

Измерение давления

Преподаватель ВО УПЦ
Смирнов В.А.

Давление - сила, с которой молекулы вещества воздействуют на единицу ограничивающей ее поверхности.

– это давление внутри какой либо системы, под которым находится газ, пар или жидкость, отсчитываемое от абсолютного нуля.

создается массой воздушного столба земной атмосферы.

101325 Па (760 мм рт. ст.)
(физическая атмосфера)

**Оно имеет переменную величину, зависящую
от высоты местности над уровнем моря,
географической широты и метеорологических
условий**

определяется разностью между абсолютным давлением (P_a) и атмосферным давлением (P_v):

$$P_{изб.} = P_a - P_v ,$$

– это разность между атмосферным давлением и абсолютным давлением внутри вакуумной системы.

$$P_{\text{вак.}} = P_{\text{в}} - P_{\text{а}} ;$$

Паскаль – давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м².

1 кгс/см² = 735,563 мм рт. ст.

= 10000 мм вод. ст. = 98066,5 Па.
(техническая атмосфера)

	Па	кПа	МПа	кГс/см ²	физ.атм.	мм.рт.ст.	мм.вод.ст.	bar	psi
Па	1	0.001	0.000001	0.0000102	0.00000987	0.0075006	0.101972	0.00001	0.00014504
кПа	1000	1	0.001	0.0101972	0.00986923	7.50062	101.9716	0.01	0.1450377
МПа	10000000	1000	1	10.19716	9.86923	7500.62	101971.6	10	145.0377
кГс/см ²	98066.5	98.0665	0.0980665	1	0.967841	735.559	100000	0.980665	14.223344
физ.атм.	101325	101.325	0.101325	1.033227	1	760	10332.27	1.01325	14.6959
мм.рт.ст.	133.3224	0.1333224	0.00011333	0.0013595	0.00131579	1	13.6	0.00133322	0.019336
мм.вод.ст.	9.80665	0.00980665	0.00000981	0.0001	0.00009678	0.073556	1	0.00009807	0.00142233
bar	100000	100	0.1	1.019716	0.986923	750.062	10197.16	1	14.50377
psi	6894.757	6.894757	0.006894756	0.070307	0.068046	51.715217	703.07	0.0689476	1

— это давление, зависящее от запаса потенциальной энергии среды.

Оно может быть избыточным или вакуумметрическим, в частном случае может быть равно атмосферному.

— это давление, обусловленное скоростью движения потока среды.

Определяется оно через скоростной (динамический) напор по следующей формуле.

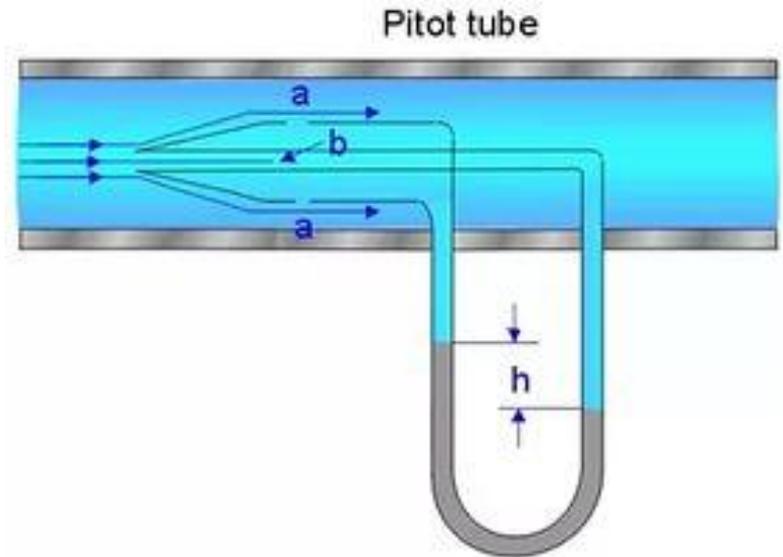
$$P_d = \rho v^2 / 2,$$

где P_d – динамическое давление; ρ – плотность среды; v – скорость движущегося потока.

движущейся среды складывается из статического ($P_{ст}$) и динамического ($P_{д}$) давлений:

$$P_p = P_{ст.} + P_{д.}$$





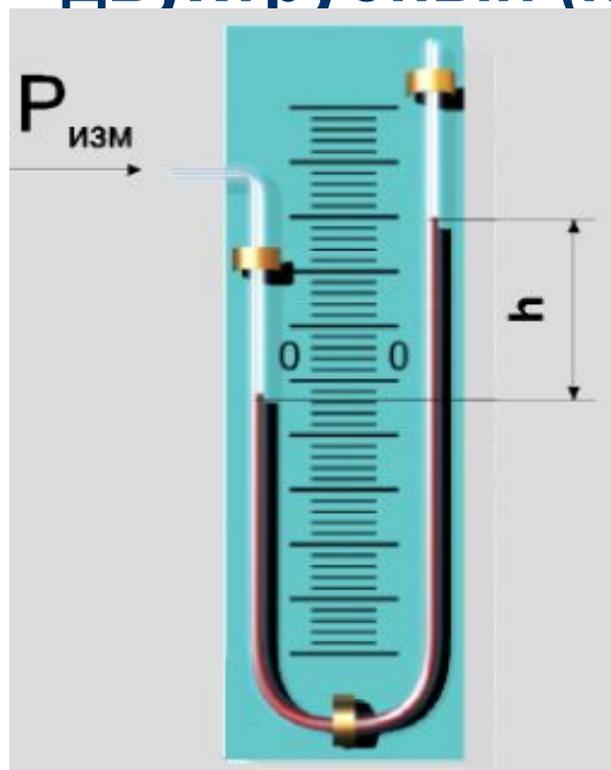
Средства измерения давления подразделяются на:

- **жидкостные;**
- **деформационные;**
- **грузопоршневые;**
- **электрические.**

Жидкостные средства измерения давления

Действие жидкостных средств измерения давления основано на гидростатическом принципе, при котором измеряемое давление уравнивается давлением столба затворной (рабочей) жидкости. Разница уровней в зависимости от плотности жидкости является мерой давления.

Простейшим прибором для измерения давления или разности давлений является двухтрубный (или U – образный) манометр,



представляющий собой согнутую стеклянную трубку, заполненную рабочей жидкостью (ртутью или водой) и прикрепленную к панели со шкалой.

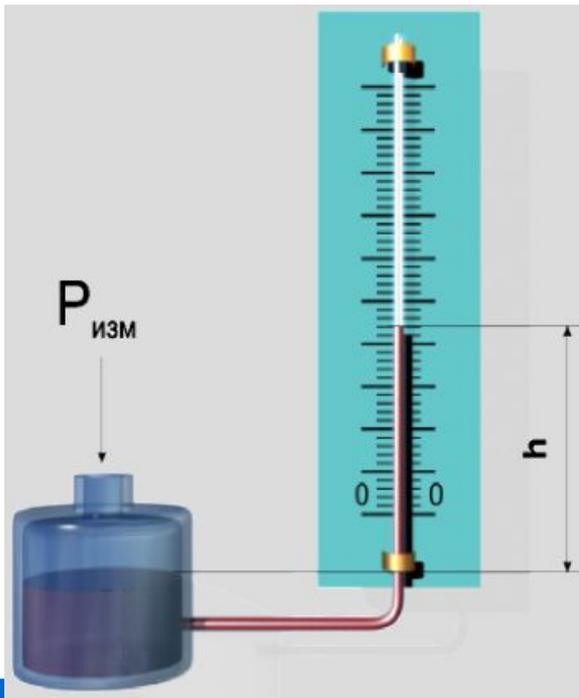
Один конец трубки соединяется с атмосферой, а другой подключается к объекту где измеряется давление. Его значение определится из выражения:

$$P = h \rho g,$$

где P – измеряемое давление;
 h – разность уровней жидкости, м;
 ρ – плотность жидкости , кг/м³;
 g – ускорение силы тяжести, м/с².

Верхний предел измерения двухтрубных манометров составляет **1...10 кПа** при приведенной погрешности **0,2...2%**.
Точность измерения будет определяться точностью отсчета величины **h** , точностью определения плотности рабочей жидкости **ρ** и не зависеть от **сечения трубки**.

Более удобным средством измерения давления является однотрубный (чашечный) манометр, в котором одна из трубок заменена сосудом, диаметр его, как правило, в 20 раз больше диаметра трубки.



Принцип действия манометра аналогичен рассмотренному выше, однако давление или разряжение будет определяться по формуле:

$$P = h \rho g (1 + d^2/D^2) = h \rho g (1 + f/F);$$

где d, D – диаметры трубки и сосуда соответственно, м;
 f, F – сечения трубки и сосуда, м²;

Так как соотношение диаметров или сечений трубки и сосуда значительны, понижением уровня h (сосуда) при измерении давления можно пренебречь и отсчет вести только по трубке.

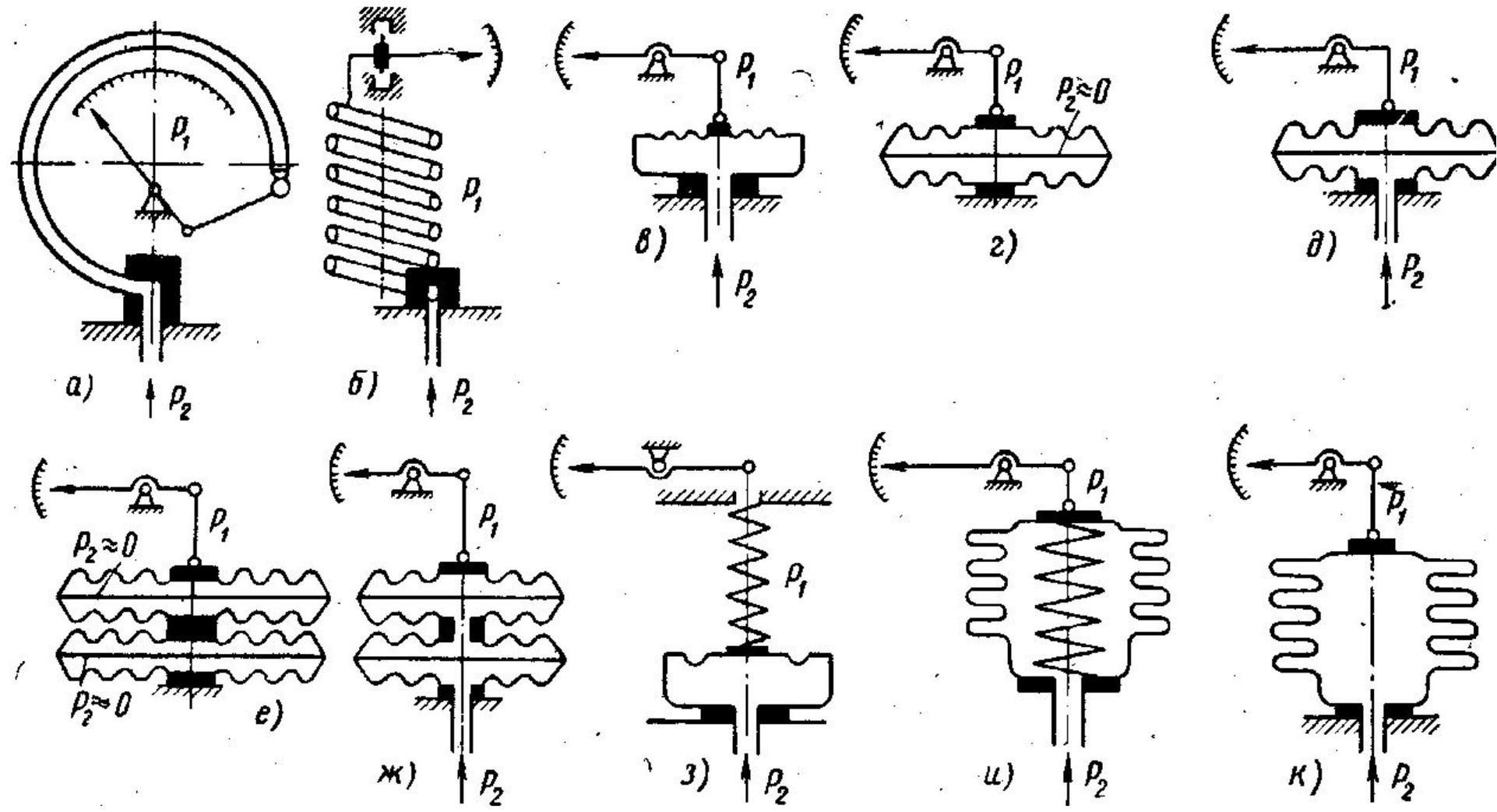
Однотрубные манометры имеют верхний предел измерения от 1,6 до 10 кПа, приведенная погрешность составляет 0,25....0,4%.

Деформационные средства измерения давления

Основаны на уравнивании силы, создаваемой давлением или вакуумом контролируемой среды на чувствительный элемент, силами упругих деформаций различного рода упругих элементов.

В качестве чувствительных элементов используются одновитковые и многовитковые трубчатые пружины, упругие мембраны, мембранные коробки, сильфонные и пружинно-сильфонные.

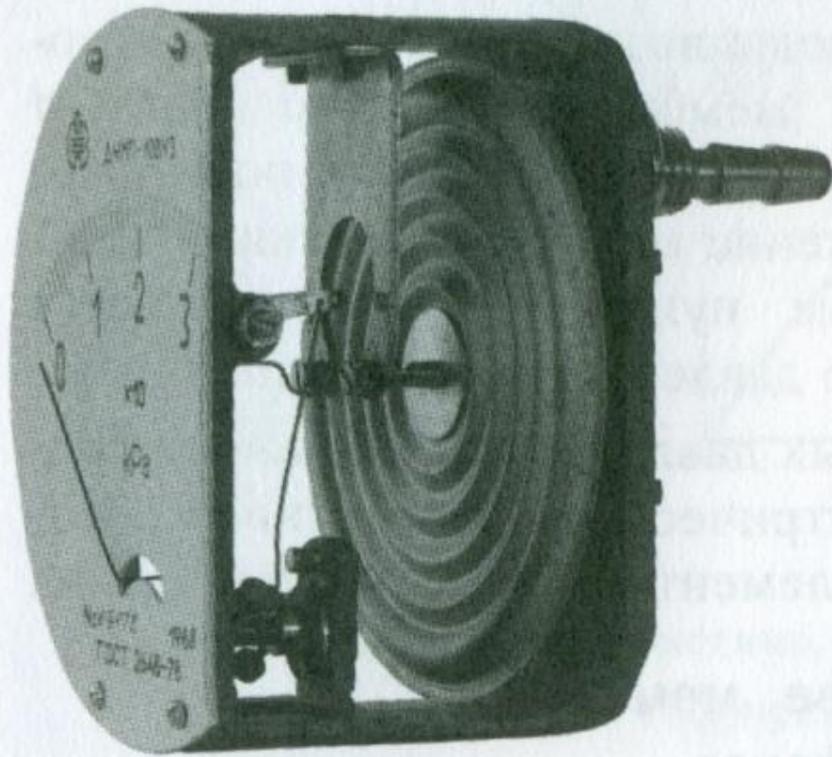
Эта деформация в виде линейных или угловых перемещений передается регистрирующему устройству (показывающему или самопищущему) или преобразуется в электрический (пневматический) сигнал для дистанционной передачи.



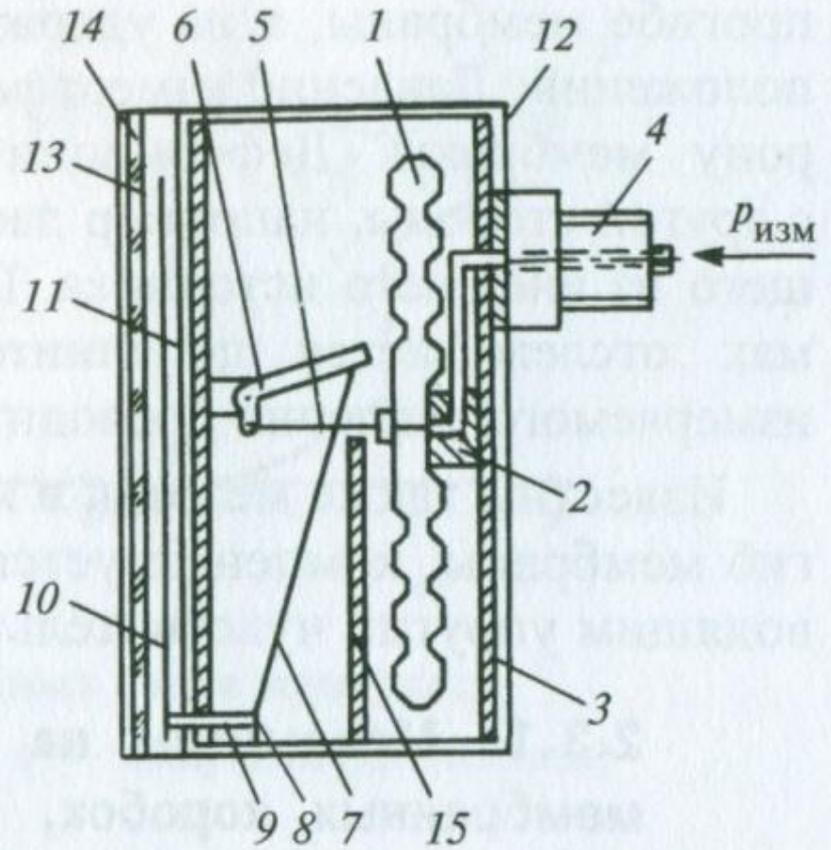
Мембранные приборы применяются для измерения небольших давлений (до 40 кПа) нейтральных газовых сред.

Класс точности данных приборов 2,5.

Чувствительным элементом служит мембранная коробка. Изменение давления вызывает изменение прогиба мембранной коробки. При этом поводок, прикрепленный к верхней части мембранной коробки, поворачивает рычаг установленный на оси и далее на указательную стрелку.



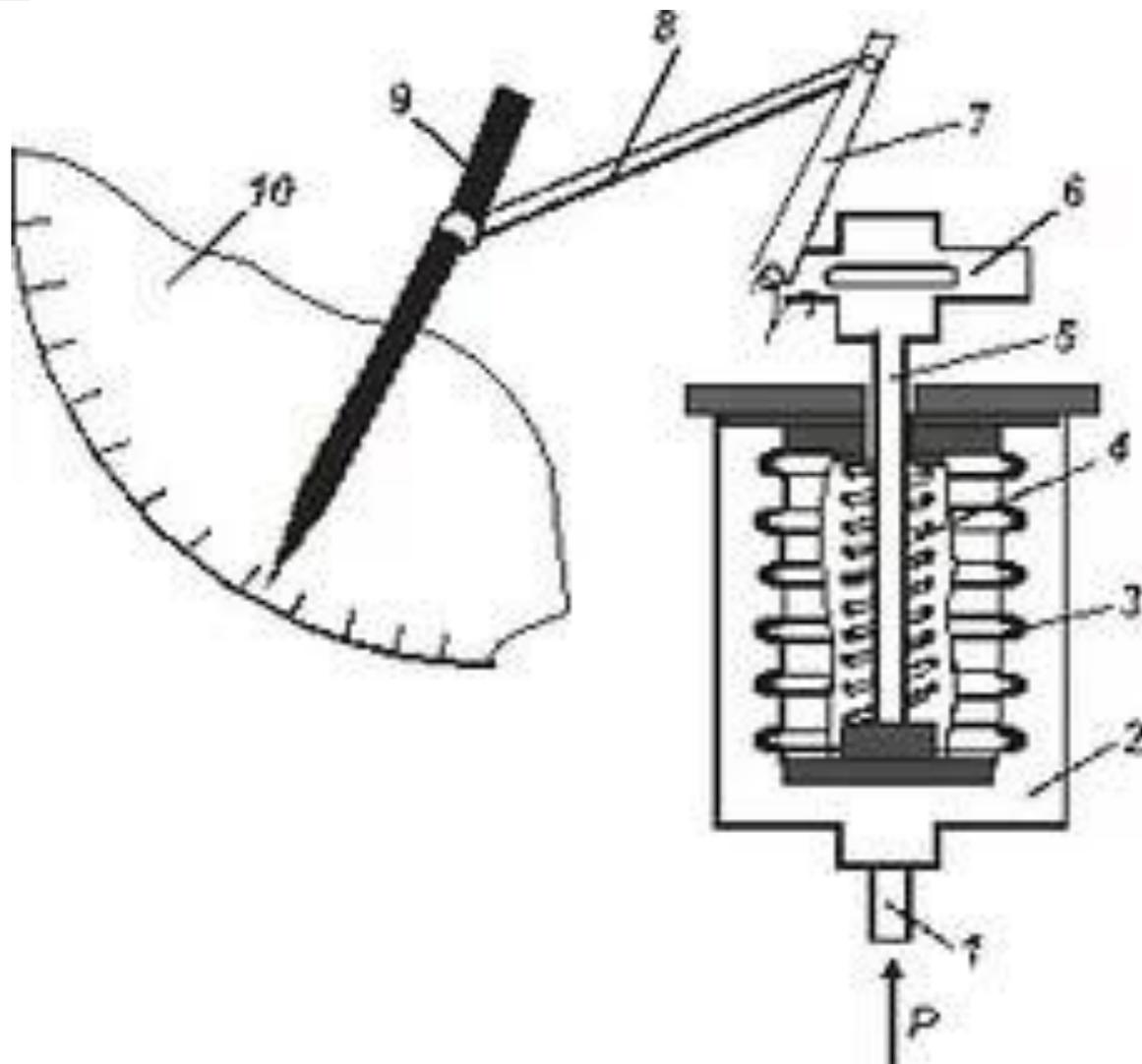
a)



б)

Сильфонные приборы предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления неагрессивных газов с пределами измерений до 400 кПа.

Чувствительным элементом этих приборов является сильфон, представляющий собой тонкостенную цилиндрическую емкость с поперечной гофрировкой, которая изменяет свои линейные размеры при перепаде давления внутри и вне ее.

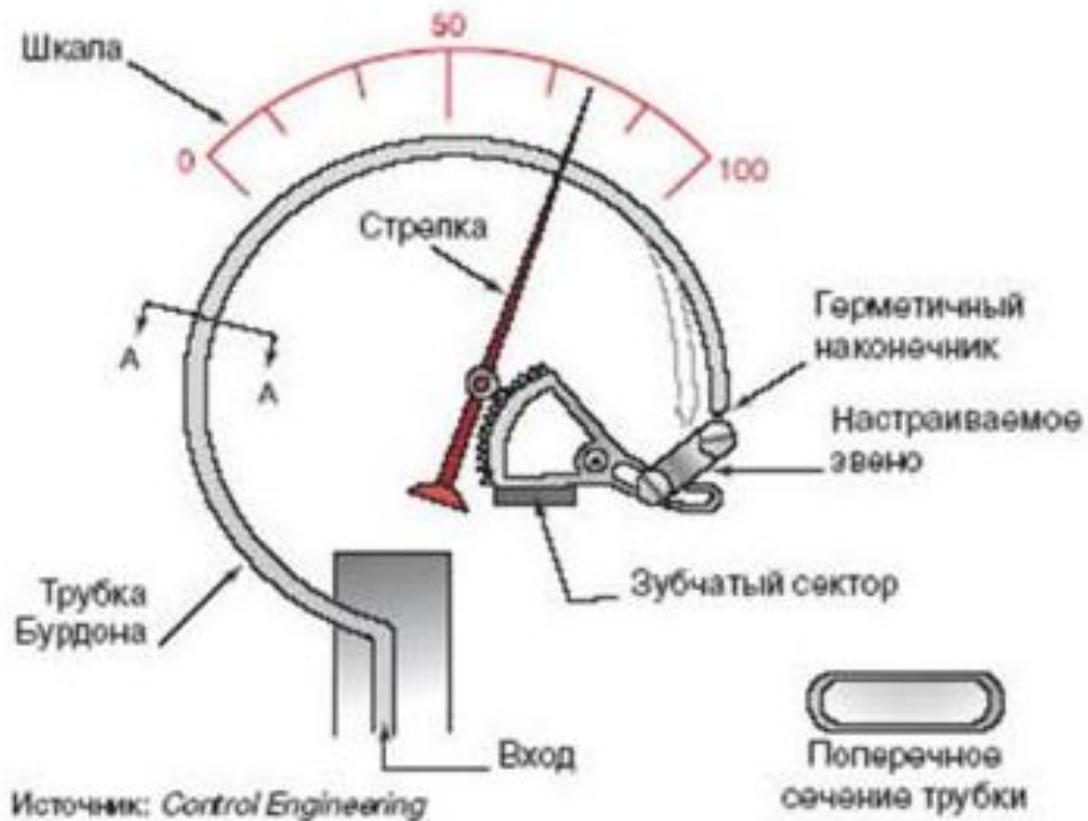


Трубчатая пружина представляет собой тонкостенную, согнутую по дуге окружности, трубку (одно или многовитковую) с запаенным одним концом. При увеличении или уменьшении давления внутри трубки пружина раскручивается или скручивается на определенный угол.

Закрытый конец трубки поводком соединен с зубчатым сектором, который зацеплен с шестерней, установленной на одной оси с показывающей стрелкой.

Класс точности для рабочих манометров 0,6....4, для образцовых 0,16, 0,25, 0,4.

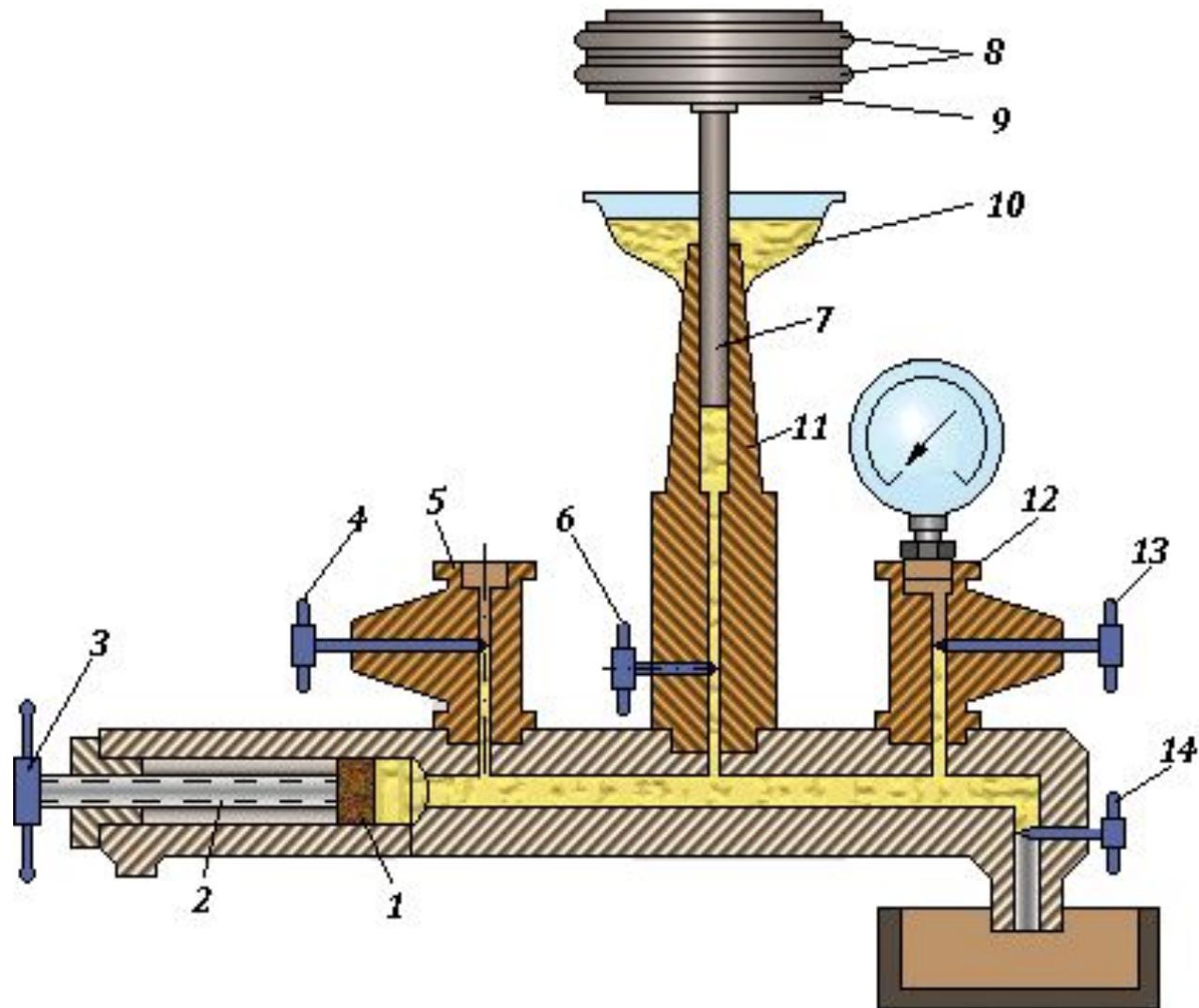
Традиционная конструкция механического манометра



Грузопоршневые средства измерения давления

применяются как устройства для поверки механических контрольных и образцовых манометров. Давление в них определяется по калибровочным грузам, помещаемым на поршне.

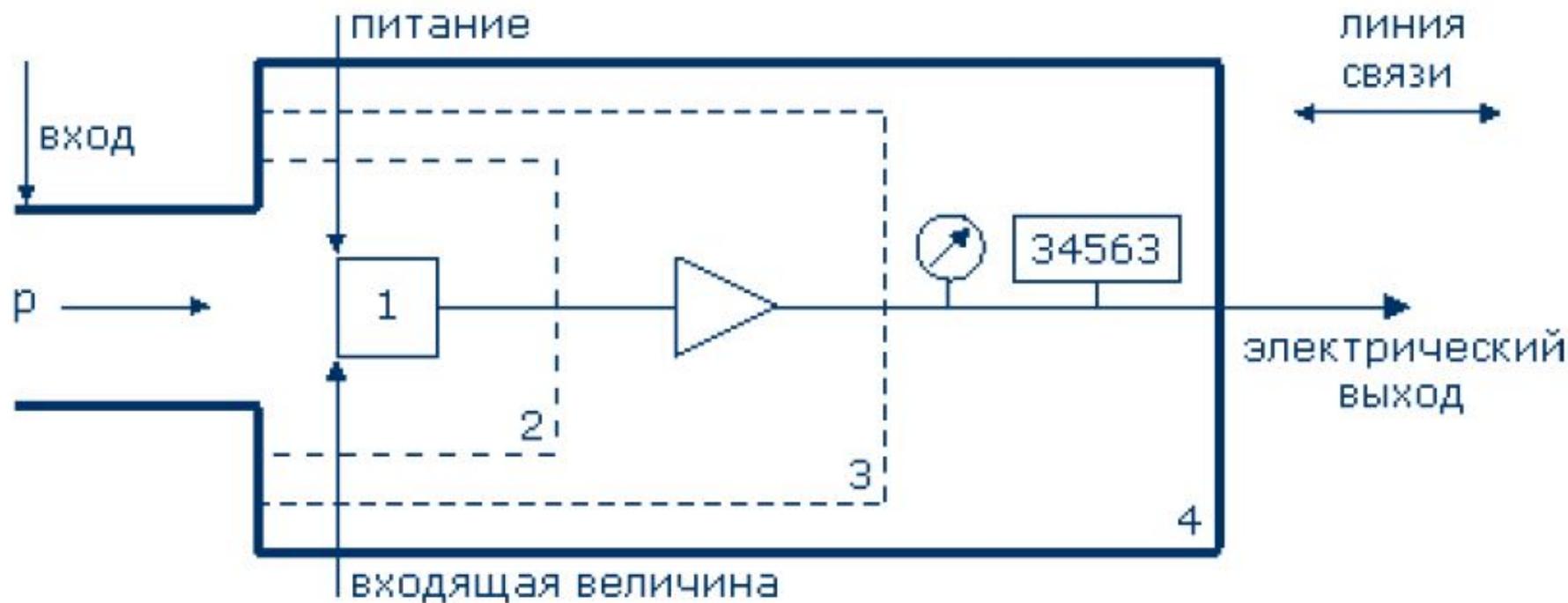
Класс точности грузопоршневых манометров 0,05 и 0,02%.





Датчики измерения давления

Датчик давления состоит из первичного преобразователя давления, в составе которого чувствительный элемент и приемник давления, схемы вторичной обработки сигнала, различных по конструкции корпусных деталей и устройства вывода.



- 1 - чувствительный элемент
- 2 - приемник давления
- 3 - преобразователь давления
- 4 - измерительный преобразователь давления

Датчики давления различаются по принципу преобразования давления в электрический сигнал: тензометрический, пьезорезистивный, емкостной, индуктивный, резонансный, ионизационный.

Заключается в преобразовании деформации упругого чувствительного элемента (мембраны) под воздействием давления в изменении электрического сопротивления резисторов, закрепленных на элементе.



Основан на интегральных чувствительных элементах из монокристаллического кремния. Кремниевые преобразователи имеют высокую чувствительность благодаря изменению удельного объемного сопротивления полупроводника при деформации давлением.

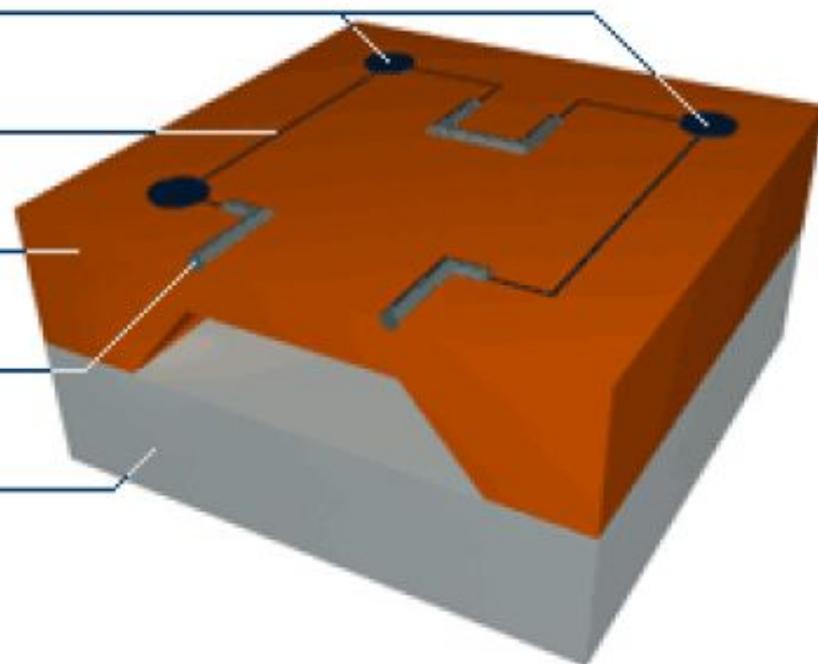
контактные площадки

металлизация

монокристаллический кремний

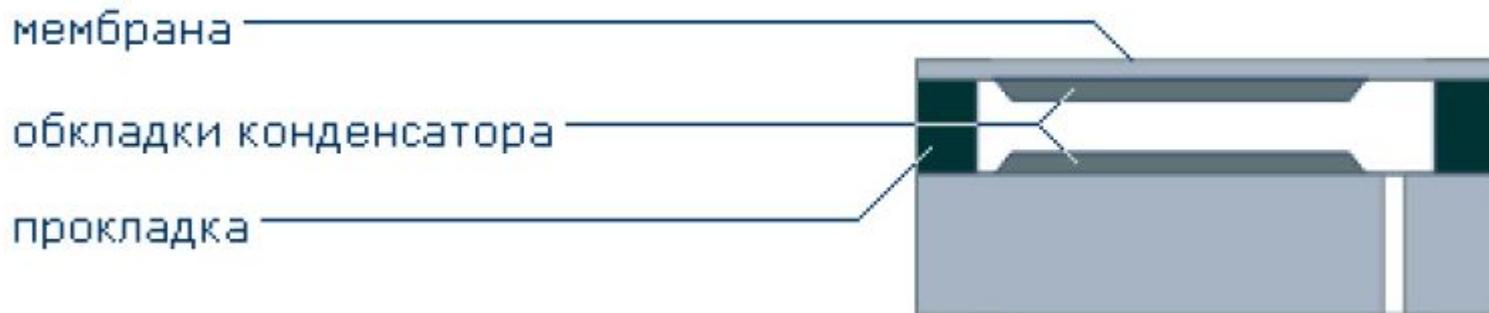
диффузионные резисторы

стеклянное основание

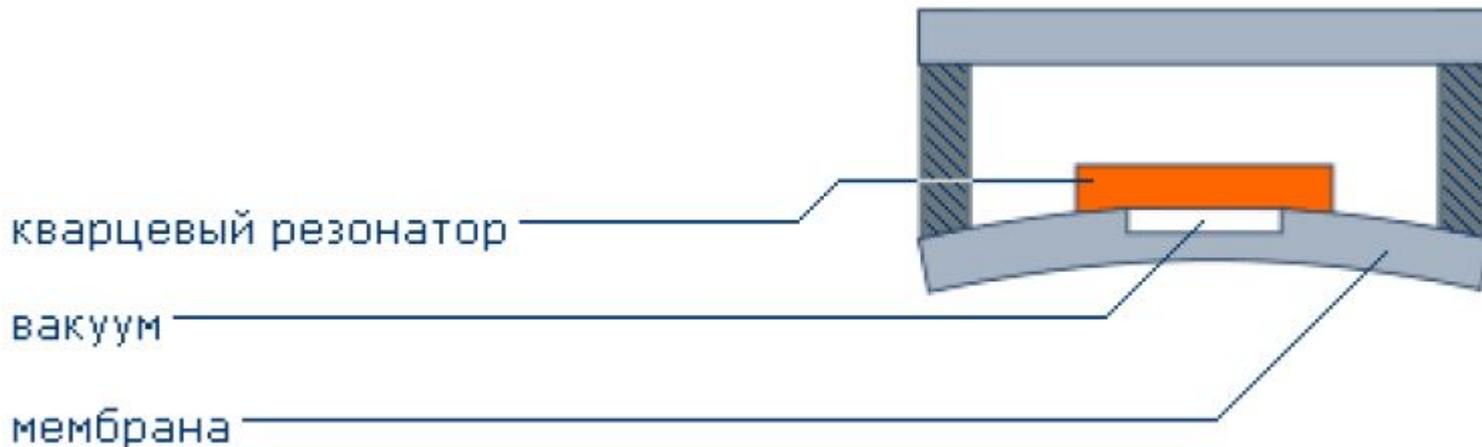


Емкостной метод

Используется метод изменения емкости конденсатора при изменении расстояния между обкладками. (пространство между обкладками заполнено маслом или другими органическими жидкостями).



В основе метода лежит изменение частоты колеблющегося упругого элемента при деформировании его силой или давлением.



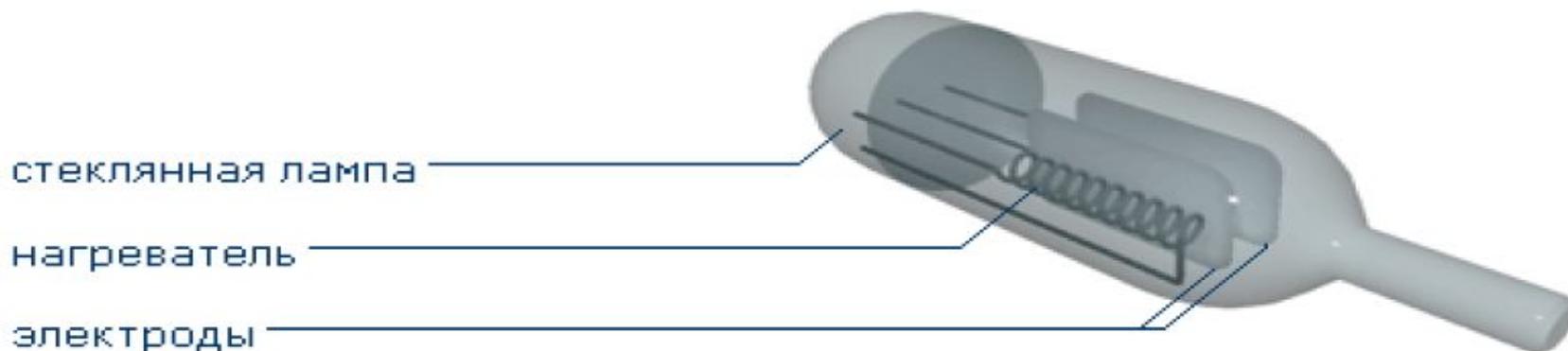
Индуктивный метод

Основан на регистрации вихревых токов (токов Фуко).
Чувствительный элемент состоит из двух катушек,
изолированных между собой металлическим
экраном. При отклонении мембраны создается ток
в фиксированной основной катушке, что приводит
к изменению индуктивности системы.



Ионизационный метод

В основе лежит принцип регистрации потока ионизированных частиц. Аналогом являются ламповые диоды. Лампа оснащена двумя электродами: катодом и анодом.



Спасибо за внимание.

Преподаватель ВО УПЦ
Смирнов В.А.