

Измерение давления

Профессор
Д.Л.Пиотровский



Содержание

- Определение давления
- Единицы измерения давления
- Виды давления
- Классификация приборов по виду измеряемого давления
- Классификация приборов по принципу действия
- U-образный и чашечный манометры
- Манометр с одновитковой трубчатой пружиной

Содержание

- Электрический манометр
- Дифманометр типа «кольцевые весы»
- Коррозионностойкие датчики давления
- Датчики давления 305 IS
- Датчики давления 115 I
- Датчик давления МЕТРАН-55-ДМП 33 I
- Датчик давления МЕТРАН-55-ЛМК 35 I
- Многофункциональный датчик давления
Метран-55-ДС

Определение давления

- **Давление** – это предел отношения усилия к площади, на которую действует это усилие



Единицы измерения давления

- За единицу измерения силы принимается Ньютон, а единицей площади – квадратный метр. Для измерения давления берется **Паскаль**, имеющий следующее соотношение с единицами измерения силы и площади – **$\text{Па} = 1 \text{ Н/м}^2$** .
- производные Паскаля – килоПаскаль (кПа), мегаПаскаль (МПа)

Единицы измерения

давления

- Согласно технической системе единиц МГСС сила измеряется в **килограммах силы**. Соотношение с Ньютонами у этой единицы такое – **$1 \text{ кгс} = 9,8 \text{ Н}$** .

Единица измерения давления в системе МГСС обозначается как **кгс/м^2** или **кгс/см^2** и называется **метрической** или **технической атмосферой**.

Обозначается «ат», а в случае измерения ею избыточного давления, то используется обозначение «ати».

$1 \text{ МПа} = 10,1972 \text{ кгс/см}^2$

Единицы измерения давления

- Согласно физической системе единиц СГС за единицу силы принят **1 дин**. Соотношение с Ньютонами— **$1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н}$** . Единица давления в этой системе, или **1 дин/см²**, имеет название **бар**.

$$1 \text{ бар} = 10^6 \text{ дин/см}^2$$

$$1 \text{ МПа} = 10 \text{ бар}.$$

Единицы измерения

давления

- физическая или нормальная атмосфера
- величина атмосферного давления на поверхности Земли на уровне Мирового океана. Также это величина, эквивалентная уравнивающему столбу **760 мм рт. ст.**

Соотношение нормальной атмосферы и мегаПаскаля :

$$1 \text{ МПа} = 9,8692 \text{ атм.}$$

Единицы измерения давления

- Для приблизительных оценок и расчетов можно использовать приведенные ниже соотношения

$$1 \text{ МПа} = 10 \text{ бар} = 9,9 \text{ атм.} = 10,2 \text{ ат}$$

Такие значения дадут при расчетах погрешность, не превышающую 0,5%.

ВИДЫ ДАВЛЕНИЯ

- **атмосферное** (барометрическое), т. е. давление воздушного столба земной атмосферы;
- **избыточное** (манометрическое), т. е. превышение давления над атмосферным;
- **абсолютное** (полное), т. е. сумма атмосферного и избыточного давления.

ВИДЫ ДАВЛЕНИЯ

- Если абсолютное давление меньше атмосферного, то избыточное давление становится отрицательным. В этом случае говорят о разрежении или вакууме





Классификация приборов по виду измеряемого давления

Манометры – для измерения избыточного и абсолютного давления.

Барометры – для измерения атмосферного давления.

Вакуумметры – для измерения вакуума (разрежения).

Классификация приборов по виду измеряемого

давления

Мановакуумметры – для измерения избыточного давления и вакуума (разрежения).

Напоромеры (приборы для измерения малых избыточных давлений (до 40 кПа).

Тягомеры (микроманометры) – приборы для измерения малых разрежений (с верхним пределом измерения не более 40кПа).

Классификация приборов по виду измеряемого давления

Тягонапоромеры
(микроманометры) – приборы для измерения малых давлений и разрежений (с диапазоном измерений от -20 до $+20$ кПа).

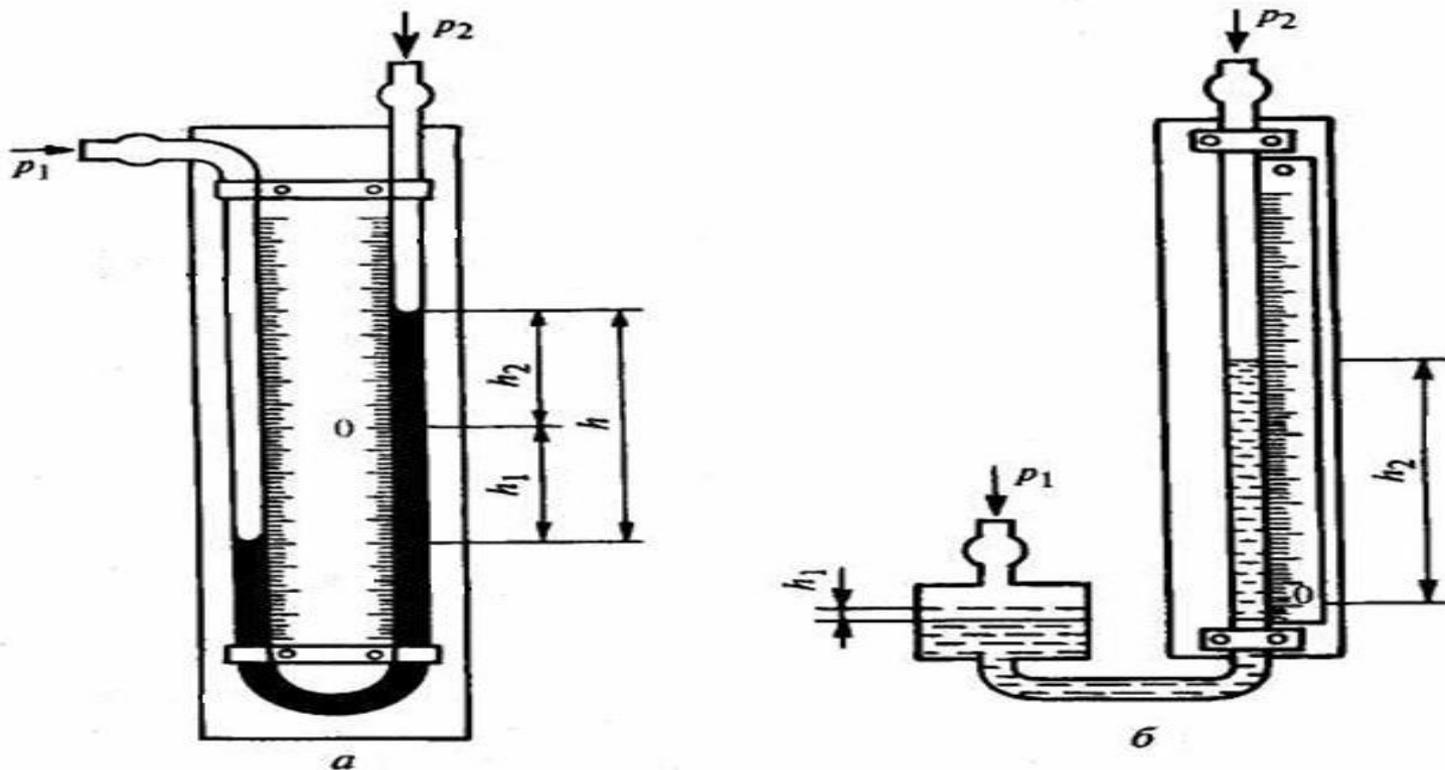
Дифференциальные манометры
– приборы для измерения разности двух давлений, ни одно из которых не является давлением окружающей среды.

Классификация приборов по принципу действия

- **жидкостные** (основанные на уравнивании давления столбом жидкости);
- **поршневые** (измеряемое давление уравнивается внешней силой, действующей на поршень);
- **пружинные** (давление измеряется по величине деформации упругого элемента);
- **электрические** (основанные на преобразовании давления в какую-либо электрическую величину).

U-образный и чашечный манометры

- Схемы U-образного манометра (а) и чашечного манометра (б)



Жидкостные манометры

U-образный и чашечный манометры

Связь между давлениями в трубках и уровнями жидкости:

$$P_1 = \rho g h_1 \quad P_2 = \rho g h_2$$

разность уровней:

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

разность давлений:

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

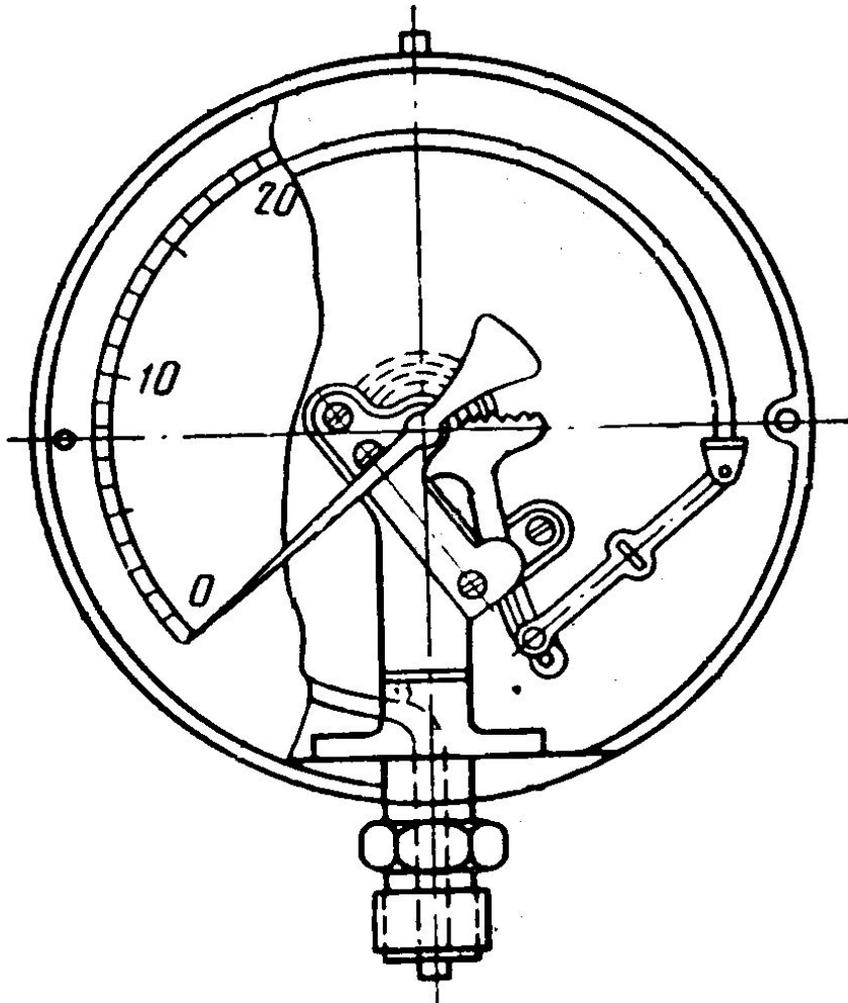
ρ — плотность заполняющей жидкости, g — ускорение свободного падения.

U-образный и чашечный манометры

- Применяются в качестве образцовых для лабораторных и технических измерений
- В качестве рабочей жидкости используются спирт, вода, ртуть, технические масла и др.

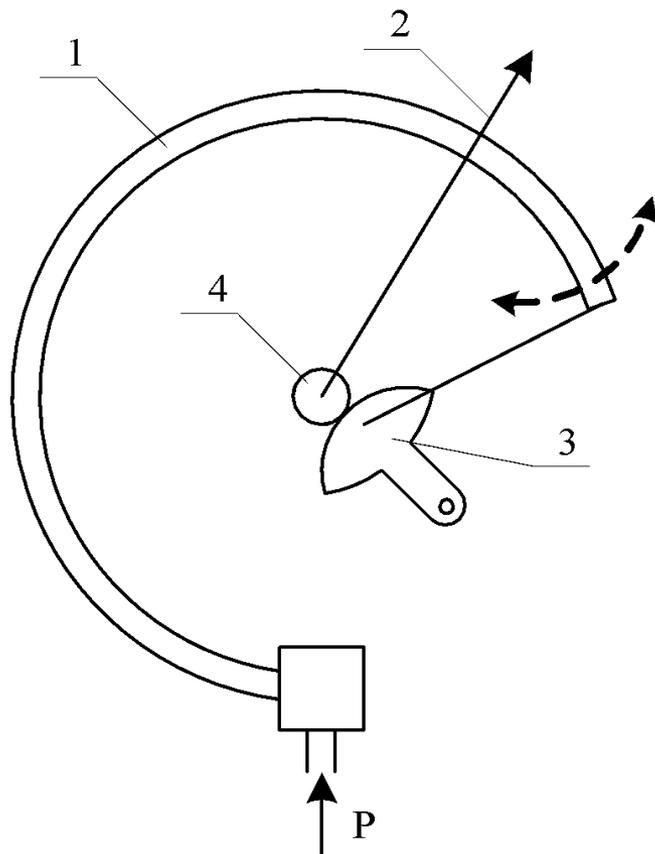


Манометр с одновитковой трубчатой пружиной



При увеличении давления трубчатая пружина стремится разогнуться, в результате чего она воздействует на зубчатый сектор отклоняя стрелку

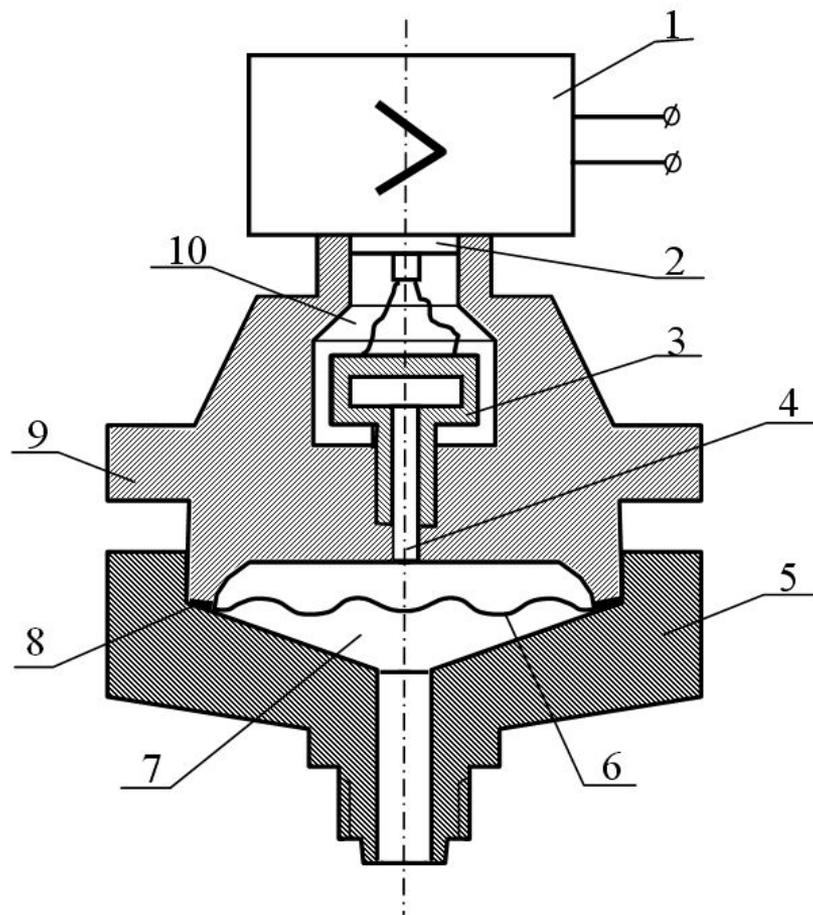
Манометр с одновитковой трубчатой пружиной



- 1 – трубка Бурдона
- 2 – стрелка
- 3 – зубчатый сектор
- 4 - шестерня

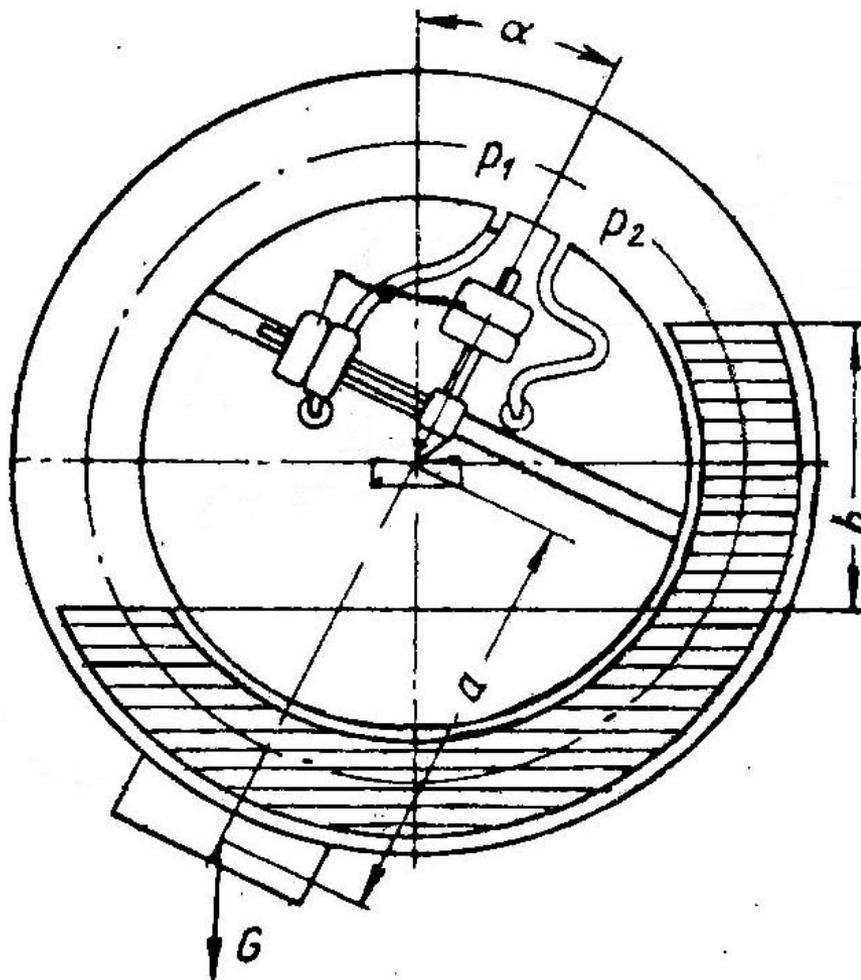


Электрический манометр



- 1 – измерительный блок
- 2 – гермовывод
- 3 – мембранный тензопреобразователь
- 4 – внутренняя полость термопреобразователя
- 5 – фланец
- 6 – мембрана
- 7 – камера
- 8 – прокладка
- 9 – основание
- 10 – полость

Дифманометр типа «КОЛЬЦЕВЫЕ ВЕСЫ»



Дифманометр «кольцевые весы», имеет чувствительный элемент в виде полого кольца с перегородкой. В нижней части кольца, заполненного жидкостью (вода, масло, ртуть), укреплен компенсационный груз.

Дифманометр типа «КОЛЬЦЕВЫЕ ВЕСЫ»

- При $p_1 = p_2$ уровень жидкости в обеих частях кольца одинаков, а центр тяжести груза находится на вертикальной оси, проходящей через центр кольца. При $p_1 > p_2$ жидкость в левой части опустится, а в правой поднимется. Усилие, создаваемое действием разности давлений на перегородку, вызывает момент, стремящийся повернуть кольцо по часовой стрелке.

Коррозионностойкие датчики давления



МЕТРАН-49

Коррозионностойкие

датчики давления

Измеряемые среды – агрессивные среды с высоким содержанием сероводорода, нефтепродукты, сырая нефть и другие, по отношению к которым материалы датчика, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионностойкими.

Основная погрешность измерений
до $\pm 0,15\%$ от диапазона.

Коррозионностойкие датчики давления

- Коррозионностойкие интеллектуальные датчики давления Метран-49 предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования, управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование в унифицированный аналоговый токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART.

Датчики давления 305 IS



Датчики давления 305 IS

Датчики давления 305 IS Super Module (супер модуль) – новейшая разработка XXI века, с минимальными дополнительными погрешностями, вызванными влияниями изменения температуры окружающей среды и статического давления. Используются для высокоточных технологических процессов и коммерческого учета дорогостоящих продуктов.

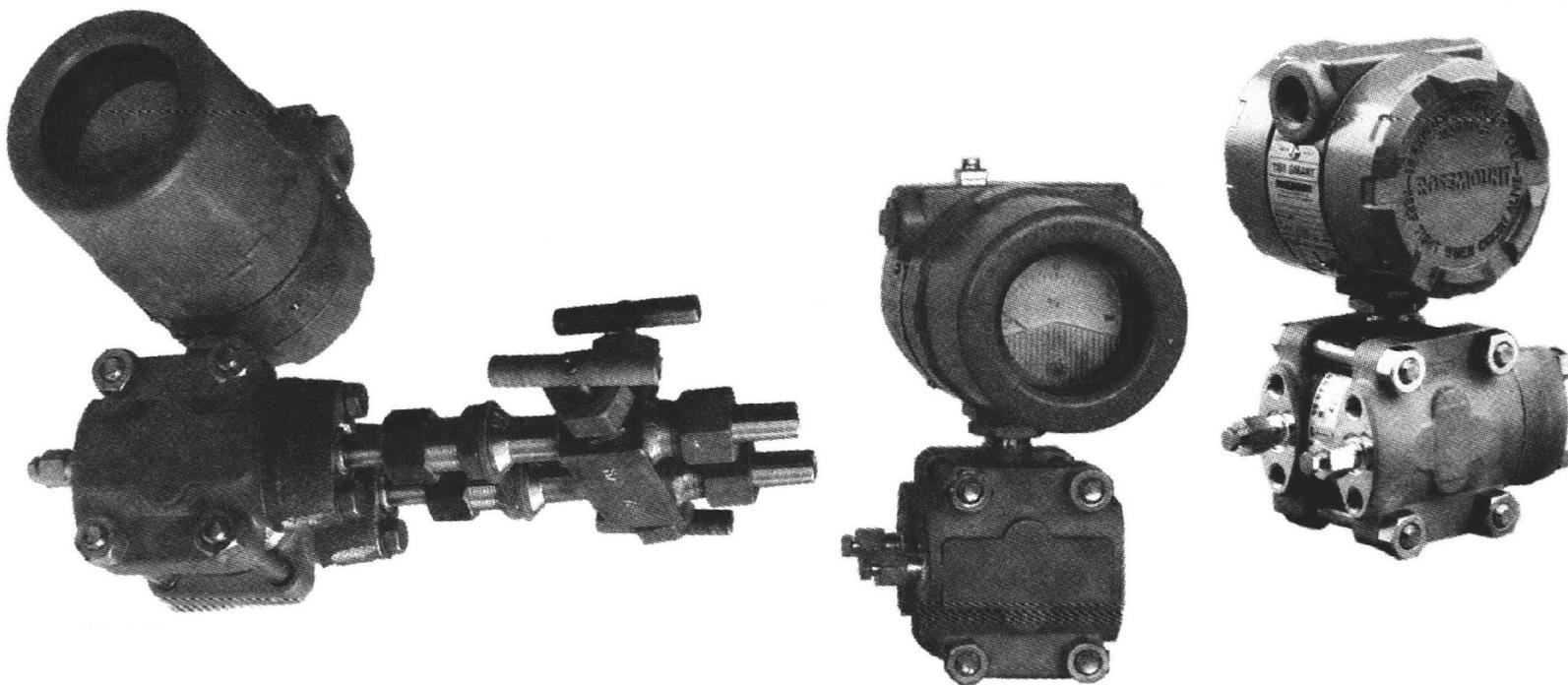
Датчики давления 305 IS

Верхние границы диапазонов измерений:
от $-13,8$ до $+68,9$ МПа.

Температура окружающей среды:
от -40 до $+85$ °С.

Температура измеряемой среды:
от -40 до $+149$ °С

Датчики давления | 15 |



Датчики давления I I 5 I

Измеряемая среда: газ, жидкости (в т. ч. агрессивные), пар.

Диапазоны верхних пределов измерений, кПа:

- абсолютное давление 6,22–6895;
- избыточное давление 0,18–41369;
- перепад давлений 0,18–895;
- гидростатическое давление (уровень) 6,2–689,5.

Предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,075$ %.

Датчики давления I I 5 I

● Высокоточные интеллектуальные датчики давления серии I I 5 I обыкновенного и взрывозащищенного исполнений предназначены для точных измерений абсолютного, избыточного давлений, разности давлений газов, паров (в т.ч. насыщенных), жидкостей, уровня жидкостей (в т.ч. нагретых, химически активных) и дистанционной передачи выходных сигналов в системы автоматического контроля, регулирования и управления технологических процессов.

Датчик давления МЕТРАН-55-ДМП 33 I



Измеряемые среды:
жидкость, пар, газ.

Диапазон измеряемых давлений: минимальный – 0–4 кПа (избыточное), 0–10 кПа – абсолютное, максимальный – 0–4 МПа.

Погрешность измерений:
 $\pm 0,25$ %; $\pm 0,3$ %; $\pm 0,5$ %ВПИ.



Датчик давления МЕТРАН-55-ДМП 33 I

Метран-55-ДМП 33 I – универсальный датчик давления для различных отраслей промышленности, пропорционально преобразующий абсолютное или избыточное давление рабочей среды в электрический сигнал.

Датчик давления МЕТРАН-55-ДМП 33 I

Достоинства:

- прочная и надёжная конструкция для тяжёлых условий эксплуатации;
- корпус датчика изготовлен из нержавеющей стали;
- различные варианты электрических и механических соединений;
- коррозионно-стойкий металлический корпус для полевых условий.

Датчик давления МЕТРАН-55-ДМП 33 I

Температура измеряемой среды:

- от -40 до $+125$ °С.

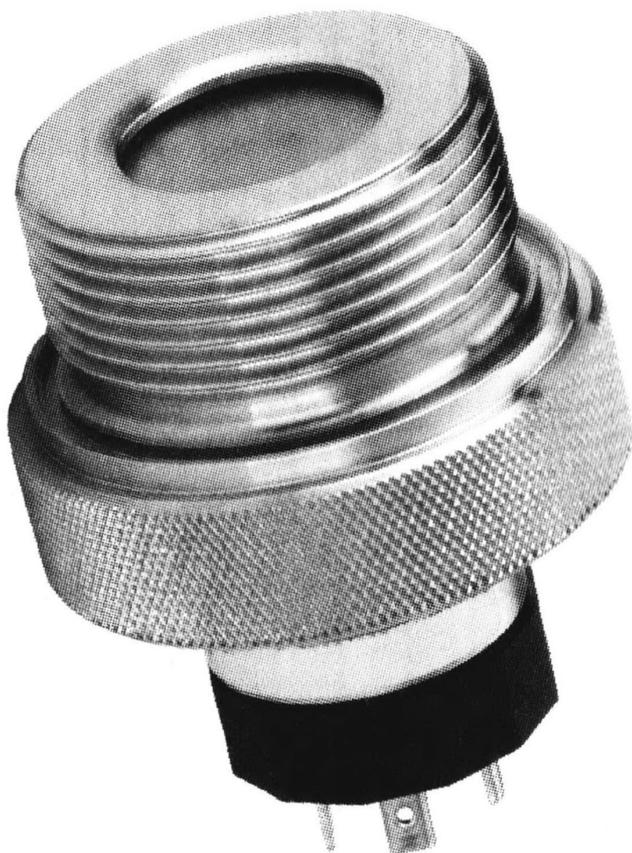
Температура окружающей среды :

- от 0 до $+50$ °С (ВПИ до 40 кПа);
- от 0 до $+70$ °С (ВПИ > 40 кПа).

дополнительно:

- от -20 до $+50$ °С;
- от -40 до $+70$ °С.

Датчик давления МЕТРАН-55-ЛМК 35 I



Измеряемые среды: жидкость,
пар, газ.

Диапазон измеряемых
давлений:

минимальный – 0–4 кПа (0,4 м
вод.ст.);

максимальный – 0–1 МПа (100
м вод.ст.).

Выходной сигнал: 4–20 мА.

Погрешность измерений:
 $\pm 0,35$ %ВПИ.

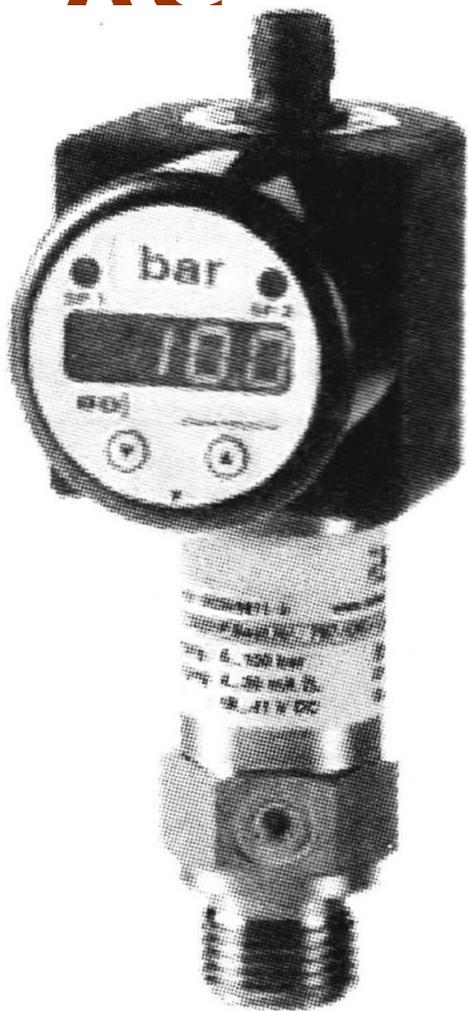
Датчик давления МЕТРАН-55-ЛМК 35 I

- Метран-55-ЛМК 35 I – датчик давления с емкостным керамическим сенсором. Предназначен для измерения уровня или избыточного давления различных сред, в том числе вязких, пастообразных или сильно загрязненных.

Датчик давления МЕТРАН-55-ЛМК 35 I

- Отличительной особенностью керамического датчика является его устойчивость к воздействию агрессивных сред.
- Температура измеряемой среды:
от -25 до $+125$ °C.
- Температура окружающей среды :
От -25 до $+85$ °C.

Многофункциональный датчик давления Метран-55-ЛС



Измеряемые среды: жидкость, пар, газ.

Диапазон измеряемых давлений: минимальный – 0–4 кПа (избыточное), 0–10 кПа (абсолютное), максимальный – 0–60 МПа.

Погрешность измерений: $\pm 0,35$ %ВПИ (стандартно) (ВПИ > 40 кПа).

Многофункциональный датчик давления Метран-55-ДС

Выходные сигналы: 4–20 мА, 0–10 В.

Температура измеряемой среды: от -25 до $+125$ °С.

Температура окружающей среды:

- от 0 до 50 °С (ВПИ до 40 кПа);
- от 0 до 70 °С (ВПИ > 40 кПа).

Многофункциональный датчик давления Метран-55-ДС

Многофункциональный датчик давления Метран-55-ДС 200 предназначен для работы во всех типах сред, неагрессивных к нержавеющей стали, и представляет собой удачное сочетание нескольких устройств:

- прецизионный датчик давления;
- программируемый переключатель давления с релейным выходом;
- цифровой дисплей.

Вопросы

- Перечислите виды давлений.
- Как классифицируются приборы по виду измеряемого давления?
- На чем основан принцип работы U-образного манометра?
На чем основан принцип работы пружинного манометра?
- Какие датчики давления вы знаете?

Ресурсы

- <http://manometer-ufa.ru/>
- <http://pribory-si.ru/>
- <http://megapaskal.ru/>
- <http://npk-etalon.ru/>



Спасибо за внимание