

# 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 м<sup>2</sup>.



**1 кгс/см<sup>2</sup> = 735,563 мм рт. ст.**

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

	Па	кПа	МПа	кГс/см <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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.

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

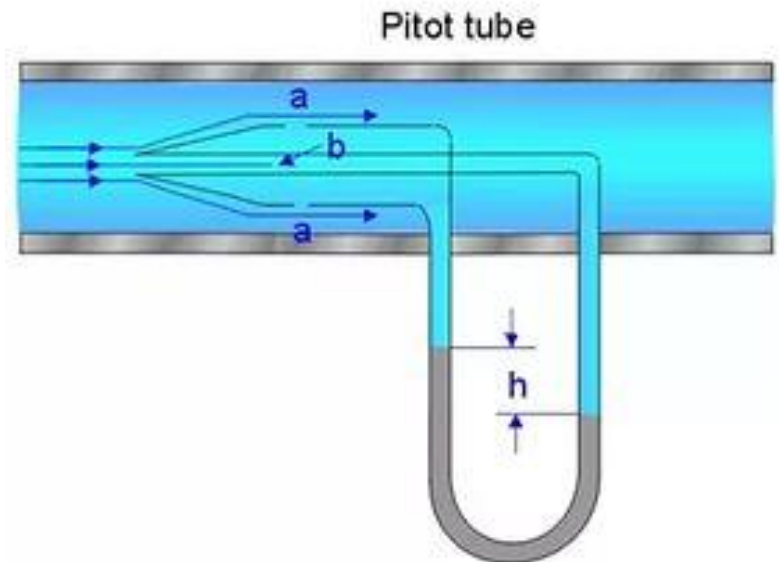
где  $P_d$  – динамическое давление;  $\rho$  – плотность среды;  $v$  – скорость движущегося потока.

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

$$P_p = P_{ст.} + P_d.$$







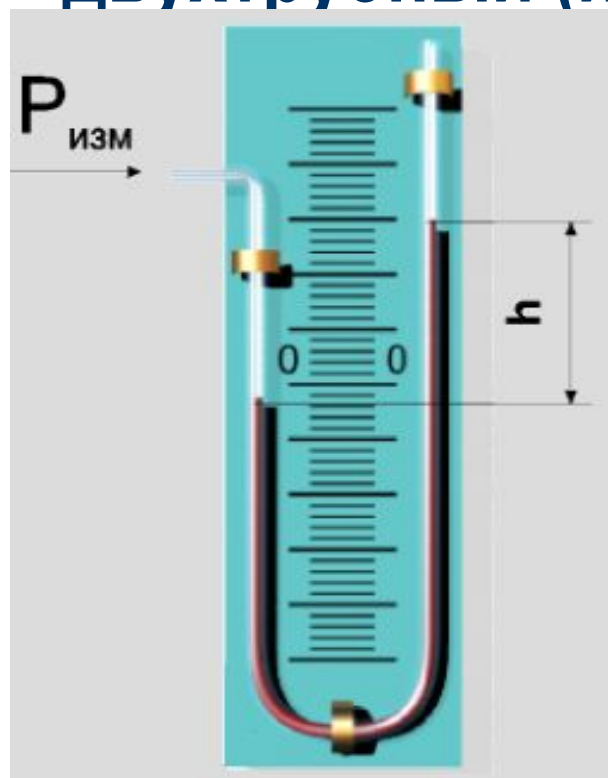
## Средства измерения давления подразделяются на:

- **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.

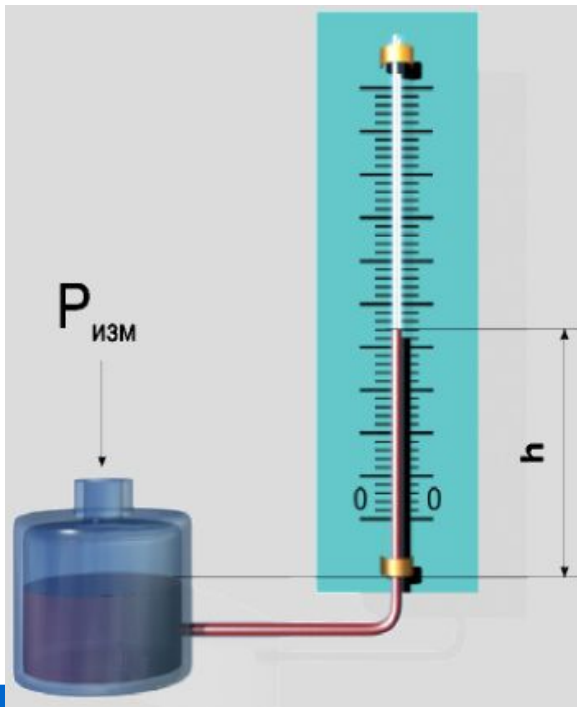
Один конец трубки соединяется с атмосферой, а другой подключается к объекту где измеряется давление. Его значение определится из выражения:

$$P = h \rho g,$$

где  $P$  – измеряемое давление;  
 $h$  – разность уровней жидкости, м;  
 $\rho$  – плотность жидкости , кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

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  **$\rho$**  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, м<sup>2</sup>;

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.

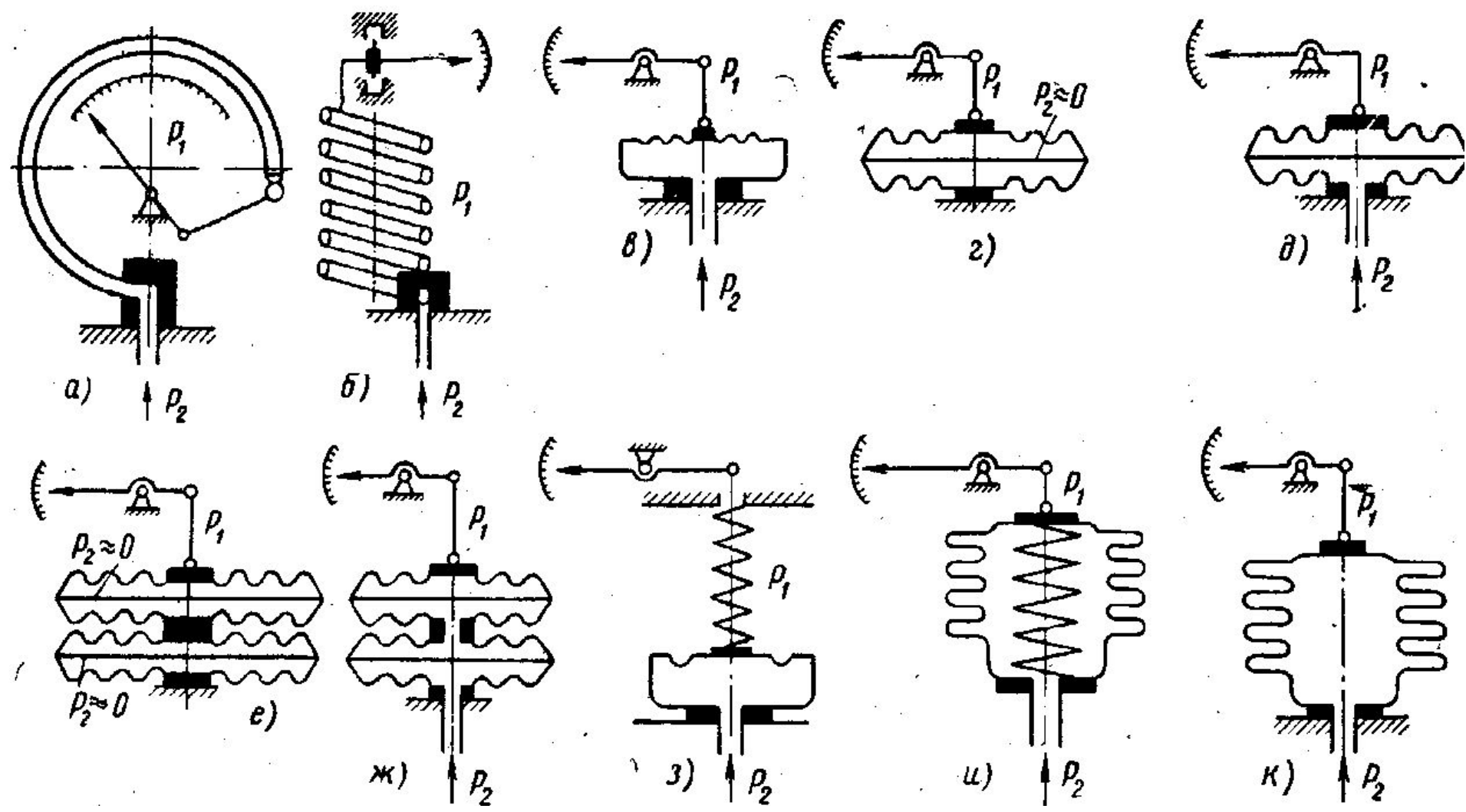
Однотрубные манометры имеют верхний предел измерения от 1,6 до 10 кПа, приведенная погрешность составляет 0,25....0,4%.

# 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.**

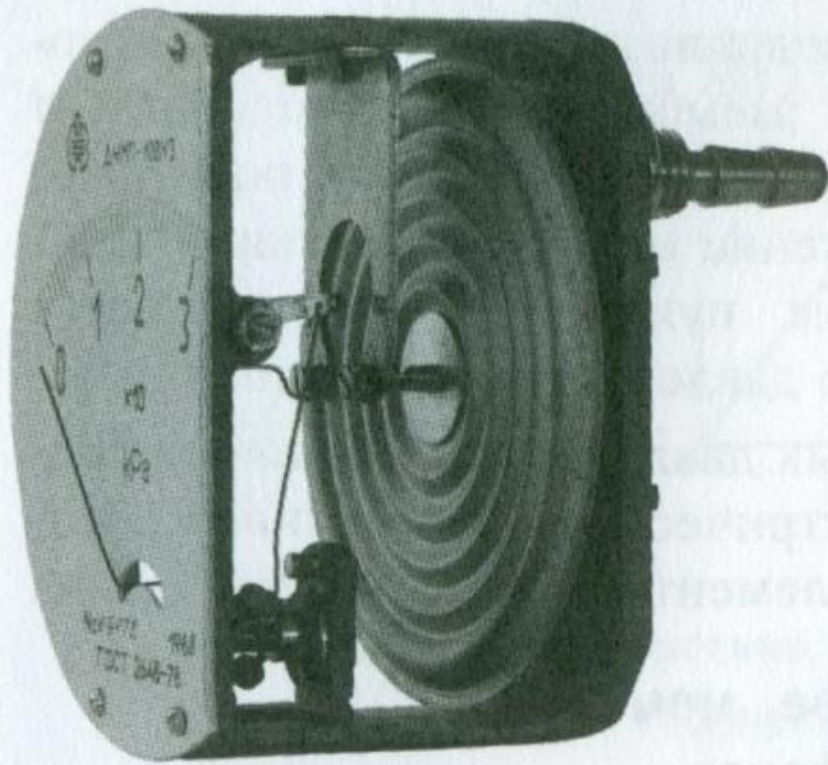


**Мембранные приборы** применяются для измерения небольших давлений (до 40 кПа) нейтральных газовых сред.

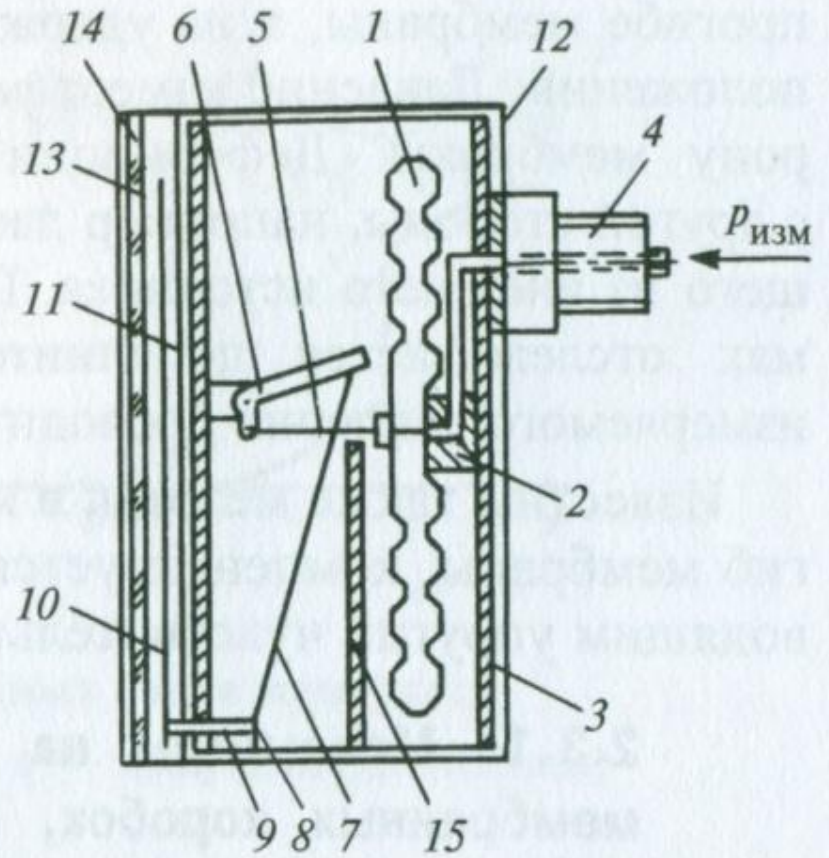
Класс точности данных приборов 2,5.



**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.**



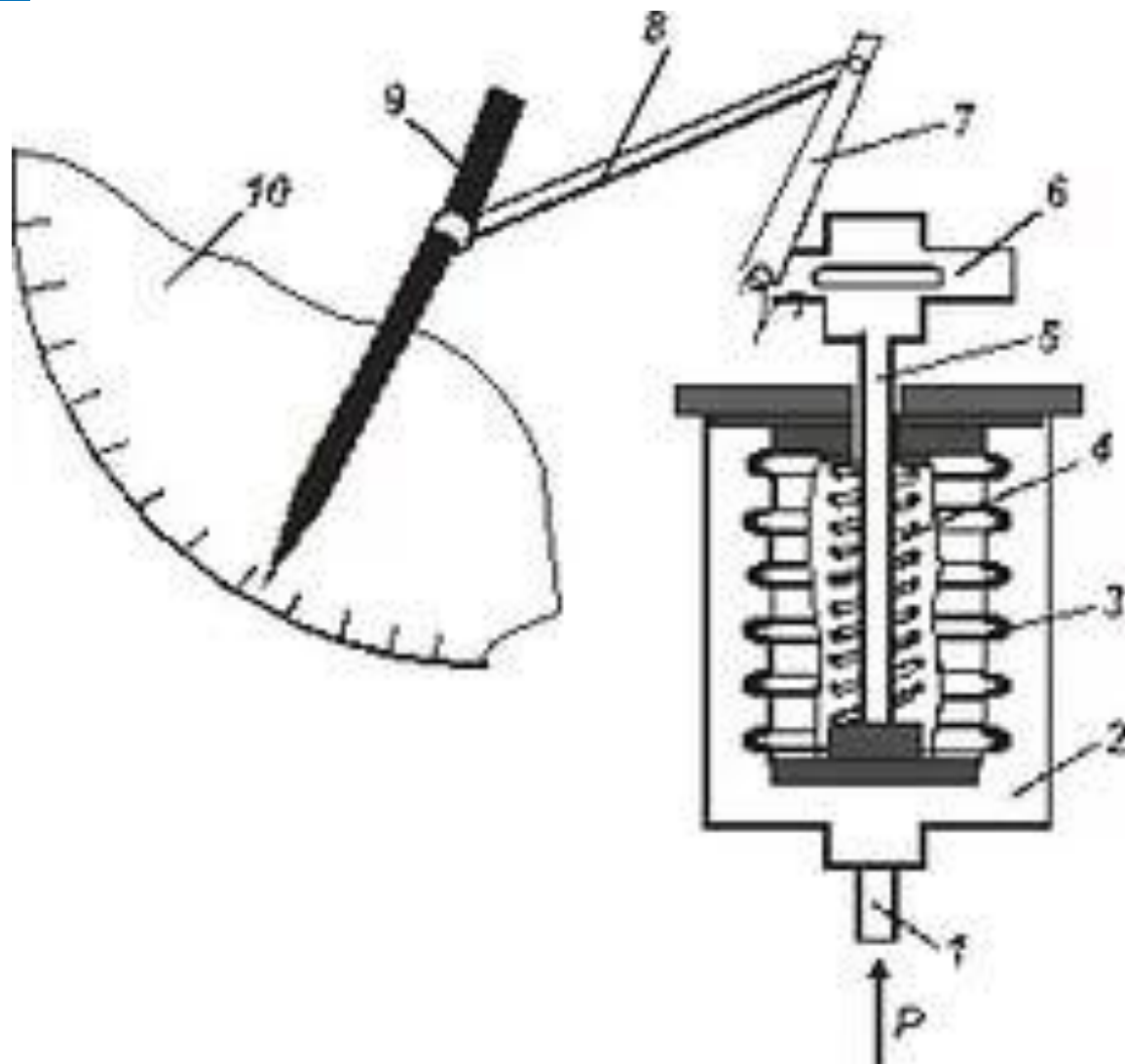
a)



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.**

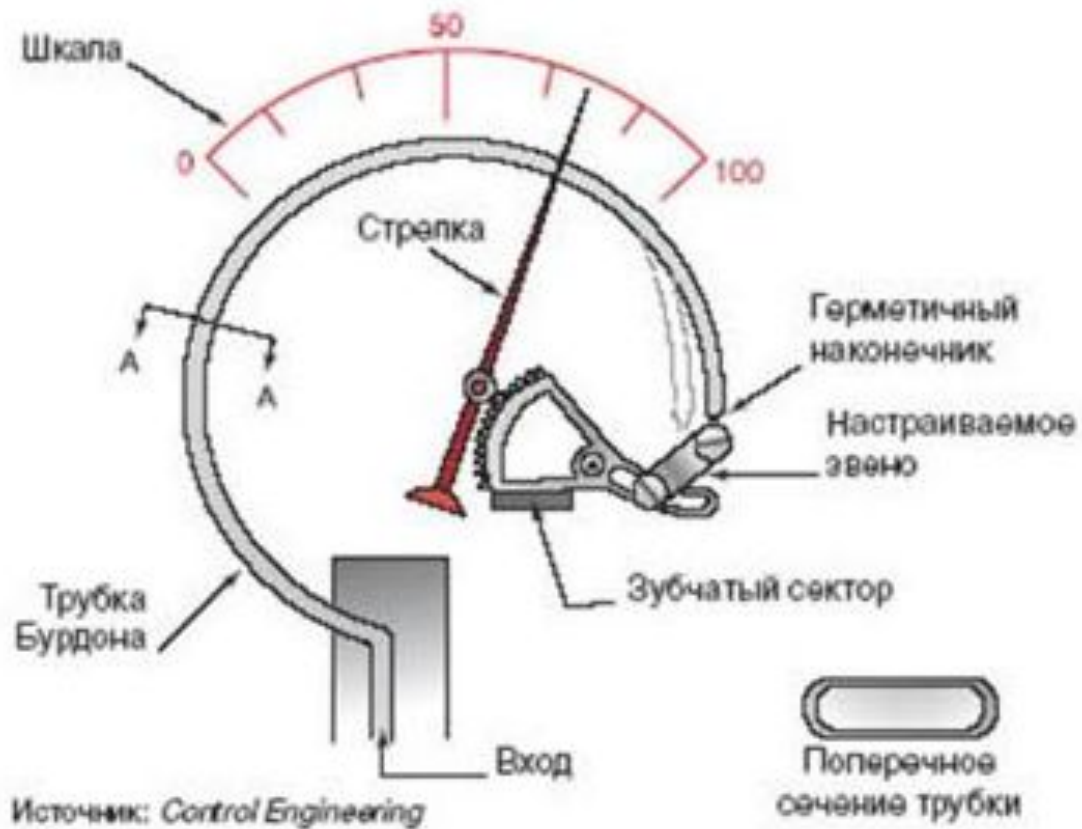


**Трубчатая пружина представляет собой тонкостенную, согнутую по дуге окружности, трубку (одно или многовитковую) с запаенным одним концом. При увеличении или уменьшении давления внутри трубки пружина раскручивается или скручивается на определенный угол.**

**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

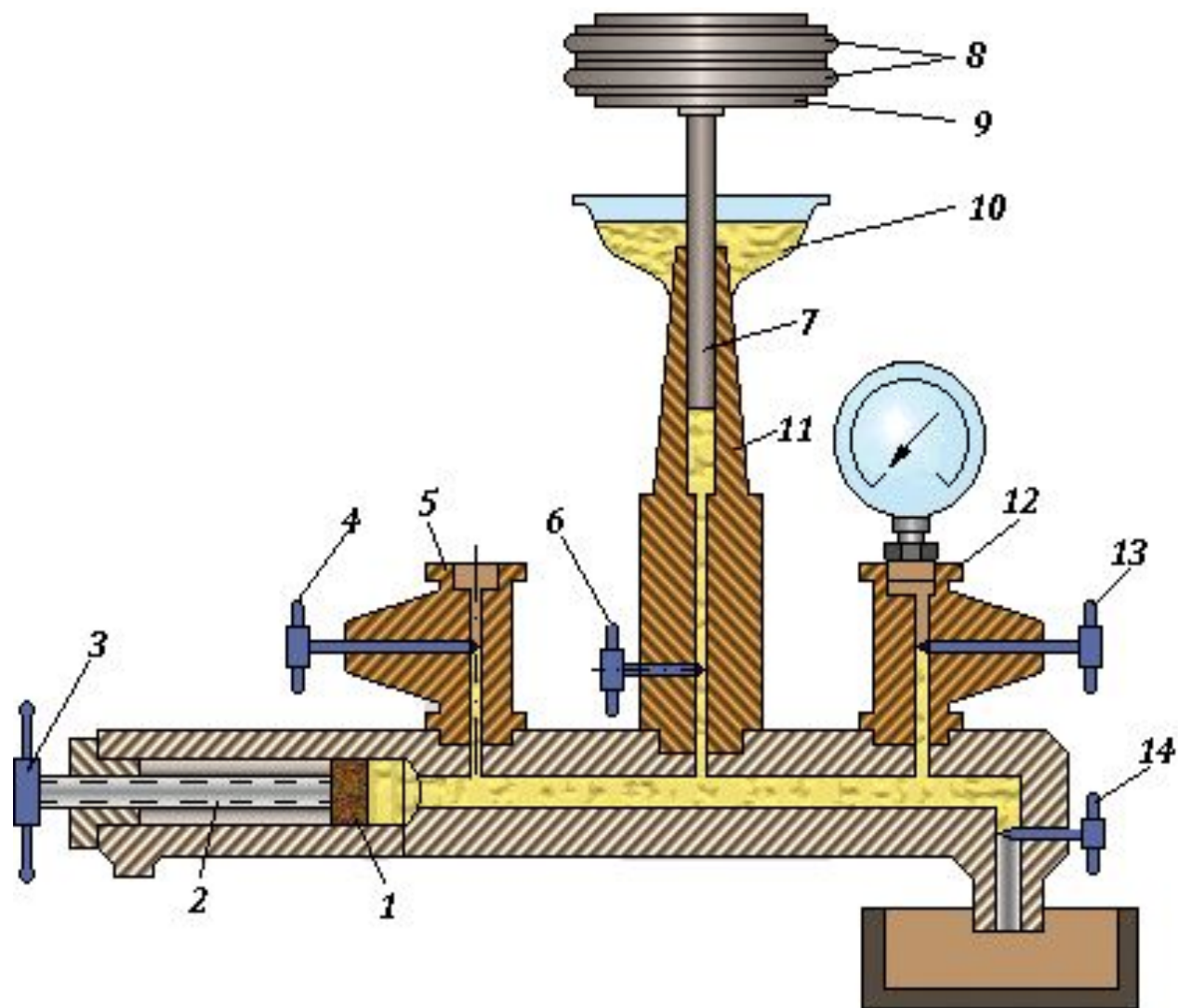




# Грузопоршневые средства измерения давления

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

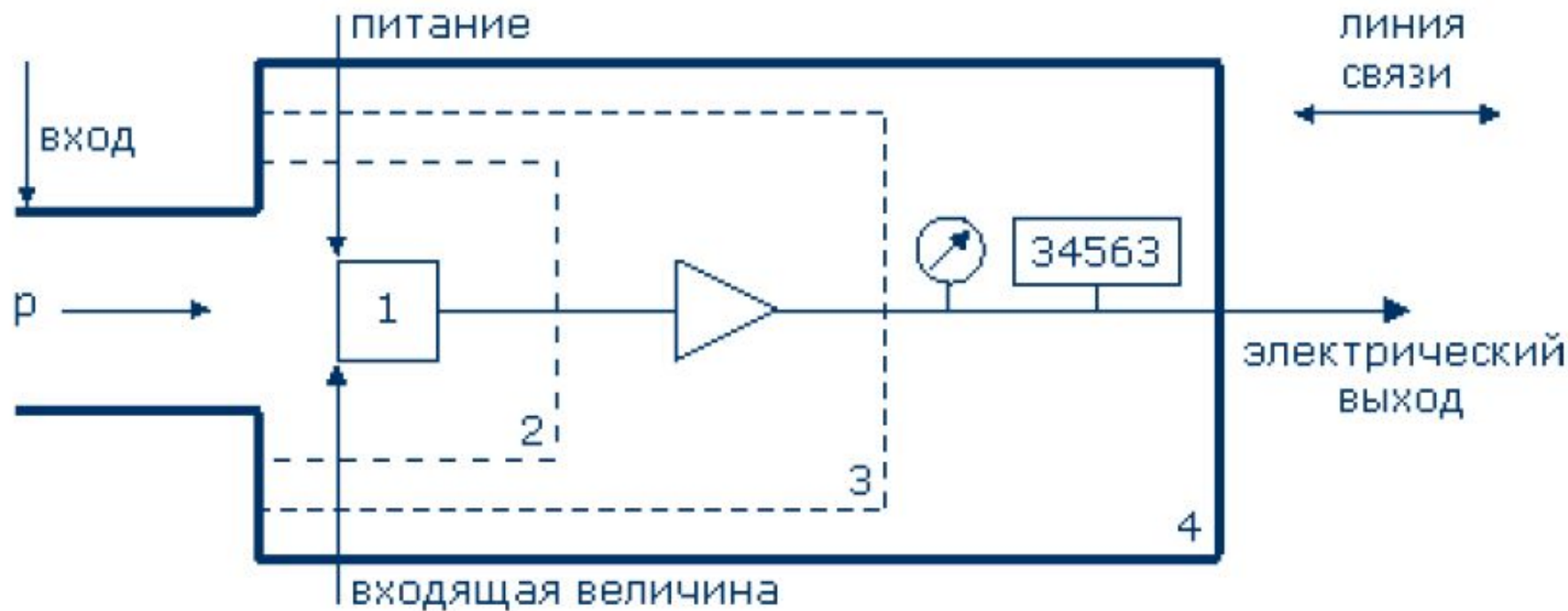
**Класс точности грузопоршневых манометров 0,05 и 0,02%.**





# 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.**

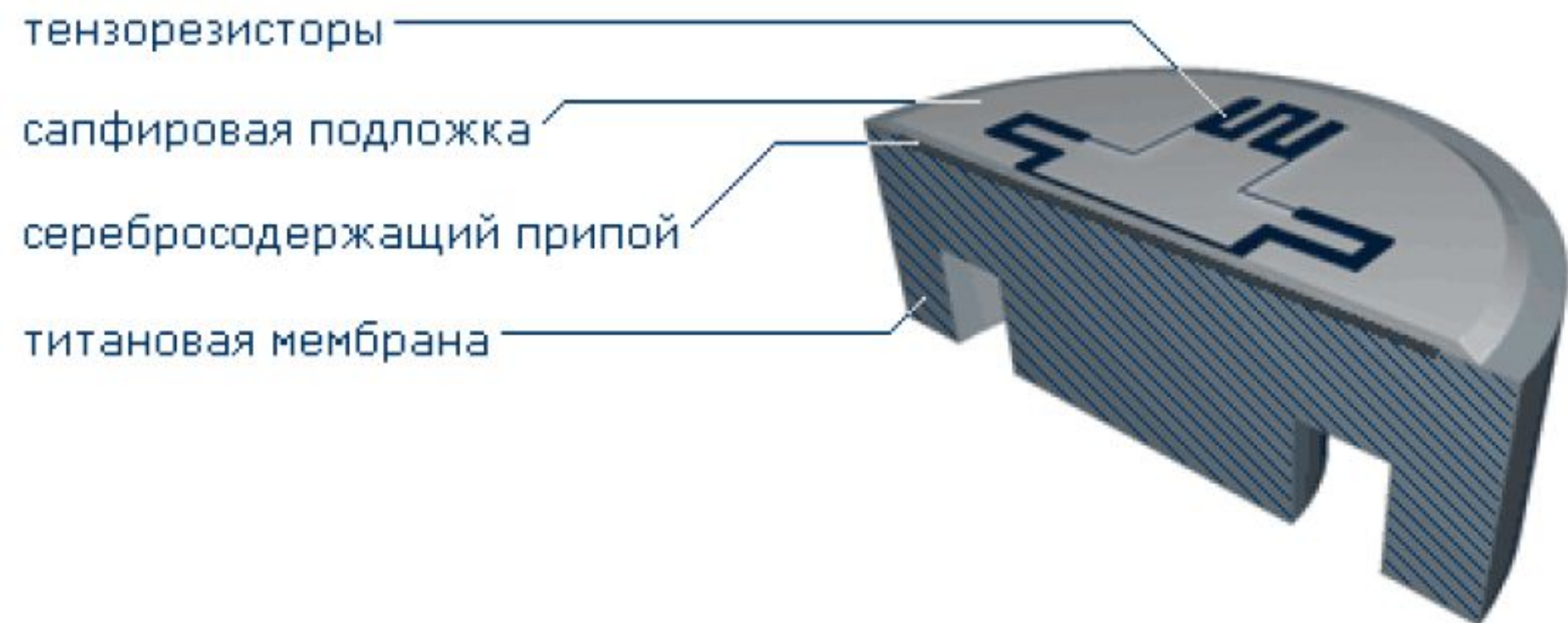


- 1 - чувствительный элемент
- 2 - приемник давления
- 3 - преобразователь давления
- 4 - измерительный преобразователь давления

**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.**

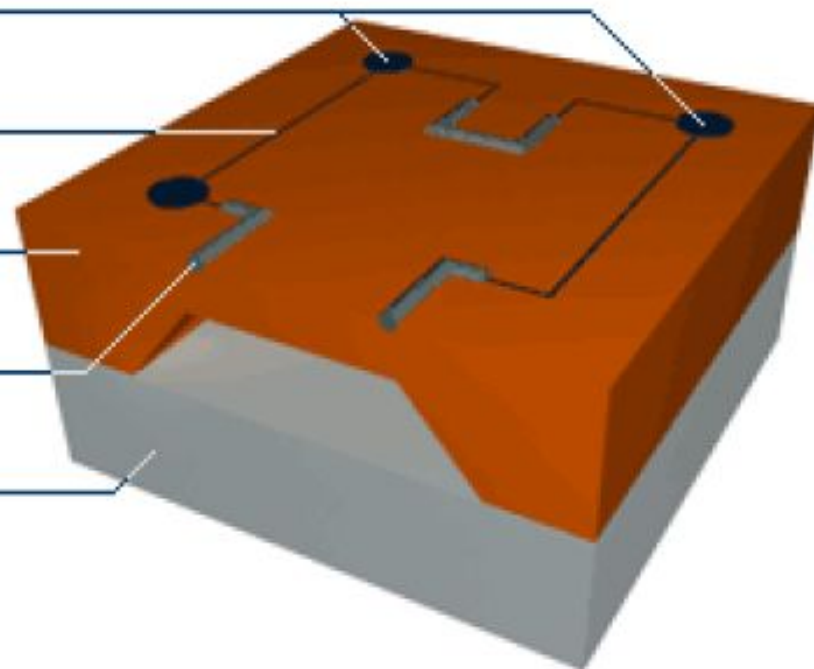
контактные площадки

металлизация

монокристаллический кремний

диффузионные резисторы

стеклянное основание

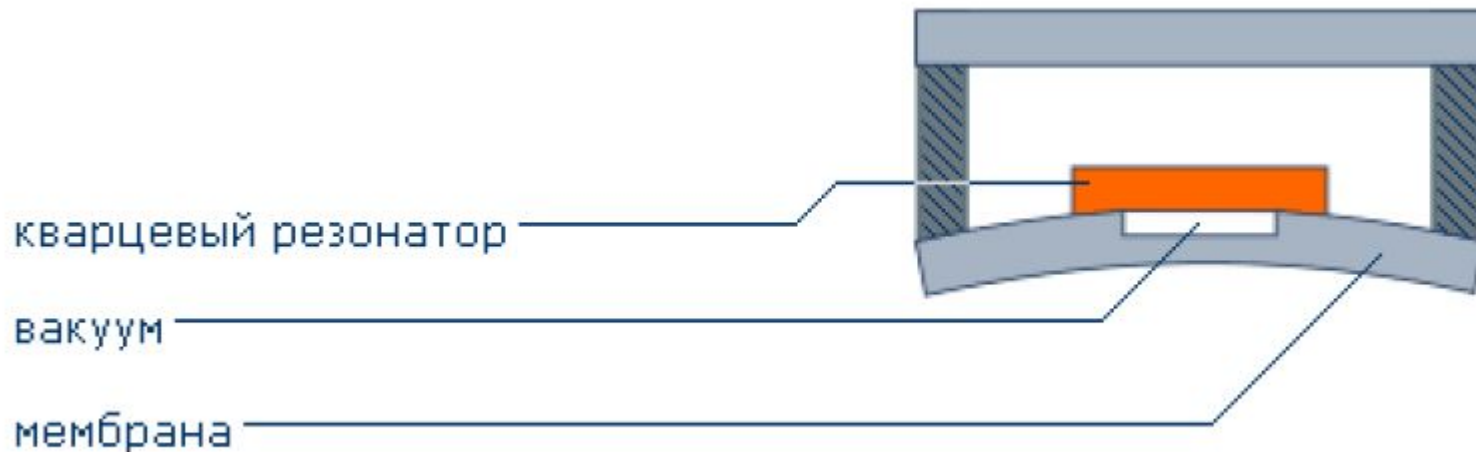


## Емкостной метод

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.**



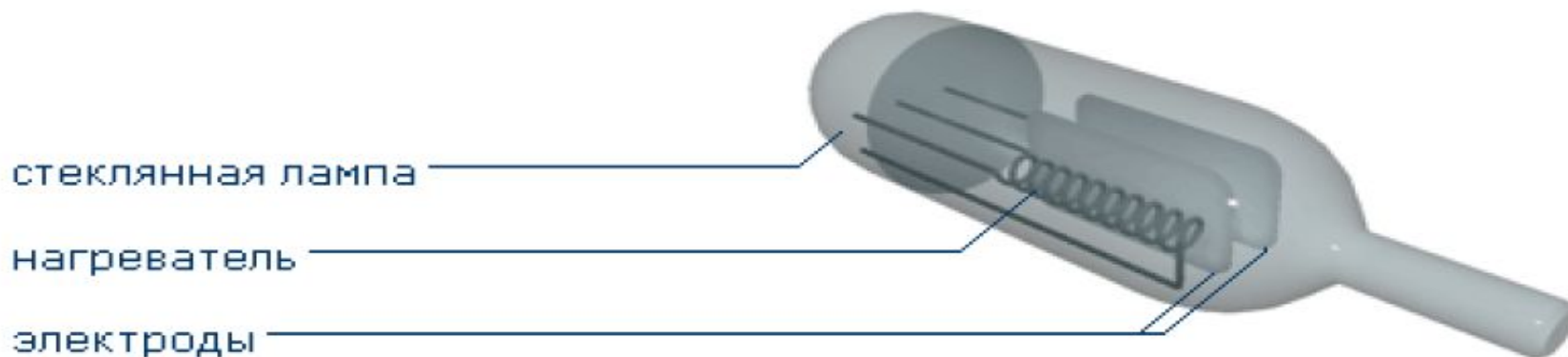
# ИНДУКТИВНЫЙ МЕТОД

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 лампыовые диоды. Лампа оснащена двумя электродами: катодом и анодом.**





Спасибо за внимание.

Преподаватель ВО УПЦ  
Смирнов В.А.