

## **Лекция № 3. Погрешности измерений.**

Обязательными компонентами любого измерения являются:

- физическая величина, значение которой нужно измерять;
- единица физической величины;
- метод измерения;
- условие измерения;
- наблюдатель (оператор, выполняющий измерения, или микроЭВМ при автоматизации измерений);
- результат измерения.

Результат измерения зависит от выбранного метода, условий измерений, качества средства измерения и квалификации наблюдения. Поэтому нельзя ожидать, что в результате измерения будет получено истинное значение измеряемой величины. Результат измерения  $X$  представляет собой лишь оценку измерений величины  $A_x$  в нем заключенная некоторая погрешность  $\Delta$ :  $A_x$  Откуда погрешность измерения, называемая **абсолютной** выражается в тех же единицах, что и истинное значение измеряемой величины  $A_x$ , поэтому его оценивают действительным значением  $A$  в качестве которого можно принимать результат измерения, выполненного образцовым средством измерения высшего разряда точности. Отношение абсолютной погрешности  $\Delta$  к действительному значению  $A$  или к результату измерения  $X$  (что практически удобнее, а в силу малости  $\Delta$  допустимо) называется относительной погрешностью измерения, которую обычно выражают в процентах.

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100 \approx \frac{\Delta}{A} \cdot 100.$$

Погрешность измерения  $\Delta$  является случайной величиной, она проявляется в непредсказуемых случайных изменениях результатов измерения одной и той же величины в неизменных условиях одним и тем же средством измерения, одним и тем же наблюдателем.

**Систематическая** погрешность  $\Delta_c$  остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины, в то же время, как **случайная** погрешность  $\overset{\circ}{\Delta}$  в тех же условиях изменяется случайным образом  $\overset{\circ}{\Delta}$ . Другими словами, систематическая составляющая погрешности является математическим ожиданием погрешности измерения.

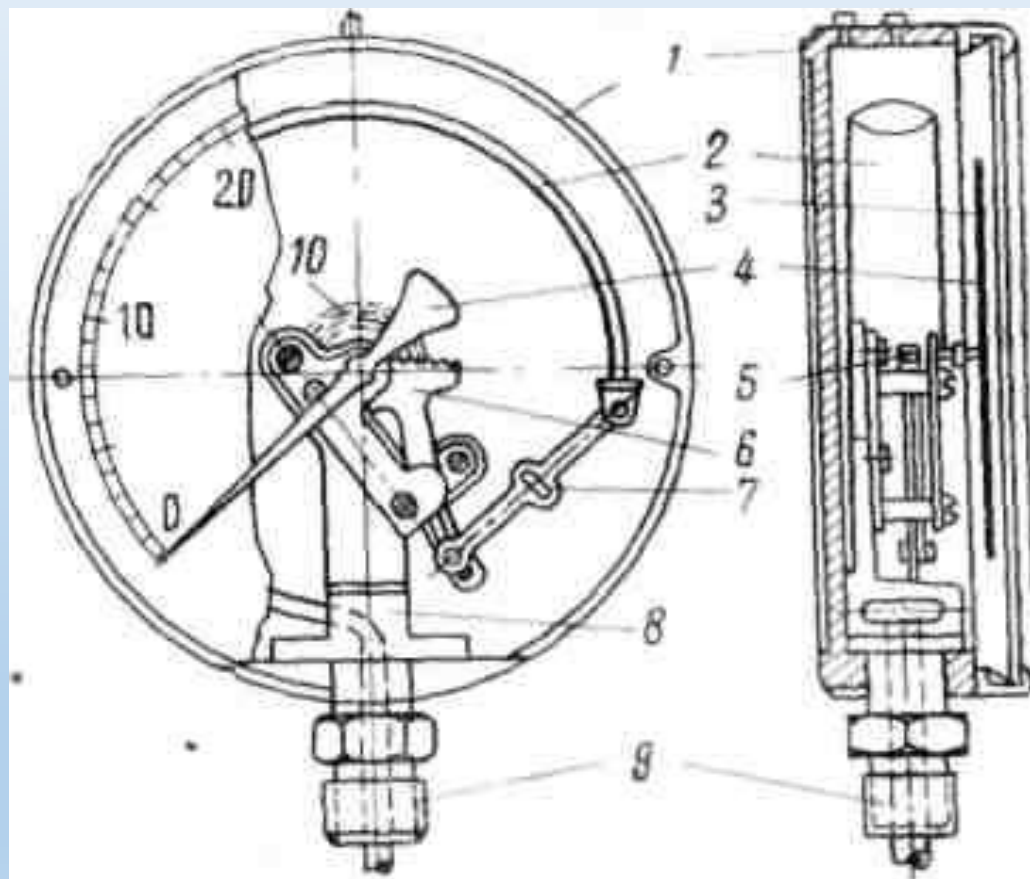
$$\Delta_c = M\{\Delta\}.$$

А случайная составляющая погрешности является случайной величиной с математическим ожиданием равным нулю

$$M\{\overset{\circ}{\Delta}\} = 0.$$

Как следует из определения, эти две составляющие абсолютной погрешности  $\Delta$  резко отличаются по своим свойствам, поэтому их анализ, способы оценки и уменьшение влияния совершенно различны.

# Пружинные манометры и вакуумметры



Для уменьшения зазоров в шарнирах и в зубчатой передаче ось стрелки связана с тонкой спиральной пружинкой (волоском) *10*, которая своей упругостью обеспечивает плотное соприкосновение трубки с секторным механизмом.

Под действием внутреннего давления сечение трубки стремится стать круглым. Возникающие напряжения в материале трубки создают момент, который выпрямляет трубку. Свободный конец трубки при этом описывает некоторую траекторию и заставляет сектор при помощи тяги повернуться на некоторый угол вокруг своей оси. Одновременно с сектором повернется трубка со стрелкой, которая покажет на шкале *3* величину давления. Перемещение свободного конца манометрической трубки в известных пределах пропорционально созданному в ней давлению и поэтому шкала такого манометра обычно равномерная.

Трубчатый вакуумметр устроен аналогично манометру. Если трубку соединить с пространством, в котором создано разрежение, то она будет скручиваться, ее свободный конец будет перемещаться не вверх, как при давлении, а вниз. Вследствие этого стрелка вакуумметра будет двигаться в обратном направлении по сравнению со стрелкой манометра, т. е. справа налево

## Электроконтактные манометры и вакуумметры.

В производственной практике давление в аппаратах не должно превышать некоторых пределов. Такие пределы давления определяются механическими качествами аппаратов и заданными условиями технологического процесса.

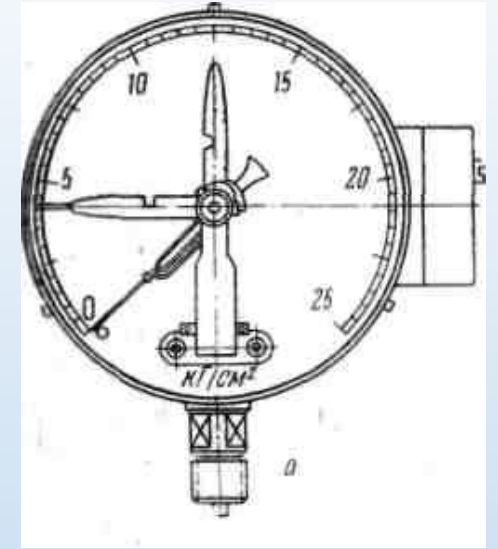
При отсутствии необходимого контроля или по недосмотру и халатности обслуживающего персонала давление в аппарате может подняться выше установленного предела. Отклонения давления, как правило, вызывают нарушение технологического процесса, чрезмерно быстрый износ аппаратуры, а иногда и серьезные аварии.

Поэтому часто применяют электроконтактные манометры, которые могут сигнализировать о достижении максимального, и минимального давления и передавать этот сигнал на расстояние.

Этот манометр обычного устройства, добавлены лишь специальные электроконтакты. Контакты делают в виде стрелок, монтируемых под стеклом манометра. По желанию, перестановка контактов может быть осуществлена на любое деление шкалы манометра вращением головки, выведенной на наружную сторону стекла.

Во избежание замыкания на корпус рабочая стрелка при помощи особого изолированного штифта ведет за собой вторую стрелку, которая и соприкасается с электроконтактами во время работы манометра.

Электроконтактные манометры и вакуумметры выпускаются трех модификаций: ЭКМ-1, ЭКМ-2 и ВЭ на различные пределы измерения. Основная допустимая погрешность показания и включения контактов не превышает  $\pm 2,5\%$  от верхнего предела измерения. Электрическая схема прибора питается от сети переменного тока напряжением до 220 в.



## Выбор и установка манометров.

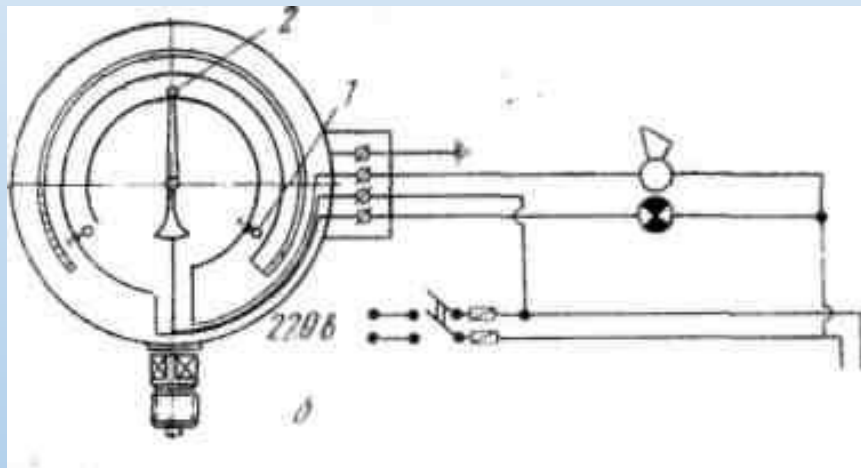
Прежде чем выбрать прибор для измерения давления, -необходимо составить полное представление о величине давления, характере его (т. е. является ли давление постоянным или переменным), а также о физико-химических свойствах измеряемой среды и внешних условиях измерения. По выяснении всех условий работы прибора выбирают его с учетом необходимой точности показаний. При этом всегда необходимо учитывать, какие при данных условиях могут возникнуть дополнительные погрешности, а не основываться только на точности, которую может обеспечить прибор при обычных условиях.

Условия применения манометров ограничиваются техническими условиями завода-изготовителя.

Для манометров предусматривают два вида нагрузки: 1) постоянную или плавно изменяющуюся и 2) колеблющуюся от нуля до максимума.

В зависимости от рода нагрузки допускаемые рабочие давления устанавливают по такому общему правилу: при постоянной или плавно изменяющейся нагрузке необходимо применять прибор для измерения давлений, находящихся в пределах от  $1/3$  до  $2/3$  шкалы, при резко колеблющейся нагрузке — от  $1/3$  до  $1/7$  шкалы прибора.

На алюминиевых заводах и особенно в глиноземном (гидрометаллургическом) производстве манометры непосредственно устанавливают на технологической аппаратуре, насосах, трубопроводах, автоклавах, пульпопроводах и т. п. Так как растворы, пульпы и другие среды агрессивны и имеют высокую температуру, то необходимо предусмотреть защиту трубчатых пружин и самих приборов от активного воздействия среды.



Манометры и вакуумметры электроконтактные типа ЭКМ-1, ЭКМ-2 и ВЭ