  $e_1, e_2$ , не вызывая нарушений баланса системы.

Схема трубчато-пружинного манометра МЭД с дифференциально-трансформаторным преобразователем 1 представлена на рис. 3.

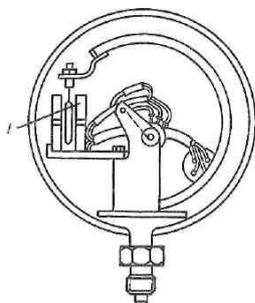


Рис. 3. Схема манометра МЭД с дифференциально-трансформаторным преобразователем:

1 — преобразователь

Существуют модификации манометров МЭД с отсчетным устройством, класс точности обеих модификаций 1, верхние пределы измерения от 0,1 до 160 МПа по стандартному ряду. На базе манометров МЭД выпускаются манометры МП, имеющие на выходе унифицированный токовый сигнал. Для его получения в прибор введен усилитель, преобразующий изменения взаимной индуктивности в пропорциональный токовый сигнал.

Форма отчетности:

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

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Вывод.

Задания для самостоятельной работы:

Определить достоинства, недостатки каждого измерительного прибора.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, Хомченко В.Г, Моисеев В.Б. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. - 442с.

#### Дополнительная литература

1. Темгеновская Т.В. Технические измерения и приборы: Методические указания.- Братск: БрГУ, 2009.-45с.

#### Вопросы к защите

- 1) Принцип действия приборов.
- 2) Основные метрологические характеристики приборов.
- 3) Конструкция приборов.
- 4) Методы измерения
- 5) Достоинства, недостатки приборов.

### Лабораторная работа №3

#### Измерение уровня

#### Цель работы.

Изучить приборы, измеряющие уровень.

Задание: 1. С помощью действующих макетов изучить принцип действия, конструкцию гидростатических уровнемеров, поплавковых.

2.определить метрологические характеристики приборов.

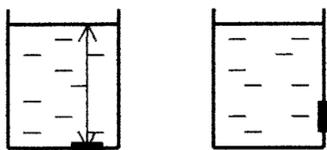
3.определить достоинства, недостатки приборов.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: выполнить задание и разобрать конкретную ситуацию по применению данных приборов в лесопромышленном производстве.

#### Ход работы.

#### 1.Гидростатические уровнемеры.

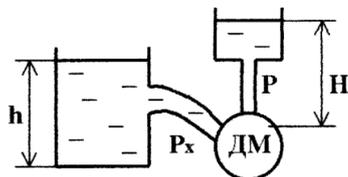
Принцип действия основан на измерении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара.



$P = \rho \cdot g \cdot h$  Величина гидростатического давления на дно резервуара зависит от высоты столба жидкости над измерительным прибором и от плотности жидкости. Уровень жидкости измеряют манометром.

Уровень жидкости можно измерить по разности давлений, с помощью дифманометра.

-открытый резервуар



$$1. \Delta P = P_x - P$$

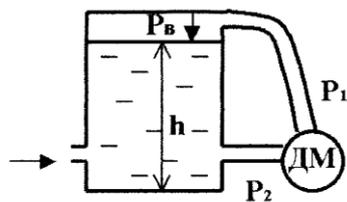
Для измерения уровня используется уравнительный сосуд 1, уровень воды которого постоянный. Следовательно, давление постоянное.

$$P = \rho \cdot g \cdot H;$$

$$P_x = \rho \cdot g \cdot h;$$

Следовательно,  $\Delta P = \rho \cdot g \cdot (h - H)$ .

-закрытый резервуар, находящийся под давлением или разрежением.



$$\Delta P = P_1 - P_2;$$

$P_1$  - избыточное давление или вакуумметрическое;

$P_1 = P_{\text{изб}}$  (так как сосуд закрыт);

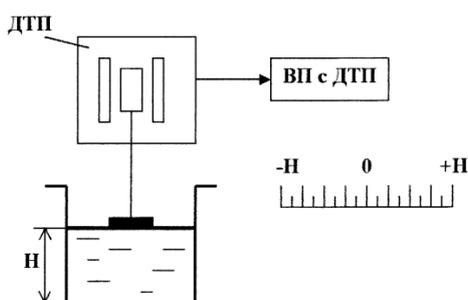
$$P_2 = \rho \cdot g \cdot h + P_1;$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h$$

Перепад давлений не зависит от разрежения или избыточного давления.

### 2. Поплавковый уровнемер.

Является простым и надежным устройством. Широко используется для измерения уровня жидкости в различных резервуарах, находящихся под атмосферным или небольшим избыточным давлением. В качестве чувствительного элемента применяют поплавки или буюк. Поплавок – не погружаемый элемент уровнемера, а буюк погружаемый. Конструкции могут быть различными.



Поплавок соединен с ДТП посредством плунжера. С ДТП на ВИ поступает сигнал об изменении выходного напряжения вследствие перемещения плунжера соответственно уровню воды в резервуаре. На среднем уровне сигнал равен нулю.

Недостаток состоит в том, что поплавок затрудняет наполнение бака жидкостью.

#### Форма отчетности:

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

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Вывод.

#### Задания для самостоятельной работы:

Определить достоинства, недостатки каждого измерительного прибора.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, Хомченко В.Г, Моисеев В.Б. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. - 442с.

#### Дополнительная литература

1. Темгеновская Т.В. Технические измерения и приборы: Методические указания.- Братск: БрГУ, 2009.-45с.

## Вопросы к защите

- 1) Принцип действия приборов.
- 2) Основные метрологические характеристики приборов.
- 3) Конструкция приборов.
- 4) Методы измерения
- 5) Достоинства, недостатки приборов.

## **Лабораторная работа №4** **Измерение расхода**

### Цель работы.

Изучить приборы, измеряющие расход жидкости.

Задание: 1. С помощью действующих макетов изучить принцип действия, конструкцию расходомеров с сужающим устройством, напорных трубок.

2. определить метрологические характеристики приборов.

3. определить достоинства, недостатки приборов.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: выполнить задание и разобрать конкретную ситуацию по применению данных приборов в лесопромышленном производстве.

### Ход работы.

#### 1. Расходомеры с сужающим устройством.

Принцип действия основан на измерении потенциальной энергии измеряемого вещества при прохождении через искусственно суженое сечение трубопровода.

Расходомер состоит из:

- 1) сужающего устройства;
- 2) дифманометра для измерения разности статических давлений среды до и после сужающего устройства;
- 3) соединительных линий (двух трубок).

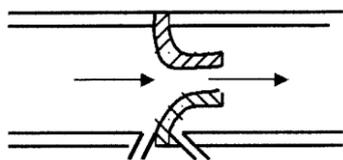
Сужающие устройства устанавливают в трубопроводе для уменьшения диаметра трубопровода с целью сжатия струи.

#### *Типы сужающих устройств.*

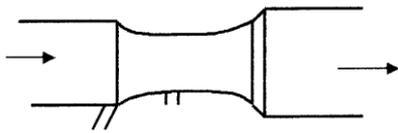
1. Диафрагма— тонкий диск с отверстием круглого сечения.



2. Сопло- в виде насадки с круглым отверстием, имеющей плавно сужающуюся часть на входе и развитую цилиндрическую часть на выходе. Обеспечивает достаточно полное сжатие струи, а вихреобразования за соплом вызывают меньшую потерю энергии, чем у диафрагмы.

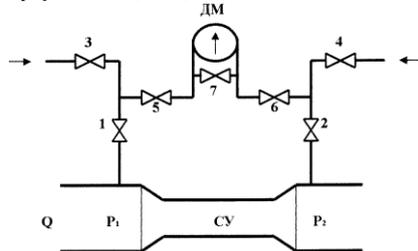


3. Сопло Вентури состоит из цилиндрического входного участка, плавно сужающейся части, переходящей в короткий цилиндрический участок и из расширяющейся конической части - диффузора. В этом типе сужающего устройства благодаря наличию диффузора потери давления значительно меньше. Отбор давлений осуществляется с помощью двух кольцевых камер, каждая из которых соединяется с внутренней полостью сопла Вентури группой равномерно расположенных по окружности отверстий.



### Схема измерения расхода жидкости.

Дифманометр рекомендуется устанавливать ниже сужающего устройства. Это исключает при измерении возможность попадания газа. Если дифманометр установлен выше сужающего устройства, то предусматривают газосборники с вентилями для продувки.



1. Открывают уравнивательный кран 7 для проверки нуля.
2. Открывают запорные вентили 1 и 2, при этом вытесняя воздух жидкостью или газом.
3. Открывают краны подключения 5 и 6 дифманометра к сети.
4. Открывают продувочные краны 3 и 4. Промывают или прочищают краны при необходимости.

Расчетные формулы:  $Q = A * \sqrt{\Delta P}$ , где

A — постоянный коэффициент.

$A = f(\alpha, \mu, \rho, d)$ .

$\alpha$  - зависит от типа сужающего устройства;

$\mu$  - зависит от измеряемой среды;

$\rho$  - плотность измеряемой среды;

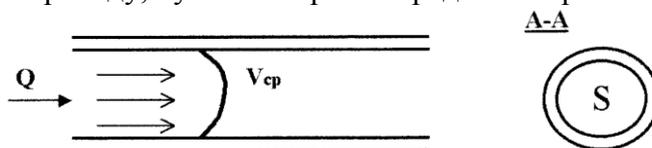
d - диаметр сужающего устройства;

$\Delta P$  - перепад давления.

Перепад давления измеряется с помощью дифманометра. Выбор и установка сужающего устройства выполняется по специальным методикам.

### 2. Скоростные расходомеры.

Предназначены для измерения расхода и количества вещества, проходящего по трубопроводу, путем измерения средней скорости потока вещества.



$$Q_{об} = g_{cp} * S$$

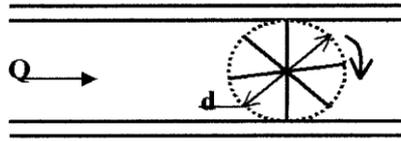
S - поперечное сечение потока.

По принципу действия скоростные расходомеры делятся на 3 вида:

- 1) скоростной счетчик;
- 2) напорные трубки;
- 3) анемометры.

#### 2.1. Скоростной счетчик.

Применяют для измерения количества и расхода вещества. Чувствительным элементом является вертушка с лопастями, приводимая во вращение потоком жидкости



Ось вертушки при помощи передаточного механизма (редуктора), уменьшающего частоту вращения, связана со счетным устройством прибора. Вертушка усредняет скорость жидкости, она совершает N оборотов за время t

$$n = N/t - \text{частота оборотов.}$$

$$v_{cp} = \frac{N}{t} * \pi * d,$$

Зная, что  $Q_{об} = g_{cp} * S$   $g_{cp} = n * c$ , где  $c = \pi * d$ .

$\pi * d$ - длина окружности;

$$Q_{об} = n * c * S = n * c_1, \quad d - \text{диаметр вертушки.}$$

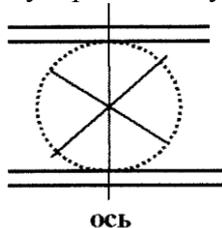
$$n = f(Q_{об}).$$

С основанием вертушки соединяют счетчик числа оборотов, который суммирует N.

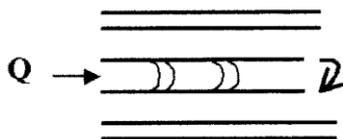
Скоростные счетчики изготавливают для измерения количества холодной (до 30 °С) и горячей воды до 90 °С при давлении до 1 МПа. Вертушка выполняется из пластмассы или металла.

По форме вертушки счетчики разделяют на крыльчатые и турбинные.

*Крыльчатые* предназначены для установки в горизонтальных трубопроводах при измерении малых расходов воды (до 9,5 м<sup>3</sup>/час). Ось крыльчатки расположена перпендикулярно потоку.



*Турбинные* счетчики воды могут устанавливаться в любом положении при измерении больших расходов (до 150 м<sup>3</sup>/час). Они имеют лопасти вертушки в виде многоходового винта с большим шагом. Винт направлен параллельно потоку.



Область применения скоростных счетчиков: водопроводные, коммунальные, тепловые сети для учета отпускаемого потребителю количества горячей и холодной воды. Недостаток- загроможден проход жидкости.

## 2.2.Напорные трубки.

Используются для измерения расхода жидкости или газа путем измерения средней скорости потока, которая определяется через динамическое давление в потоке.

$$P_{дин} = P_{пол} - P_{стат.}$$

$P_{пол}$ —полное давление потока.

Статическое давление не зависит от скорости движения жидкости, а зависит от массы жидкости.

Статическое давление действует между слоями жидкости. Динамическое давление зависит от скорости жидкости. Оно создано напором жидкости.

$$g_{cp} = 1,41 * K * \sqrt{\frac{P_{дин}}{\rho}}$$

K — коэффициент напорной трубки (зависит от размеров трубопровода и конструкции датчиков).

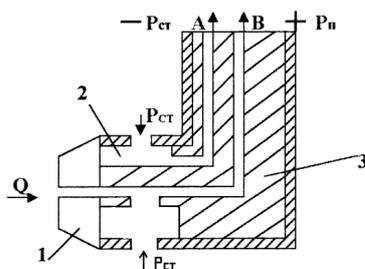
$$Q = g_{cp} * S$$

Для измерения напора ( $P_{дин}$ ) в качестве датчика используется напорная трубка.

1- центральный канал.

2- кольцевая камера.

3- отборная часть трубки.



Центральный канал устанавливается параллельно оси трубопровода концом навстречу потоку, вследствие чего через торцевое отверстие передается полное давление среды. В камерах 1 и 2 возникает соответственно полное и статическое давление под действием движущей силы. Если к выводам А и В подсоединить дифманометр, то он измерит перепад давлений:

$$\Delta P = P_{полн} - P_{стат.}$$

$$Q_{об} = 1,41 * K * \sqrt{\frac{P_{дин}}{\rho}} * S$$

Обычно  $P_{дин}$  небольшое, поэтому при малых скоростях потока в качестве вторичных приборов, работающих с напорными трубками, применяются микроманометры и жидкостные тягонапо-ромеры с наклонной трубкой, а при высоких скоростях - жидкостные дифманометры. Эту трубку применяют на вязких жидкостях, не загрязненных механическими примесями, так как она засоряется.

#### Форма отчетности:

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

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Вывод.

#### Задания для самостоятельной работы:

Определить достоинства, недостатки каждого измерительного прибора.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, Хомченко В.Г, Моисеев В.Б. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. - 442с.

#### Дополнительная литература

1. Темгеновская Т.В. Технические измерения и приборы: Методические указания.- Братск: БрГУ, 2009.-45с.

#### Вопросы к защите

- 1) Принцип действия приборов.
- 2) Основные метрологические характеристики приборов.

- 3) Конструкция приборов.
- 4) Методы измерения
- 5) Достоинства, недостатки приборов.

### Лабораторная работа №5

#### Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве

##### Цель работы.

Рассмотреть системы автоматического управления, применяемые в лесной промышленности.

Задание: 1. Изучить технологический процесс.

2. рассмотреть функциональную схему автоматизации.

3. осуществить выбор преобразователя.

Вид занятия в интерактивной, активной форме: выполнить задание и рассмотреть определенную систему автоматического управления в лесопромышленном производстве.

##### Ход работы.

**1.** В качестве системы автоматического управления выбрали автоматизированную систему управления технологическим процессом в сушильной камере.

В камерах периодического действия сушка включает: прогрев материала, сушку, теплообработку, конечную обработку и охлаждение. В камерах непрерывного действия он характеризуется фазами: прогрев материала с нарастанием жесткости режима и переходом в сушку, конечная обработка и охлаждение.

В деревообрабатывающей промышленности применяют большое число видов сушильных камер, отличающихся принципом действия, емкостью, конструкцией. Существующие лесосушильные камеры имеют различную скорость агента сушки как по высоте, так и по длине штабеля.

Поэтому при определении их параметров важно знать распределение температур и скорость циркуляции сушильного агента по сечению и длине камеры. Эти данные необходимы для выбора контрольных точек и получения достоверной информации о ходе процесса. В зависимости от типа камер отклонения температуры и психрометрической разности в различных точках камеры могут достигать 5—10° и более, поэтому правильный выбор точек контроля и особенно интенсивная равномерная циркуляция сушильного агента позволяют создать рациональный режим сушки.

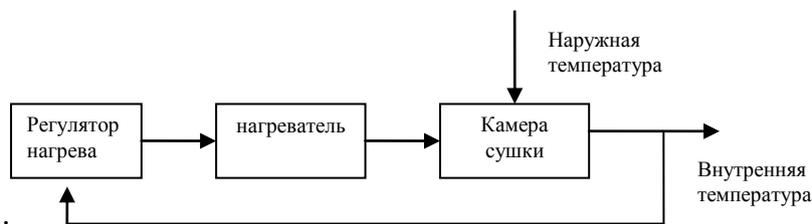
Основным показателем, характеризующим режим сушки, является психрометрическая разность, допускаемые отклонения которой определяют допустимые отклонения температуры, так как обычно режим регулируется по показаниям «сухого» и «мокрого» термометров.

Исходя из анализа режимов сушки пиломатериалов допустимые динамические отклонения от средней психрометрической разности составляют  $+ 1,5 \div 2$  °С, ГОСТ 19773—74 допускает погрешность температуры, равную  $\pm 2$  °С. Пределы изменения влажности в камере 20—100 %, пределы изменения температуры 0—150 °С. В качестве датчиков в системах контроля применяют медные ТСМ и платиновые ТСП термометры сопротивления.

Первоочередная задача автоматического регулирования процесса сушки — стабилизация режима. Для этого устанавливают регуляторы, обеспечивающие поддержание температуры и относительной влажности на заданном уровне. Тип регулятора и параметры настройки выбирают с учетом статических и динамических свойств сушильных камер и требований, предъявляемых к системе регулирования.

Основным фактором, препятствующим интенсификации процесса сушки древесины, является внутреннее напряжение древесины. Превышение критических значений этих напряжений в процессе сушки приводит к образованию трещин и короблению, что резко ухудшает качественные характеристики сырья. Полные внутренние напряжения, наблюдаемые в поперечном сечении высушиваемого сортамента, равны алгебраической сумме влажностных напряжений и остаточных напряжений от необратимых деформаций. Динамическое развитие внутренних напряжений в процессе сушки.

В начальный период сушки переход влажности  $AW$  по сечению сортамента интенсивно нарастает и соответственно быстро растут влажностные напряжения  $\sigma_{вл}$  в результате усушки поверхностных слоев. В этот период полные напряжения  $\sigma_{полн}$  имеют знак влажностных, так как остаточные  $\sigma_{ост}$  напряжения растут незначительно. Точность регулирования температуры и влажности в этот период должна быть высока настолько, чтобы полные напряжения  $\sigma_{полн}$  не превысили предел прочности древесины  $\sigma_{др}$ ,  $\sigma_{полн} < \sigma_{др,доп}$ . После достижения влажностными напряжениями максимальных значений начинается следующий этап сушки, для которого характерно значительное уменьшение влажностных напряжений  $\sigma_{вл}$ . С некоторого момента времени  $t$   $\sigma_{полн}$  начинают принимать знак остаточных напряжений и монотонно приближаться к значению последних. На этом этапе сушки менее жестки требования к точности регулирования температуры и влажности, что следует учитывать при выборе регуляторов и систем автоматического регулирования. Определение динамических характеристик, связывающих входные и выходные параметры, может быть выполнено аналитически или экспериментально.



2. Для выбранной системы автоматического управления составить функциональную схему

Функциональная схема – схема системы автоматического регулирования и управления, составленная по функции, которую выполняет данный элемент.

Например, для камеры сушки пиломатериалов, основными регулируемыми параметрами являются влажность высушенных лесоматериалов и температура агента сушки. На эти параметры влияют количество (объем)  $V$  и габариты  $L$ , порода  $\Pi$ ,  $W_H$  влажность сырых лесоматериалов, количество теплоты  $Q_1$  или температура теплоносителя (пара)  $t_a$  и скорость циркуляции сушильного агента  $\Phi$ .

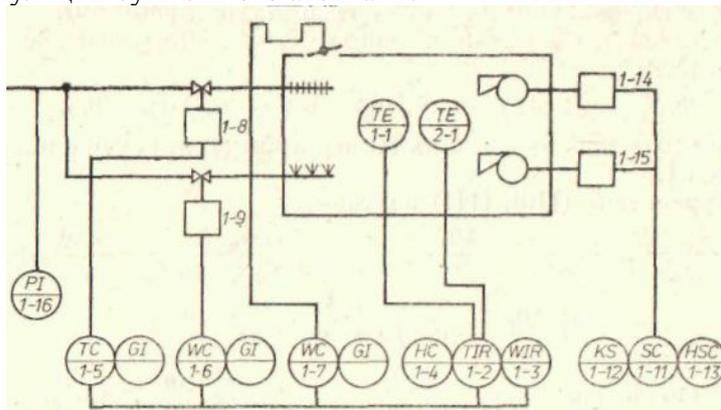


Рис. 1. Функциональная схема автоматической системы контроля и регулирования параметров сушильной камеры

Процесс сушки протекает при взаимосвязанности параметров. Объект обладает большой емкостью, незначительным запаздыванием и медленным изменением нагрузки, когда  $\tau/T < 0,2$ . Наиболее рациональными системами регулирования являются позиционные системы. Автоматическое управление сушки древесины в сушильных камерах ограничивается применением систем автоматического регулирования параметров: сушильного агента (температуры и влажности), высушиваемого материала (по влажности пиломатериалов), усадки.

Наиболее широко применяется система автоматической стабилизации (регулирования) температуры сушильного агента  $t_c$  и его влажности  $W_c$ .

### 3. Выбор измерительного элемента

Измерение производится с помощью специальных технических средств измерений (СИ). СИ, предназначенное для автоматического измерения тех или иных физических величин, называют **приборами автоматического контроля или контрольно-измерительными приборами (КИП)**.

КИП состоит из первичного измерительного преобразователя и вторичного измерительного прибора.

**Первичный преобразователь** (датчик) предназначен для преобразования измеряемой физической величины, воздействующей на его вход, в сигнал, удобный для дистанционной передачи и дальнейшей обработки во вторичном приборе. Часть первичного преобразователя, находящегося под непосредственным воздействием измеряемой величины, называется **чувствительным элементом**. В зависимости от вида измеряемой величины датчики имеют соответствующие названия: термометры (для измерения температуры), манометры (для измерения давления), уровнемеры (для измерения уровня вещества) и т.д.

#### Форма отчетности:

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

1. Цель работы

2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Вывод.

Задания для самостоятельной работы:

Определить достоинства, недостатки данной системы автоматического управления.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

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

Основная литература

1. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, Хомченко В.Г, Моисеев В.Б. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2015. - 442с.

Дополнительная литература

1. Темгеновская Т.В. Технические измерения и приборы: Методические указания.- Братск: БрГУ, 2009.-45с.

Вопросы к защите

- 1) Функциональная схема автоматизации.
- 2) Основные метрологические характеристики выбранных измерительных приборов.
- 3) Конструкция приборов.
- 4) Методы измерения
- 5) Достоинства, недостатки приборов.

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

Информационно-коммуникационные технологии - преподаватель использует для получения информации при подготовке к занятиям.

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

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

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР</i>
1	2	3	4
Лк	Лаборатория локальных систем автоматизации	Технические средства автоматизации: датчики температуры, давления, расхода, уровня.	Лк 1-8
ЛР	Лаборатория технических средств автоматизации	Исследовательские стенды для измерения давления, температуры.	ЛР 1-5
СР	ЧЗ1, ЧЗЗ		

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

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-10	способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	<b>1.Автоматизация технологических процессов.</b>	1.1 Элементы автоматизации. Виды автоматизации. Классификация систем автоматического управления	Экзаменационные билеты
		<b>2.Измерение температуры, давления. Методы. Средства автоматизации.</b>	2.1.Измерение температуры. Классификация приборов. Термометры расширения. Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Вторичные приборы.Пирометры. 2.2.Измерение давления. Виды давлений. Классификация приборов.Деформационные манометры. МЭД с ДТП. Метран ДИ, Метран ДД.	Экзаменационные билеты
		<b>3.Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации.</b>	3.1.Измерение уровня. Методы измерения. Гидростатические, поплавковые,ультразвуковые уровнемеры. 3.2.Измерение расхода. Методы измерения. Ультразвуковые, ротаметры, объемные, напорные трубки, с сужающим устройством расходомеры	Экзаменационные билеты
		<b>4.Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве</b>	4.1. Автоматизированные системы управления отрасли. Примеры	Экзаменационные билеты

## 2. Вопросы к экзамену

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-10	способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	1.1 Элементы автоматизации.	1. Автоматизация технологических процессов.
			1.2 Виды автоматизации.	
			1.3 Классификация систем автоматического управления	
			2.1 Измерение температуры.	2. Измерение температуры, давления. Методы. Средства автоматизации.
2.2 Классификация приборов для измерения температуры.				
2.3 Термометры расширения.				
2.4 Термоэлектрические термометры.				
2.5 Термометры сопротивления.				
2.6 Пирометры.				
2.7 Вторичные приборы для измерения температуры				
2.8 . Измерение давления. Виды давлений.				
2.9 Классификация приборов для измерения давления.				
2.10 Деформационные манометры.				
2.11 МЭД с ДТП				
2.12 Метран ДИ,				
2.13 Метран ДД				
3.1 Измерение уровня. Методы измерения.	3. Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации.			
3.2 Гидростатические уровнемеры.				
3.3 Поплавковые уровнемеры.				
3.4 Ультразвуковые уровнемеры.				
3.5 Измерение расхода. Методы измерения.				
3.6 Ультразвуковые расходомеры				
3.7 Ротаметры				
3.8 Объемные расходомеры.				
3.9 Напорные трубки				
3.10 С сужающим устройством расходомеры.				
4.1 Автоматизированные системы управления отрасли. Примеры.	4. Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве			

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b>                      - методы измерения технологических параметров,                      - средства измерения технологических параметров,                      - методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b>                      - контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий,                      - обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процесса измерения.</p> <p><b>Владеть:</b>                      - способностью обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления,                      - методами контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности.</p>	<b>отлично</b>	Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>– всестороннее систематическое знание программного материала;</li> <li>– правильное выполнение практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– правильное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
	<b>хорошо</b>	Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточно полное знание программного материала;</li> <li>– выполнение с несущественными ошибками практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– применение с несущественными ошибками основных положений программного материала.</li> </ul>
	<b>удовлетворительно</b>	Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>– частичное знание программного материала;</li> <li>– частичное выполнение практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– частичное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
	<b>неудовлетворительно</b>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>– существенные пробелы в знании программного материала;</li> <li>– принципиальные ошибки при выполнении практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– невозможность применения основных положений программного материала.</li> </ul>

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

Дисциплина Методы и технические средства автоматизации направлена на изучение технических средств автоматизации, методов контроля технологических параметров в сфере профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины предусматривает:

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

В ходе освоения раздела 1 «Автоматизация технологических процессов» студенты должны научиться различать виды автоматизации в сфере профессиональной деятельности, проводить классификацию систем автоматического управления.

В ходе освоения раздела 2 «Измерение. Методы. Средства автоматизации» студенты должны знать методы, средства автоматизации, приборы, измеряющие температуру, давление.

В ходе освоения раздела 3 «Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации» студенты должны знать методы, средства автоматизации, приборы, измеряющие уровень, расход.

В ходе освоения раздела 4 «Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве» студенты должны знать различные автоматизированные системы управления, применяемые в лесопромышленном производстве.

В процессе проведения лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о различных средствах автоматизации, методах и приборах для измерения различных технологических параметров.

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

К экзамену допускаются студенты, которые выполнили и оформили все лабораторные работы.

Оценка знаний, умений, навыков осуществляется в процессе промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, которая осуществляется в виде экзамена. Для оценивания знаний, умений, навыков используются ФОС по дисциплине, содержащие, вопросы к экзамену.

**АННОТАЦИЯ  
рабочей программы дисциплины**

**Методы и технические средства автоматизации**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: формирование у обучающихся знаний и умений практического использования основных элементов автоматики и систем автоматического регулирования в лесопромышленном производстве на основе современных технических средств автоматизации.

Задачи дисциплины: формирование у обучающихся знаний, умений, навыков необходимых для автоматизации технологического процесса.

**2. Структура дисциплины**

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часов, 4 зачетных единицы

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Автоматизация технологических процессов
2. Измерение температуры, давления. Методы. Средства автоматизации
3. Измерение уровня, расхода. Методы. Средства автоматизации
4. Автоматизированные системы управления в лесопромышленном производстве.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-10 - способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.

**4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_\_-20\_\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование от «20» октября 2015 г. № 1170 для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413; для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413; для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413.

**Программу составил:**

Плотников Николай Павлович, доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ВиПЛР от « 25 » декабря 2018 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой ВиПЛР \_\_\_\_\_ Иванов В.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ Иванов В.А.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией лесопромышленного факультета от « 27 » декабря 2018 г., протокол № 4.

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ Сыромаха С.М.

Начальник учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Нежевец Г.П.

Регистрационный № \_\_\_\_\_

(методический отдел)