Министерство образования Иркутской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Иркутской области
«Усть-Ордынский аграрный техникум»

СОГЛАСОВАНО
на заседании МК
Протокол № ___ от «___» ____ 2017 г
Председатель М.К
_____ Н.В. Кизима

УТВЕРЖДАЮ
Зам директора по УПР
_____А.И. Графин
«___»_____2017 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических занятий
по междисциплинарному курсу
«Слесарное дело и технические измерения»

ПМ 01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта»

По профессии: **Автомеханик**
Шифр профессии: 23.01.03.

Усть-Ордынский
2017

Методические указания разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля по профессии среднего профессионального образования по профессии Автомеханик

В методических указаниях представлены инструкции по выполнению практических занятий по МДК 01.01 «Слесарное дело и технические измерения» ПМ 01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта».

Наименование практических занятий

Практическое занятие № 1. Настройка измерительных инструментов.
Практическое занятие № 2. Измерение температуры.
Практическое занятие № 3. Измерения давления.
Практическое занятие № 4. Измерение количества расходов жидкостей.
Практическое занятие № 5. Измерение количества расходов газов.
Практическое занятие № 6. Измерение уровня жидких материалов.
Практическое занятие № 7. Измерение уровня сыпучих материалов.
Практическое занятие № 8. Измерение геометрических размеров.
Практическое занятие № 9. Типы преобразователей.
Практическое занятие № 10. Акустические и ультразвуковые уровнемеры.
Практическое занятие № 11. Резьба и ее элементы.
Практическое занятие № 12. Нарезание резьбы.
Практическое занятие № 13. Инструменты, используемые при опиливании.
Практическое занятие № 14. Опиливание деталей.
Практическое занятие № 15. Сверление отверстий.
Практическое занятие № 16. Развертка отверстий.
Практическое занятие № 17. Шабрение плоских поверхностей.
Практическое занятие № 18. Шабрение цилиндрических поверхностей.
Практическое занятие № 19. Притирка плоских, цилиндрических поверхностей заготовок.
Практическое занятие № 20. Притирка конических и фасонных поверхностей заготовок.
Практическое занятие № 21. Выполнение операций паяния.
Практическое занятие № 22. Выполнение операций лужения.

Практическое занятие № 1

Тема: Настройка измерительных инструментов.

Цель работы: изучить конструкцию, настройку и приемы измерения микрометрами.

Общие положения

Типы микрометров:

МК – микрометры гладкие для измерения наружных размеров изделий;
МЛ – микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;
МТ – микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;
МЗ – микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК предназначены для измерения наружных размеров. Они выпускаются с пределами измерений: 0-25; 25-50 и т.д. через каждые 25 мм, а затем с 300-400; 400-500; 500-600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжаются установочными мерами 8 (рис. 12). Микрометры с верхним пределом измерений более 300 мм имеют подвижные пятки, обеспечивающие возможность измерений любого размера в пределах данного микрометра.

Порядок выполнения работы

Изучить конструкцию микрометра МК (рис.1, а).

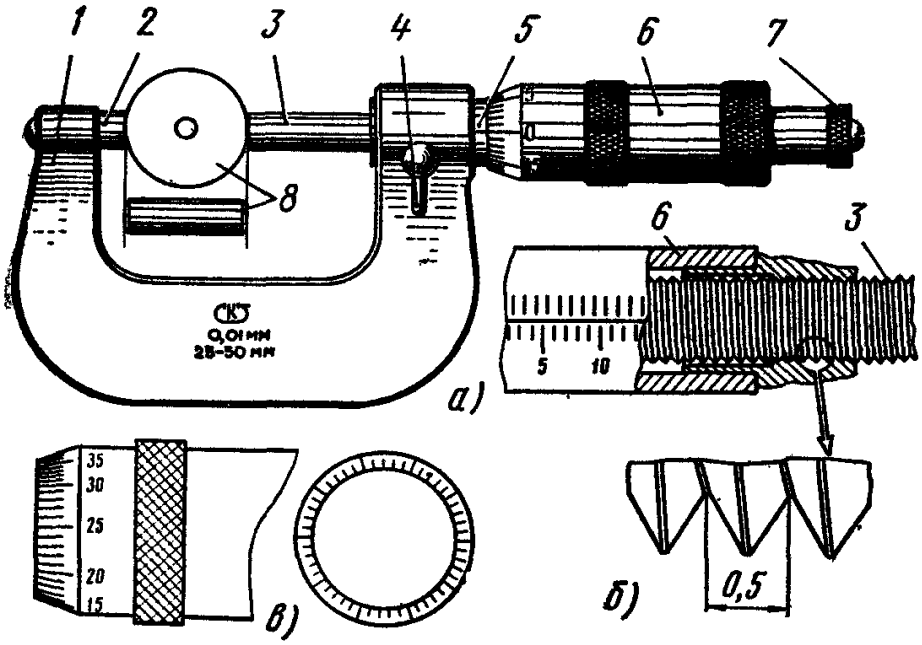


Рис. 1. Микрометр МК:
а – устройство, б – микрометрический винт, в – барабан; 1 – скоба, 2 – пятка, 3 – винт, 4 – стопор, 5 – стебель, 6 – барабан, 7 – трещетка, 8 – установочная мера

Ознакомиться с устройством и назначением нониуса (рис. 1, в):

-на наружной поверхности стебля 5 проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления;

-микрометрический винт 3, шаг которого равен 0,5 мм, связан с барабаном 6. Коническая часть барабана разделена по окружности на 50 равных частей (нониус на рис. 1, в);

за один оборот микрометрический винт 3 перемещается вдоль оси на шаг резьбы (рис.1, б). При повороте на одно деление микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на 1/50 шага, т.е. 0,5:50=0,01 мм, являющейся ценой деления микрометра.

Установка нулевого положения нониуса (рис. 2):

-нулевое положение микрометра проверить перед измерением: у правильно отрегулированного микрометра пятка 2 и винт 3 (см. рис. 1) должны соприкасаться с

измерительными поверхностями установочной меры 8 или непосредственно между собой (при пределах измерения диаметра 0 – 25 мм), а нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, при этом скос барабана должен открывать нулевой штрих стебля (рис.2, а).

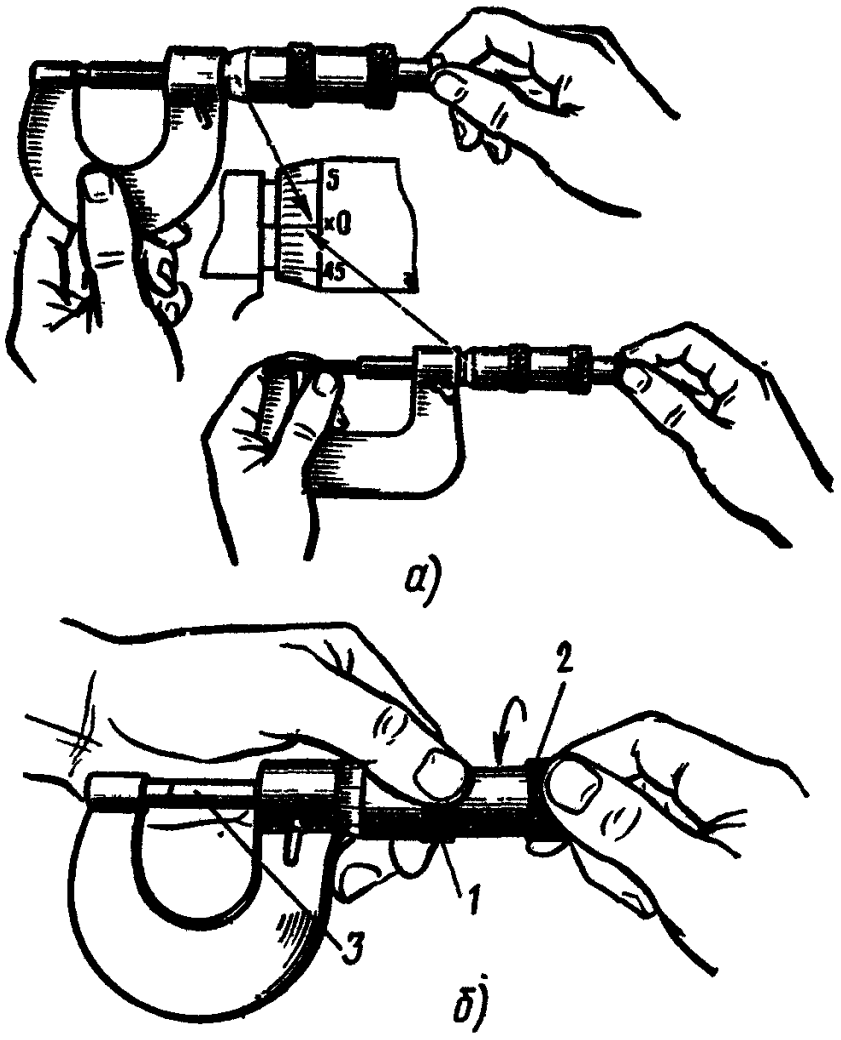


Рис. 2. Установка нулевого положения микрометра МК

При несовпадении штрихов микрометр следует отрегулировать:

-застопорить микрометрический винт 3 при сведенных измерительных плоскостях; ослабить колпачок 2, связывающий барабан с микроскопическим винтом, придерживая левой рукой за поясок 1 (рис. 2,б);

-освободить барабан от сцепления с винтом и провернуть его до совпадения нулевого штриха на скосе барабана с продольным штрихом стебля (рис. 2,а);

-закрепить барабан на винте с помощью колпачка.

Измерение микрометром МК:

-протереть измерительные поверхности мягкой тканью или бумагой (рис. 3, а – б); установить микрометр на размер, несколько больший проверяемого;

-взять микрометр (рис. 3, в) левой рукой за скобу 1 (посередине), а измеряемую деталь 3 поместить между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4;

-пальцами правой руки плавно вращать трещотку 5, слегка прижимать торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до соприкосновения его поверхностью проверяемой детали, пока трещотка 5 не начнет провертываться и пощелкивать;

-при измерении детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис.3, г).

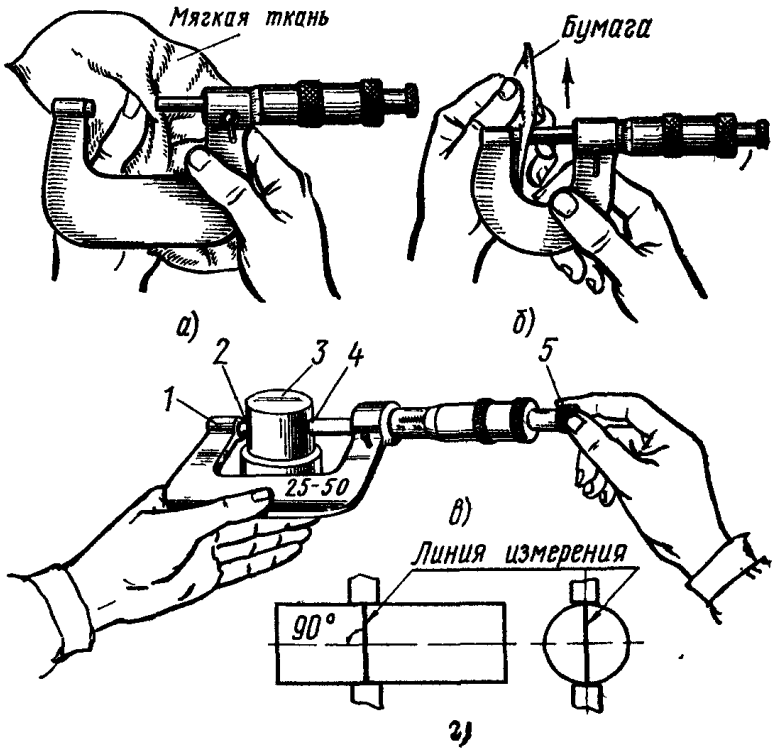


Рис. 3. Измерения микрометром МК:
а,б – протирка рабочих частей, в – прием установки микрометра, г – линия измерения

Чтение показаний микрометра:

-при чтении показаний микрометр держать прямо перед глазами (рис.4, а);

-целое число миллиметров отсчитывать по нижней шкале, половины миллиметра – по верхней шкале стебля, а сотые доли миллиметра отсчитывать по делениям шкалы барабана, по штриху, совпавшему с продольной риской на втулке;

-на рис. 4, б приведены примеры отсчетов.

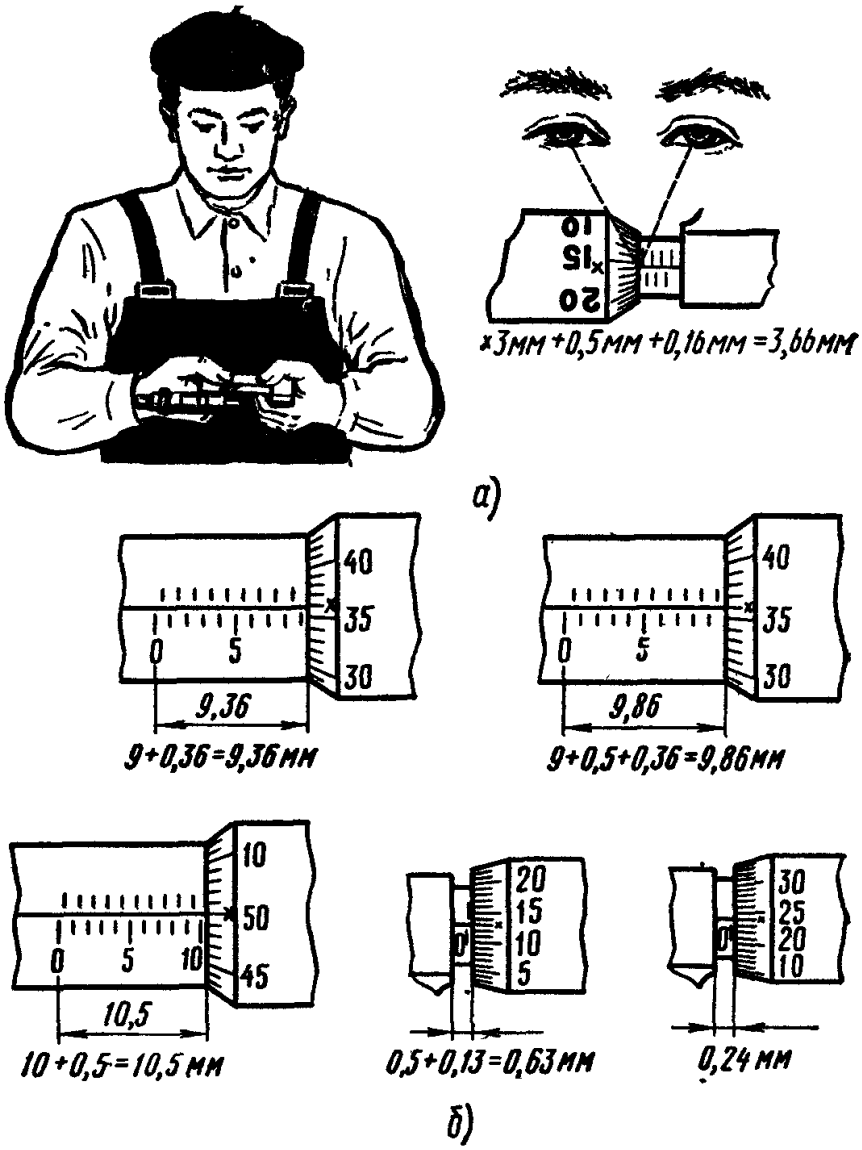


Рис. 4. Работа с микрометром:
а – чтение показаний, б – примеры отсчета

Контрольные вопросы:

1.Как нужно обращаться с измерительными инструментами?

2.Назовите инструменты и приборы для точных измерений?

3.Почему точность измерительного инструмента должна быть выше, чем точность изготовления детали, которая этим инструментом проверяется?

Практическое занятие № 2

Тема: Измерение температуры.

Цель работы: Изучить принцип действия, конструкции, область применения датчиков температуры.

Общие положения

Для измерения температуры при контроле влажностно-тепловых процессов производства используют различные приборы-термометры. Эти приборы градуируются в градусах (°С).

Для измерения температуры контактным методом используются следующие термометры:

- расширения, измеряющие температуру по тепловому расширению жидкостей (жидкостные) или твердых тел (дилатометрические, биметаллические);
- манометрические, использующие зависимость между температурой и давлением

газа (газовые) или насыщенных паров жидкости (конденсационные), а также между температурой и объемом жидкости (жидкостные) в замкнутом пространстве термосистемы;

- термоэлектрические, действие которых основано на измерении термоэлектродвижущей силы (термо-э.д.с.), развиваемой термопарой (спаем) из двух разнородных проводников;
- сопротивления, использующие зависимость электрического сопротивления проводника от его температуры.

Для измерения температуры бесконтактным методом используют пирометры:

- яркостные, измеряющие температуру по яркости накаленного тела в заданном узком диапазоне длин волн;
- радиационные, измеряющие температуру по тепловому действию суммарного излучения нагретого тела (во всем диапазоне длин волн);
- цветовые, принцип действия которых основан на измерении отношений энергий, излучаемых телом в разных спектральных диапазонах.

По характеру получения информации различают пирометры для локального измерения температуры в данной точке объекта и для анализа температурных полей - тепловизоры.

Жидкостные стеклянные термометры расширения. Измерение температуры жидкостными стеклянными термометрами основано на различии коэффициентов объемного расширения жидкости и стеклянной оболочки термометра. Пределы измерения жидкостных стеклянных термометров - от -120 °С до +650 °С. Для наполнения термометров используют различные термометрические жидкости: ртуть, этиловый спирт, керосин, петролейный эфир, пентан.

По конструктивному исполнению жидкостные стеклянные термометры выпускаются трех типов:

1.Термометры палочные (тип А). У этого типа термометров толстостенный массивный капилляр переходит в резервуар, который изготовлен из стекла или припаян к нему в виде заготовки заданной конфигурации. Деления шкалы нанесены на наружной поверхности капиллярной трубки. Такую конструкцию имеют большинство образцовых термометров.

2.Термометры со шкалой, вложенной внутрь стеклянной оболочки (тип Б). У этого типа термометров капилляр впаян в оболочку, из стекла которой сформирован чувствительный элемент - резервуар. Шкала изготовлена из стекла молочного цвета, из алюминия или бумаги. Такие термометры получили наибольшее распространение.

3.Термометры с наружной шкальной пластиной (тип В). Этот тип термометров изготовлен в виде капиллярной трубки, прикрепленной к шкальной пластине или оправе, на которых нанесена шкала. Такие термометры применяют в основном для измерения температуры воздуха в производственных или бытовых помещениях.

По способу получения информации об изменении температуры термометры подразделяются на контрольные (предназначены для визуального отсчета показаний) и контактные (предназначены для замыкания или размыкания цепей электрического тока с целью поддержания постоянной температуры или сигнализации о достижения температурой заданного значения).

Контактные термометры (электротерморегуляторы) изготовляют как с заданной температурой контактирования, так и с магнитной регулировкой положения контакта, обеспечивающей сигнализацию или поддержание температуры в любой точке предела измерения термометра.

Некоторые типы жидкостных стеклянных термометров расширения показаны на рис.1. Помимо термометров специального назначения в промышленности для контроля температуры влажностно-тепловых процессов используют термометры промышленные, лабораторные и метеорологические.

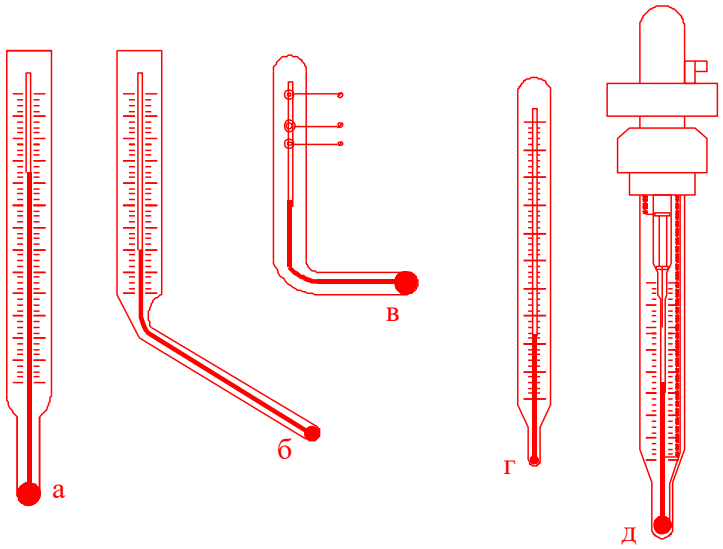


Рис.1. Жидкостные стеклянные термометры расширения
а, б - технические с вложенной шкалой прямой и угловой; г - лабораторный химический с вложенной шкалой; в - электротерморегулятор палочный двух контактный угловой; д - электротерморегулятор с магнитной регулировкой контакта;

Некоторые из этих термометров (ТС-11, ТМ-4, ТМ-6) применяют для измерения влажности воздуха психрометрическим методом.

Все контактные термометры и термоконтакторы заполняются ртутью.

Перед установкой на технологическом оборудовании жидкостные стеклянные термометры расширения должны пройти стендовую поверку: внешний осмотр, поверку показаний и постоянства показаний.

При внешнем осмотре проверяют: целостность стеклянной оболочки термометра и капилляра; закрепление шкалы (не должна перемещаться) и четкость надписей на ней; отсутствие разрывов столбика жидкости в капилляре и следов испарившейся жидкости на его стенках; состояние выводов электрических контактов для электроконтактных термометров.

При поверке жидкостных стеклянных термометров расширения используют термостат, в который помещают поверяемый термометр и образцовый термометр более высокого класса точности. Показания отсчитывают после легкого постукивания по термометрам.

Постоянство показаний термометра поверяют путем поверки положения его нулевой точки перед основной поверкой и сразу после нее, т.е. после нагрева термометра до максимальной температуры. Постоянство показаний термометров, не имеющих нулевой точки, поверяют по нижней оцифрованной отметке шкалы.

К числу устранимых дефектов жидкостных стеклянных термометров расширения относят разрыв столбика жидкости в капилляре и наличие следов испарившейся жидкости на стенках капилляра. Для устранения этого дефекта термометр подвергают шестикратному нагреванию до максимальной температуры. Если при этом налет на стенках капилляра не исчезнет или обнаружится неустранимый разрыв столбика жидкости, то термометр заменяют новым. В некоторых случаях удается устранить дефекты связанные с окислением контактов или разрывами электрической цепи электроконтактных термометров.

Жидкостные стеклянные термометры расширения, у которых при стендовой поверке выявляются неустранимые дефекты, признают негодными для дальнейшего использования и не ремонтируют.

При установке на технологических аппаратах и трубопроводах жидкостные стеклянные термометры обычно помещают в защитные металлические оправы (рис.2).

Для уменьшения тепловой инерционности пространство между внутренней стенкой кармана оправы и нижней части термометра заполняют медными опилками или заливают минеральным маслом.

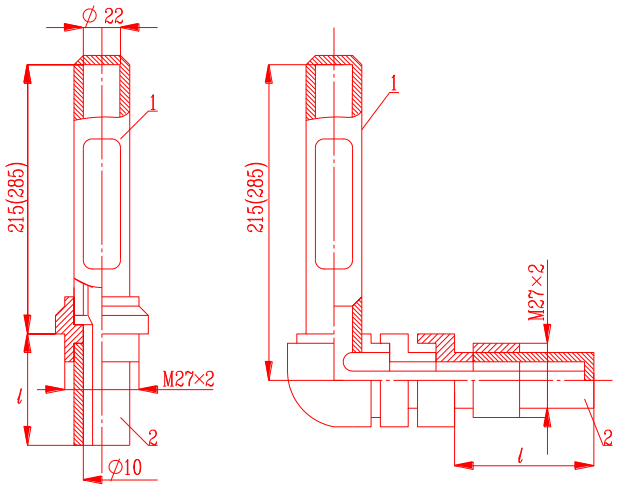


Рис.2. Защитные оправы для жидкостных термометров:
1 -чехол; 2 - карман; l - длина нижней части (глубина погружения) оправы.

При установке термометра его нижнюю часть полностью погружают в измеряемую среду, на прямом участке трубы термобаллон термометра располагают в центре потока, при монтаже на изгибе трубопровода ось термобаллона должна совпадать с осью трубопровода, а сам термобаллон должен быть направлен навстречу потоку. Для установки термометров на трубопроводах диаметром менее 57 мм используют различные расширители.

Манометрические термометры. Манометрические термометры предназначены для дистанционного измерения температуры газов (воздуха, аммиака, углекислого газа, сероводорода, метана и др.), паров жидкостей.

К преимуществам манометрических термометров по сравнению с аналогичными преобразователями другого принципа действия относят возможность дистанционного измерения параметров без использования источников дополнительной энергии; простоту конструкции и большую надежность при эксплуатации; равномерность шкалы; взрывобезопасность; отсутствие чувствительности к внешним электромагнитным полям.

Манометрические термометры (рис.3) состоят из герметично замкнутой термосистемы (термобаллон, соединительный дистанционный капилляр, упругий чувствительный элемент) и показывающего или записывающего устройства. В зависимости от заполнителя термосистемы манометрические термометры изготовляют трех видов: газовые - с азотом; жидкостные - с полиметилсилоксановыми жидкостями; конденсационные (парожидкостные) - с ацетоном, метилом, хлоридом фреона.

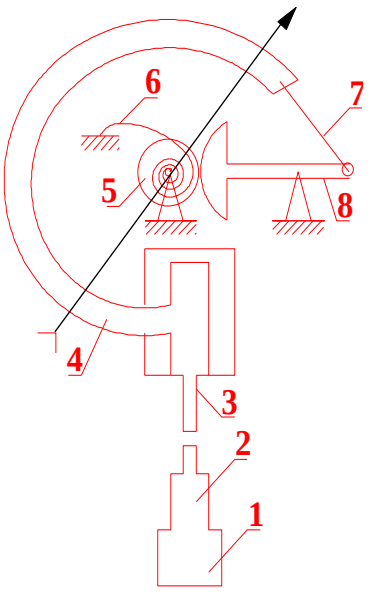


Рис.3. Схема устройства манометрического термометра:

1 -термобаллон; 2 - хвостовик; 3 - капилляр; 4 - манометрическая трубка (пружина); 5 - зубчатое колесо, соединенное со стрелкой; 6 - спиральная пружина, служащая для устранения люфта в зубчатом зацеплении; 7 - тяга; 8 - зубчатый сектор.

Показатель тепловой инерции - это время, необходимое для того, чтобы при внесении термометра в среду с постоянной температурой разность между показаниями термометра и температурой среды составила 37 % от первоначального значения этой разности. Величина тепловой инерции увеличивается с возрастанием длины дистанционного капилляра.

Дистанционный капилляр изготовлен из латуни или сталей Х18Н10Т и Х18Н10Т-М. Для защиты от механических повреждений капилляр помещен в оболочку из полиэтилена или оцинкованной стальной ленты.

Термобаллон металлических термометров снабжен жестким трубчатым хвостовиком различной длины, позволяющим погружать его в измеряемую среду на необходимую глубину, которая оговаривается при заказе термометра. Для присоединения термобаллона к установке служит штуцер из стали А20 или Х18Н10Т.

При погружении термобаллона в среду под давлением свыше $64 \cdot 10^5$ Па, а также в случае, если смена термобаллона может повлечь за собой остановку аппарата, рекомендуется применять защитную гильзу, выдерживающую давление $250 \cdot 10^5$ Па. Для снижения тепловой инерции пространство между гильзой и термобаллоном заполнено металлическими опилками или жидкостью с температурой кипения более высокой, чем верхний предел измерений.

Контрольные вопросы

1. Какие виды датчиков температуры изучаются в данной практической работе?
2. Принцип действия и устройство жидкостных термометров расширения.
3. Принцип действия и устройство манометрических термометров.

Практическое занятие № 3

Тема: Измерения давления

Цель работы: изучить устройство и принцип работы манометров различных типов конструкций, выполнить тарировку пружинного манометра.

Общие положения

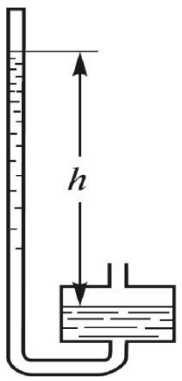
Приборы для измерения давлений классифицируют по различным признакам. По характеру измеряемого давления приборы разделяют на следующие классы:

По характеру измеряемого давления приборы разделяют на следующие классы:

1) барометры - приборы для измерения атмосферного давления:
2) манометры - приборы для измерения избыточного давления;
3) вакуумметры - приборы для измерения вакуума;
4) мановакуумметры - приборы для измерения как избыточного давления, так и вакуума;
5) манометры абсолютного давления - приборы для измерения абсолютного (полного) давления;
6) дифференциальные манометры - приборы для измерения разности давлении.

По принципу действий приборы различают:

а) жидкостные:
б) механические:
в) электрические;
г) комбинированные.



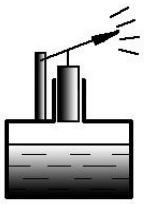
Простейшим прибором для измерения избыточного давления является *пьезометр*. Он представляет собой вертикально установленную прозрачную стеклянную трубку с открытым верхним концом *(рис. 1)*.

Измерения по пьезометру проводят в единицах длины, поэтому иногда давления выражают в единицах высоты столба определенной жидкости. Пьезометр высотой 1,5-2 м позволяет измерить давление до 0,15-0,20 атм.

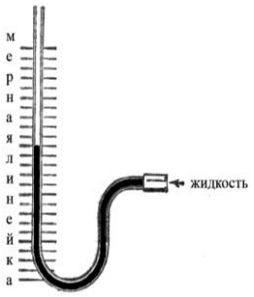
Основным достоинством пьезометра является простота устройства и точность измерения. Основным недостатком пьезометра является малый диапазон измеряемых давлений. При больших давлениях пьезометр становится слишком громоздким. К недостаткам пьезометра также можно отнести хрупкость.

Избыточное давление в жидкостях или газах измеряется манометрами. Это весьма обширный набор измерительных приборов различной конструкции и различного исполнения

На рисунке 2 показана схема действия поршневого манометра. При увеличении давления в сосуде жидкость или газ по закону Паскаля передаёт это давление на нижнюю поверхность поршня, заставляя его тем самым подниматься или опускаться. Поршень связан через систему рычагов с указательной стрелкой.



Другой тип манометра — это открытый (жидкостный) манометр *(рис. 3.)* Он состоит из U-образной трубки, наполненной ртутью или другой жидкостью. Работа основана на законе сообщающихся сосудов и на уравновешивании измеряемого давления газа давлением столба жидкости (ртути, воды и т. д.). В один конец трубки подается давление. Жидкость в другой трубке поднимается до тех пор, пока измеряемое давление не будет в точности равно давлению, вызываемому разностью уровней жидкости в двух коленах трубки. Зная эту разность высот можно рассчитать давление.

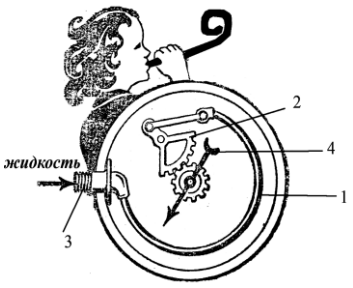


Недостатком такого манометра является то, что величина давления зависит от ускорения свободного падения в данном месте. Не всегда такой манометр градуируется в паскалях, часто бывает удобным измерять давление в единицах высоты столба данной жидкости — в миллиметрах ртутного столба, водяного столба (1 мм вод. ст. - 9,8 Па; 1 мм рт. ст. = 133,3 Па)

Одним из простых приборов для измерения повышенных и высоких давлений является трубчатый манометр или манометр Бурдона Главная составная часть его — изогнутая по дуге латунная труба 1 овального сечения *(рис. 4).*

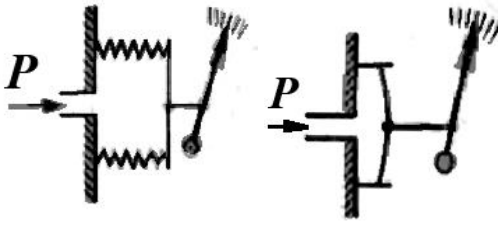
Жидкость или газ, производя давление изнутри трубки, выпрямляет ее, по аналогии со знакомой каждому детской игрушкой «тёщин язык».

Жидкость или газ подается в штуцер 3, соединенный с трубкой 1. Трубка, распрямляясь, приводит в движение систему зубчатых колес и рычагов 2, которые поворачивают стрелку 4; чем больше давление, тем на больший угол повернется стрелка. Угол поворота стрелки пропорционален измеряемому давлению. Шкала, нанесенная на циферблате, градуирована в единицах давления. Обычно манометр калибруется в кГ/см^2. Такие манометры применяются при измерении давления воздуха, пара, газов и жидкостей. Манометры для измерения давления в шинах автомобиля часто бывают типа манометра Бурдона.



Основным недостатком приборов является непостоянство их показаний, вследствие постепенных изменений упругих свойств пружинящего элемента, возникновения остаточной деформации, износа передаточного механизма. Поэтому такие приборы необходимо периодически проверять

Таким образом, это *деформационный манометр*.



К деформационным относятся также *мембранные* и *сильфонные* манометры (рис. 5)

Главной частью мембранного манометра является гибкая круглая плоская пластина способная получить прогиб под действием давления.

Сильфонные манометры (сильфон) представляют собой тонкостенную цилиндрическую оболочку с поперечными гофрами,

способную получать значительное перемещении под действием давления. Для увеличения жесткости внутрь сильфона часто помещают пружину. Сильфоны изготавливают из бронзы, углеродистой стали, алюминиевых сплавов. Серийно производят бесшовные и сварные сильфоны диаметром от 8-10 до 80-100 мм. Сильфоны более чувствительны, чем мембранные манометры и имеют больший диапазон измерений.

Основными достоинствами приборов являются большой диапазон измеряемых давлений, простота устройства и применения, портативность и универсальность.

Основным недостатком приборов является непостоянство их показаний, вследствие постепенных изменений упругих свойств пружинящего элемента, возникновения остаточной деформации, износа передаточного механизма. Поэтому такие приборы необходимо периодически проверять.

Грузопоршневой манометр представляет собой эталонный прибор, по которому производят тарировку всех остальных манометров (рис. 6).

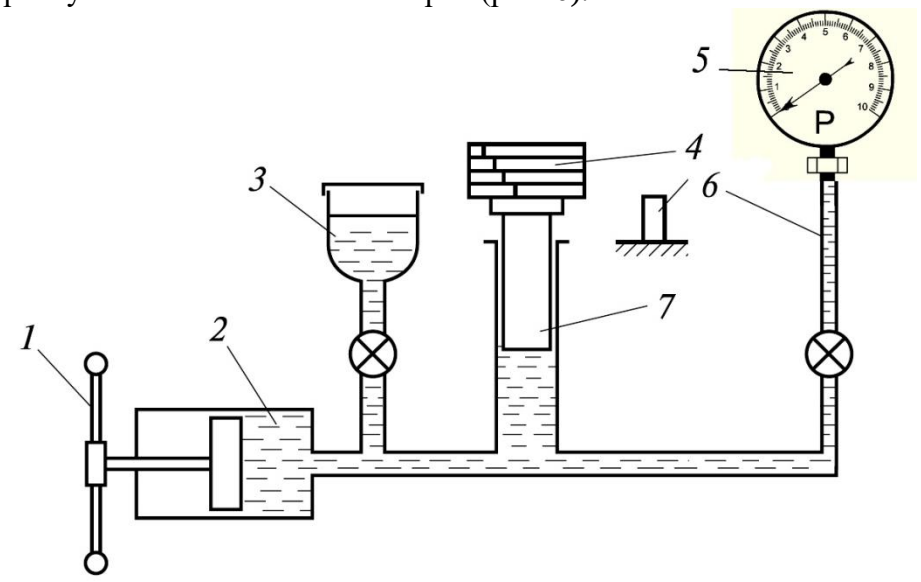


Рис. 6. Схема грузопоршневого манометра
1-регулятор настройки, 2-насос, 3-резервуар, 4-образцовые грузы, 5-приёмник давления, 6-указатель подъёма, 7-поршень.

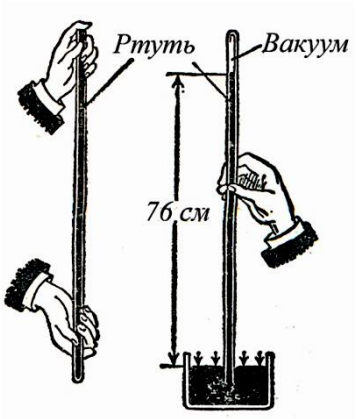
Помимо описанных выше приборов, для измерения давления существуют еще многие типы манометров, применяемые и специальных случаях.

Для измерений очень высоких давлений (выше 2 000 кгс/см^2) применяются манганиновые манометры, где используется эффект изменения электрического сопротивления манганиновой проволоки от давления

Для измерения быстро изменяющихся давлений могут быть выбраны пьезокварцевые манометры, где используется явление возникновения электрических зарядов при сжатии кварца. Для этой же цели используются тензометрические манометры; в этом случае тензометрический датчик наклеивается на трубку, давление в которой надо измерить

На практике помимо измерения избыточного давления стоит задача определения атмосферного (абсолютного) давления.

Прибор для измерения атмосферного давления называется *барометр.*



Одним из таких приборов является ртутный или чашечный барометр Торричелли (рис.7).

Он представляет собой полую стеклянную трубку, один конец которой запаян. Трубка заполняется ртутью, отверстие трубки закрывается пальцем, переворачивается и погружается закрытым концом в чашку с ртутью, после чего трубка открывается. Ртуть в трубке опускается до определенного уровня и прекращает движение, уравновешиваясь силой атмосферного давления действующую на поверхность ртуть в

чашке. Высота столба жидкости соответствует значению давления в миллиметрах ртутного столба (мм рт.ст.). В качестве жидкости может применяться вода. Значение давления в этом случае будет измеряться в миллиметрах водного столба (мм вод.ст.).

Достоинством этого барометра является большая чувствительность и точность измерения давления. Недостатком этого прибора является то, что он имеет большую длину трубки, должен располагаться вертикально, а ртуть очень ядовита. Этим затрудняется его эксплуатация.

На практике применяются *барометры-анероиды* (без жидкости). Внешний вид, устройство и схема работы показаны на рис. 8.

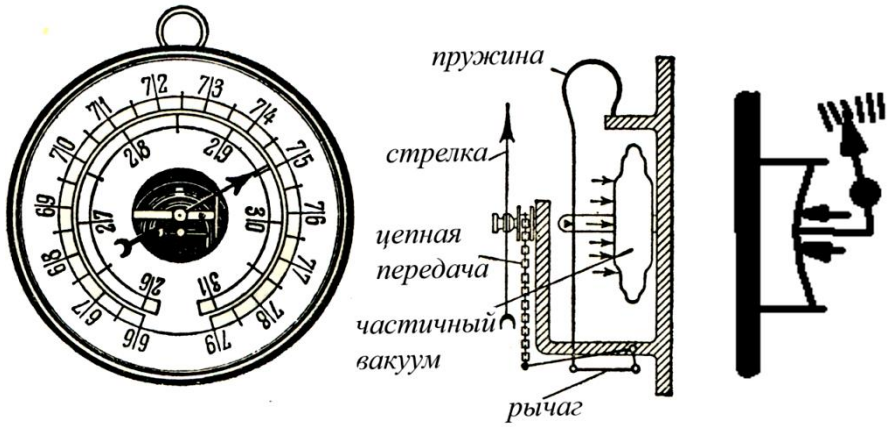


Рис 8. Внешний вид, устройство и схема работы барометра-анероида

Барометр-анероид состоит из круглой коробочки с гофрированной крышкой из тонкого металла. Воздух из коробочки частично выкачан.

При увеличении давления крышка вдавливается, а при уменьшении снова распрямляется. Эти небольшие колебания усиливаются во много раз при помощи рычагов и цепочки, соединенной с валиком, который поворачивает указатель, или стрелку. Прибор обычно калибруется в мм рт.ст.

Барометр может также быть как мембранным, так и сильфонным.

Поскольку давление воздуха при подъеме над поверхностью Земли убывает приблизительно на 1 мм рт.ст. через каждые 11м, абсолютный манометр можно использовать для определения высоты. Барометр-анероид, предназначенный для этой цели и градуированный в метрах (километрах) высоты, называется *альтиметром*.

Контрольные вопросы

1.Чем отличается манометр от барометра? Поясните устройство, принцип работы одного из барометров (по усмотрению преподавателя)

2.Что общего в работе трубчатого, мембранного и сильфонного манометров? Поясните принцип работы одного из них.

3.По каким признакам классифицируют приборы для измерения давления?

4.Назовите основные виды жидкостных манометров. Поясните устройство, принцип работы одного из манометров (по усмотрению преподавателя).

Практическое занятие № 4

Тема: Измерение количества расхода жидкостей

Цель работы: Ознакомиться с устройством и принципом работы приборов для измерения расхода жидкостей.

Общие положения

Расход бывает массовый M = [кг/с] , или объемный Q = [$м^3$/с].

Расходомерами называются такие приборы, которые измеряют расход вещества, т. е. количество вещества, протекающего по трубопроводу в единицу времени.

Существует 2 способа замера расходов. Эти способы применяются, когда замеряются малые расходы.

1.Объемный.

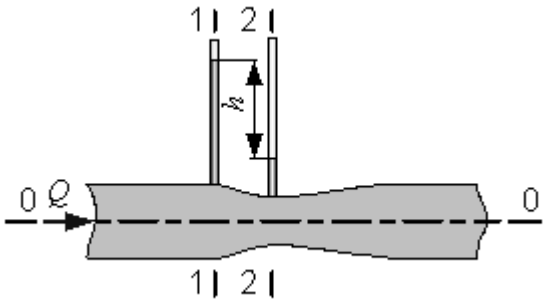
При проведении объемного расхода замеряется объем жидкости вытекший за определенное время.
2.Весовой.
При проведении весового расхода замеряют массу жидкости вытекшую за определенное время.

2. Замер расхода расходомерами переменного перепада давления — приборами, принцип действия которых основан на измерении перепада давления на установленном внутри трубопровода сужающем устройстве; этот перепад давления служит мерой расхода протекающего по трубопроводу вещества.

Принцип измерения расхода расходомером переменного перепада давления основан на том, что в зависимости от расхода вещества изменяется перепад давления на неподвижном сужающем устройстве, установленном в трубопроводе или элементе трубопровода (например колено).

Расходомеры переменного перепада давления состоят из трех элементов: сужающего устройства, дифференциального манометра для измерения перепада давления и соединительных линий с запорной и предохранительной арматурой.

Рис.5 Труба Вентури.



Применяются следующие стандартные сужающие устройства: диафрагмы, сопла, сопла Вентури и трубы Вентури.

Установленное в трубопроводе сужающее устройство приводит к увеличению скорости в суженом сечении. В результате часть потенциальной энергии давления переходит в кинетическую, поэтому статическое давление в суженом сечении становится меньше статического давления, перед сужающим устройством. Перепад давлений зависит от скорости движения жидкости, а значит, и от расхода.

Для вывода основного уравнения расхода жидкости, протекающей через сужающие устройства, используется уравнение Д. Бернулли, составленное для сечений 1–1 и 2–2. Сечение 1–1 выбирается перед сужающим устройством, а сечение 2–2 – в сжатом сечении. Плоскость сравнения проводится по оси трубопровода. Потери напора между сечениями не учитываются.

В этом случае уравнение Бернулли имеет вид

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2}{2g} \qquad (9)$$

Принимая во внимание $\square_1 = \square_2 = 1$, используя уравнение неразрывности

$$\vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2 \qquad (10)$$

и учитывая, чтоМесто для формулы.

$$\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = h \qquad (11)$$

решается уравнение относительно ϑ_1:

$$\vartheta_1 = \frac{\sqrt{2\,g}}{\sqrt{\left(\frac{\omega 1}{\omega 2}\right)^2 - 1}}\sqrt{h} \quad (12)$$

Теоретический расход в трубопроводе определяется по формуле

$$Q_\text{Т} = \vartheta_1 \omega_1 = \frac{\omega_1 \sqrt{2\,g}}{\sqrt{\left(\frac{\omega 1}{\omega 2}\right)^2 - 1}}\sqrt{h} \qquad (13)$$

Выражение $\frac{\omega_1 \sqrt{2\,g}}{\sqrt{\left(\frac{\omega 1}{\omega 2}\right)^2 - 1}}$ зависит только от геометрических размеров данного расходомера и является постоянной величиной:

$$\frac{\omega_1 \sqrt{2\,g}}{\sqrt{\left(\frac{\omega 1}{\omega 2}\right)^2 - 1}} = \text{C} \qquad (14)$$

Тогда уравнение расхода примет вид

$$Q_\text{Т} = \text{C}\sqrt{h} \qquad (15)$$

где C – постоянная расходомера.

При выводе зависимости (15) не учитывались потери энергии, поэтому фактический расход $Q_\text{ф}$ будет меньше теоретического. Это несоответствие расходов характеризуется коэффициентом расхода

$$\mu = \frac{Q_\text{ф}}{Q_\text{Т}} \qquad (16)\ .$$

Окончательная формула для определения расхода принимает следующий вид:

$$Q_\text{ф} = \mu\,\text{C}\sqrt{h} = \text{A}\sqrt{h} \qquad (17)$$

Где A – коэффициент расхода расходомера,

$$\text{A} = \mu\,\text{C} \qquad (18).$$

3. Определить расход можно по скорости. Известно

$$Q = \vartheta\ \omega \qquad (19)$$

Определив скорость в исследуемом сечении можно определить расход потока в этом сечении. Для замеров скорости в некоторой точке потока (как в небольших открытых потоках, в трубах, но главным образом, при лабораторных исследованиях) применяют трубку Пито. Если такую трубку установить в открытом потоке, например в канале, где давление на свободной поверхности жидкости равно атмосферному, то, высота *h* поднятия жидкости в трубке над поверхностью потока представит собой величину скоростного напора

$$\mathbf{h} = \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (20)$$

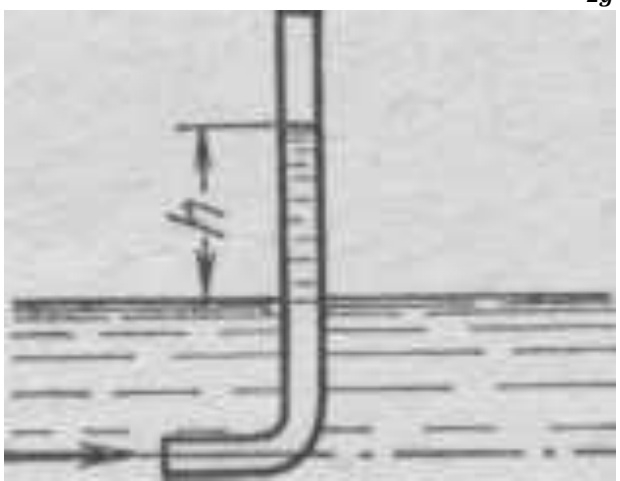


Рис.6. Трубка Пито

Откуда скорость движения жидкости определяют скорость движения открытого потока

$$\vartheta = \sqrt{2g\,h} \qquad (21).$$

Действительная скорость вследствие неизбежных потерь напора в самой трубке и некоторого нарушения потока, вызываемого введением в него инородного тела, оказывается несколько больше и определяется по формуле

$$\vartheta = a\sqrt{2g\,h} \qquad (21).$$

Где a —поправочный коэффициент, определяемый для каждой трубки опытным путем.

Дальнейшим развитием и усовершенствованием трубки Пито является устройство, применяемое для измерения скорости течения жидкости в напорных трубопроводах, состоящее из двух трубок (рис. 7), одна из которых а — обычный пьезометр показывающий пьезометрический напор $\frac{p}{\gamma}$, а другая b подобна трубке Пито и измеряет полный напор $\frac{\mathrm{p}}{\rho \mathrm{g}} + \frac{\vartheta^2}{2g}$. Разность уровней в обеих трубках h дает значение скоростного напора $\frac{\vartheta^2}{2g}$, по которому определяют скорость. Обычно обе трубки совмещаются в одном приборе, называемом трубкой Прандталя. Трубки могут быть подсоединены к дифференциальному манометру и сразу показывать h.

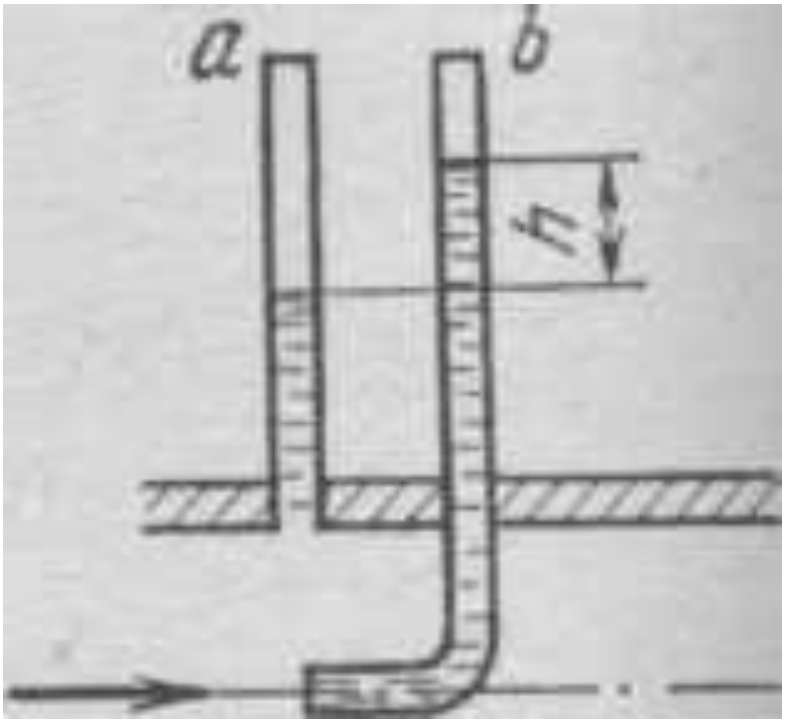


Рис.6. Трубка Прандталя.

3 . Замер расхода расходомерами обтекания — это приборы, принцип действия которых, основан на восприятии динамического напора, протекающего по трубопроводу вещества чувствительным элементом прибора (поплавком, поршнем, гидродинамической трубкой и т. п.), помещенным в поток; в результате этот чувствительный элемент перемещается, и величина перемещения служит мерой расхода.

4. Замер расхода расходомерами с непрерывным движением приемных устройств — приборами, чувствительный элемент которых под действием динамических усилий потока совершает вращательное или колебательное движения; скорость движения чувствительного элемента служит мерой расхода.

5. Замер расхода электрическими расходомерами — приборами, принцип действия которых основан на измерении изменяющихся в зависимости от расхода электрических параметров системы: измеряемое вещество —чувствительный элемент прибора, величина какого-либо выбранного для измерения электрического параметра служит мерой расход.
6. Замер расхода тепловыми расходомерами— это приборы, принцип действия которых основан на измерении, служащего мерой расхода количеств: тепла, отданного каким-либо нагретым элементом потоку вещества.
7. Замер расхода ультразвуковыми расходомерами — приборами, принцип действия которых основан на измерении параметров ультразвуковых колебаний, распространяющихся в потоке измеряемого вещества.

Погрешность способов и приборов измеряющих расход зависит от многих факторов (расположение прибора, условия замера, особенности гидравлической системы для которой производят замер и т.п.) – этим объясняется диапазон величины возможной погрешности, которая находится в пределах 0,5 – 4 %.