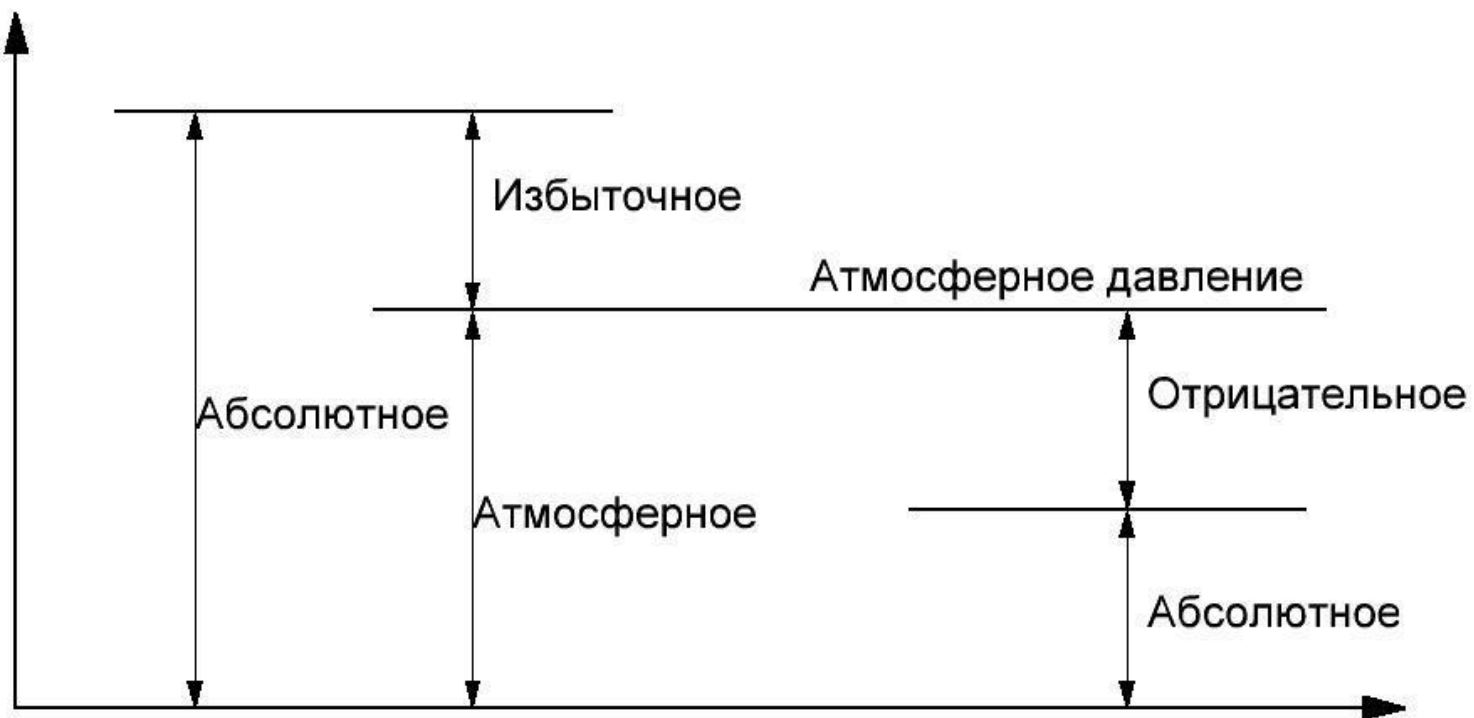


Тема 4. Приборы для измерения давления и разрежения

1. Понятие о давлении и разрежении

Давление – величина, характеризующая интенсивность сил, действующих на какую-нибудь часть поверхности тела по направлениям, перпендикулярным этой поверхности.

Давление



Атмосферное давление $P_{атм}$ — это гидростатическое давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы.

За нормальное атмосферное давление принимают давление, равное 100 кПа (760 мм рт. ст.), такая величина называется физической атмосферой.

Избыточное давление $P_{изб}$ может быть положительным и отрицательным.

Отрицательное давление называется разрежением, или вакуумом.

Под вакуумом понимают состояние воздуха или другого газа в замкнутом объеме, если давление в нем меньше- атмосферного.

Абсолютное давление $P_{абс}$ — сумма атмосферного и избыточного давлений:

$$P_{абс} = P_{изб} + P_{атм}.$$

∴ Единицы измерения давления и их соотношение

табл. 1

Исходная единица измерения	Паскаль [Па]	Бар [бар]	Техническая атмосфера [ат]	Физическая атмосфера [атм]	Метр водяного столба [м водн. ст.]
1 Па	1 Н/м ²	10 ⁻⁵	10,197 · 10 ⁻⁶	9,8692 · 10 ⁻⁶	1,0197 · 10 ⁻⁴
1 бар	10 ⁵	1	1,0197	0,98692	10,197
1 ат	98066,5	0,980665	1	0,96784	10
1 атм	101325	1,01325	1,033	1	10,33
1 м водн. ст.	9806,65	9,80665 · 10 ⁻²	0,1	0,096784	1

Классификация приборов для измерения давления

По назначению:

1. Манометры. Измерение положительного избыточного и абсолютного давления
2. Мановакуумметры. Положительное и отрицательное избыточное давление.
3. Вакуумметры. Отрицательное избыточное давление.
4. Дифференциальные манометры. Измерение перепада давления.

По принципу действия:

- Жидкостные;
- Пружинные;
- Мембранные;
- Поршневые;
- Комбинированные;
- Электрические.

Общие правила монтажа приборов для измерения давления.

1. Показывающие, самопишущие и сигнализирующие манометры и преобразователи давления устанавливаются в вертикальном положении на специальных кронштейнах, стойках, щитах и пультах.
2. Для устранения и сглаживания пульсации измеряемого давления жидкостей, пара и газов используются следующие виды сглаживания:
 - установка в штуцер манометра специального дросселя, позволяющего в зависимости от плотности измеряемой среды значительно уменьшить диаметр входного отверстия манометра от 2 до 0.1 мм;
 - установка дополнительной емкости (2 - 5 л) между отбором измеряемого давления и

3. Место, используемое на технологическом оборудовании или трубопроводе для контроля давления, называется отбором (импульсом) давления.
4. Трасса, соединяющая отбор давления с манометром, называется импульсной линией.
5. В зависимости от величины давления, агрессивности, пожароопасности и взрывоопасности измеряемых сред импульсные линии состоят из медных, стальных цельнотянутых или полихлорвиниловых трубок.

6. Диаметр импульсных трубок и их толщина при монтаже выбираются из расчета длины трассы и максимального рабочего давления измеряемой среды.
7. Импульсные линии для измерения давления контролируемых сред прокладываются в строгом соответствии с монтажной схемой автоматизации объекта, где указаны длина трассы и полная характеристика импульсной линии (тип материала, сечение и толщина стенки).

8. Отборы (импульсы) давления обычно устанавливаются на прямолинейных участках трубопроводов и технологическом оборудовании с учетом изгибов, поворотов, колен и тройников, где возникает дополнительная погрешность измерений давления, вызванная центробежной силой измеряемого потока среды.

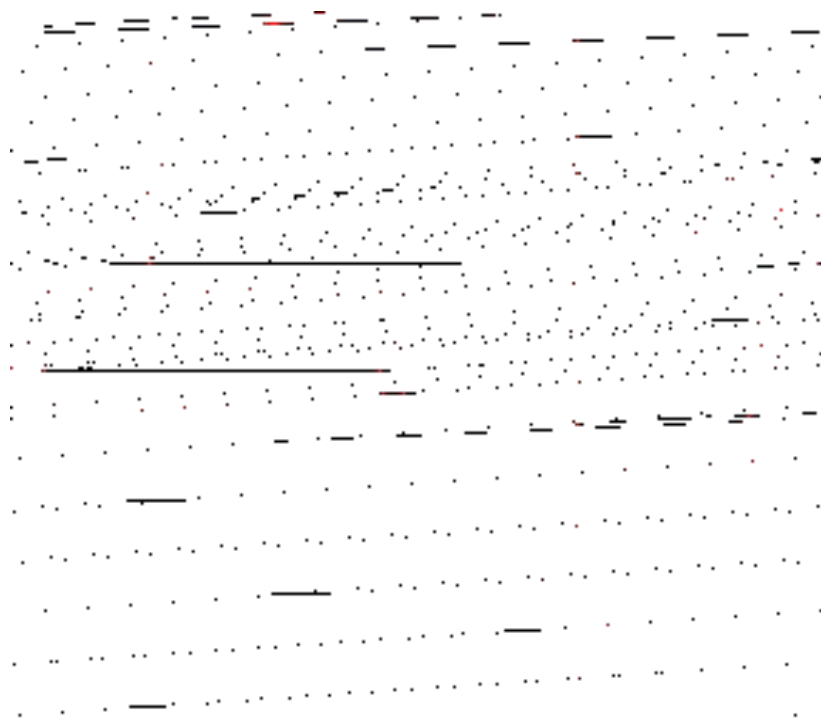
9. При монтаже и установке приборов измерения давления предусматривается защита прибора от воздействия агрессивных сред, вибрации, высоких температур, пульсации давления;
10. При монтаже и установке приборов измерения давления предусматриваются устройства сброса конденсата при измерении влажных газов;
11. При монтаже и установке приборов измерения давления предусматривается исключение возникновения газовых мешков в линиях при измерении давления жидкостей, а в газах - гидравлических пробок;
12. При монтаже и установке приборов измерения давления предусматривается исключение влияния динамического напора среды

13. При измерении давления агрессивных, кристаллизирующихся сред, выделяющих осадки у места отбора импульса, устанавливаются мембранные разделители типа РМ. При этом внутреннее пространство манометра и разделителя заполняют рабочей жидкостью, которая служит для передачи давления от мембраны разделителя к манометру.
14. При измерении давлений кислот и щелочей для защиты внутренней поверхности чувствительного элемента (датчика) манометра используют разделительные сосуды, внутреннюю полость которых заполняют специальной жидкостью.

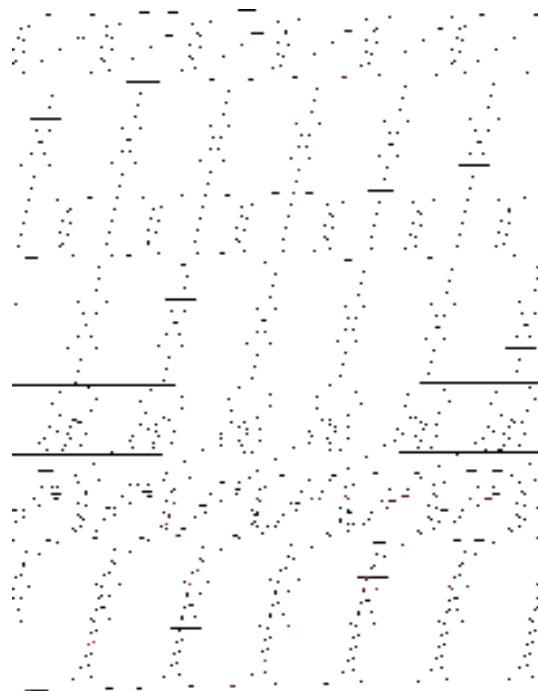
15. Для целей безопасности эксплуатации и выполнения ремонтных работ на месте отбора давления устанавливается запорное устройство - вентиль, рассчитанный на максимальное рабочее давление;
16. На всей трассе "отбор давления - импульсная линия - манометр" для создания необходимой плотности в соединениях используются прокладки, которые в зависимости от измеряемой среды и давления изготавливаются из паронита, пресшпана, алюминия или отожденной меди.

17. Все трубные проводки монтируют в соответствии с рабочими чертежами проекта по схемам внешних трубных проводок, в которых определены трасса, длина и сортамент труб.

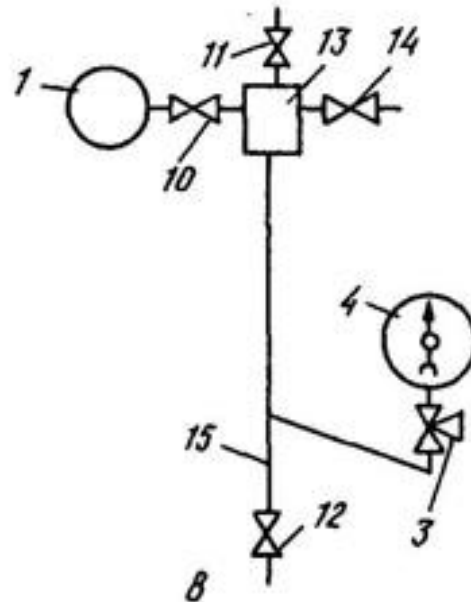
- Газ. При измерении давления газа, точку отбора давления желательно устанавливать в верхней полусфере трубопровода, т.к. в технологических газах может содержаться влага или механические частицы, которые могут забивать отверстие запорных вентиляей.



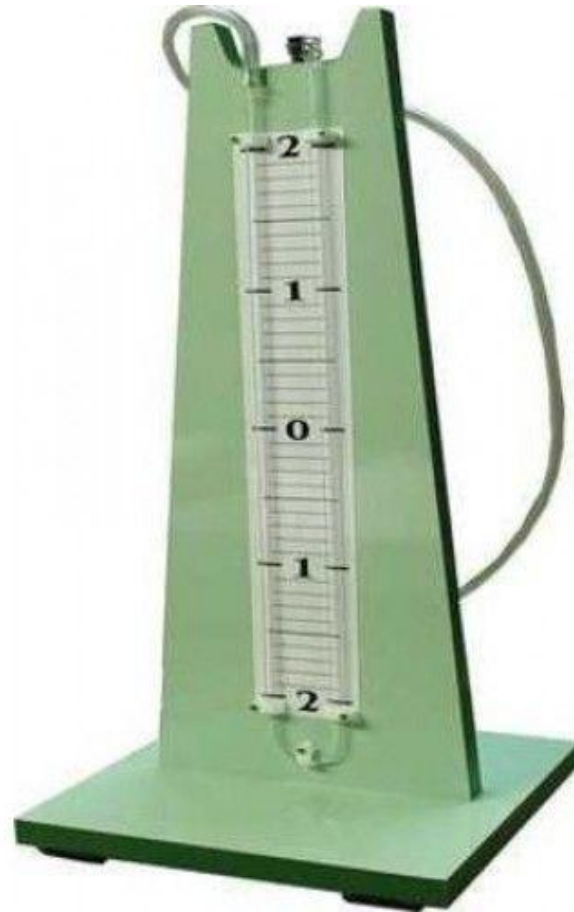
- Жидкость. При измерении давления жидкости, точку отбора давления желательно устанавливать в нижней полусфере трубопровода, т.к. в технологических жидкостях может содержаться газ, который при попадании в импульсную линию будет создавать газовые пробки, и тем самым вносить погрешность в показания прибора.



- Пар. При измерении давления пара, перед манометром или перед преобразователем должно быть установлено конденсационное устройство для предохранения прибора от попадания пара в чувствительный элемент, чтобы не произошла его деформация под действием высокой температуры. На импульсной линии должны быть установлены два запорных вентиля, один - на точке отбора и второй – перед прибором. Для конденсации пара перед манометром, если он установлен выше точки отбора, устанавливают трубку в виде петли. Если прибор установлен ниже точки отбора, то импульсная линия выполняется в виде колена.



Жидкостные манометры

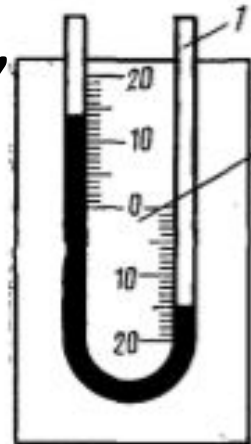


Принцип действия

Уровни жидкости в сообщающихся сосудах при одинаковых давлениях в обоих коленах лежат в одной горизонтальной поверхности.

Если изогнутую и открытую с обоих концов U-образную полую трубку залить жидкостью, то уровни жидкости в обоих сосудах будут одинаковыми.

Под действием измеряемого давления, подключенного к одному из концов прибора, образуется разность уровней жидкости, по которой определяется значение измеряемого давления,

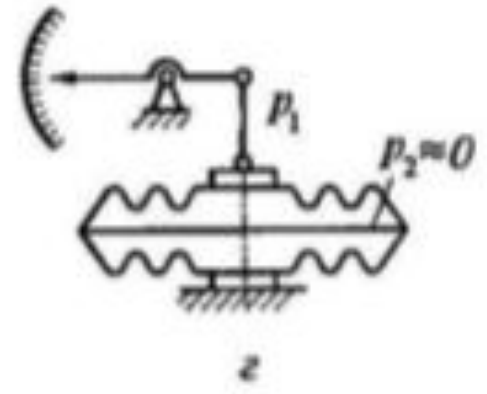
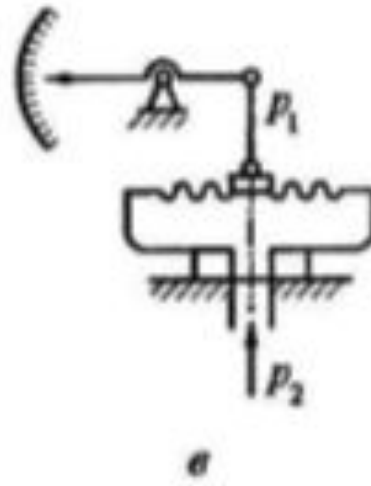
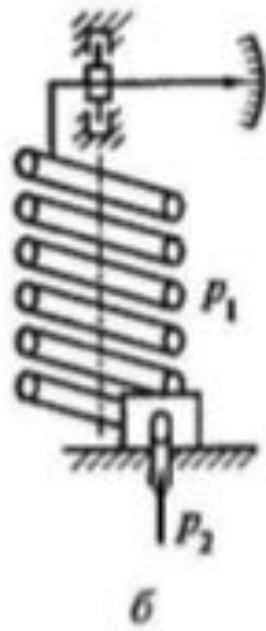
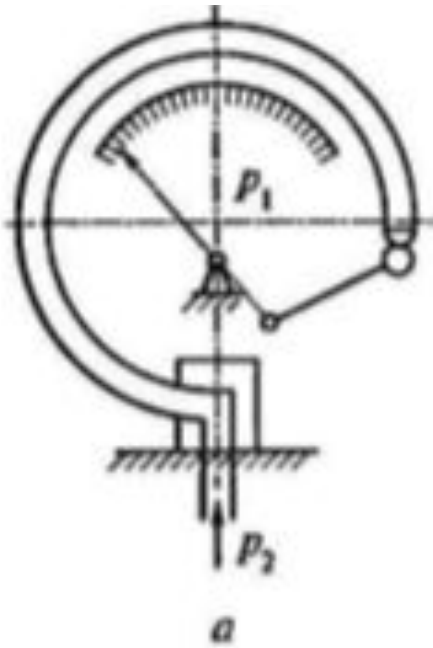


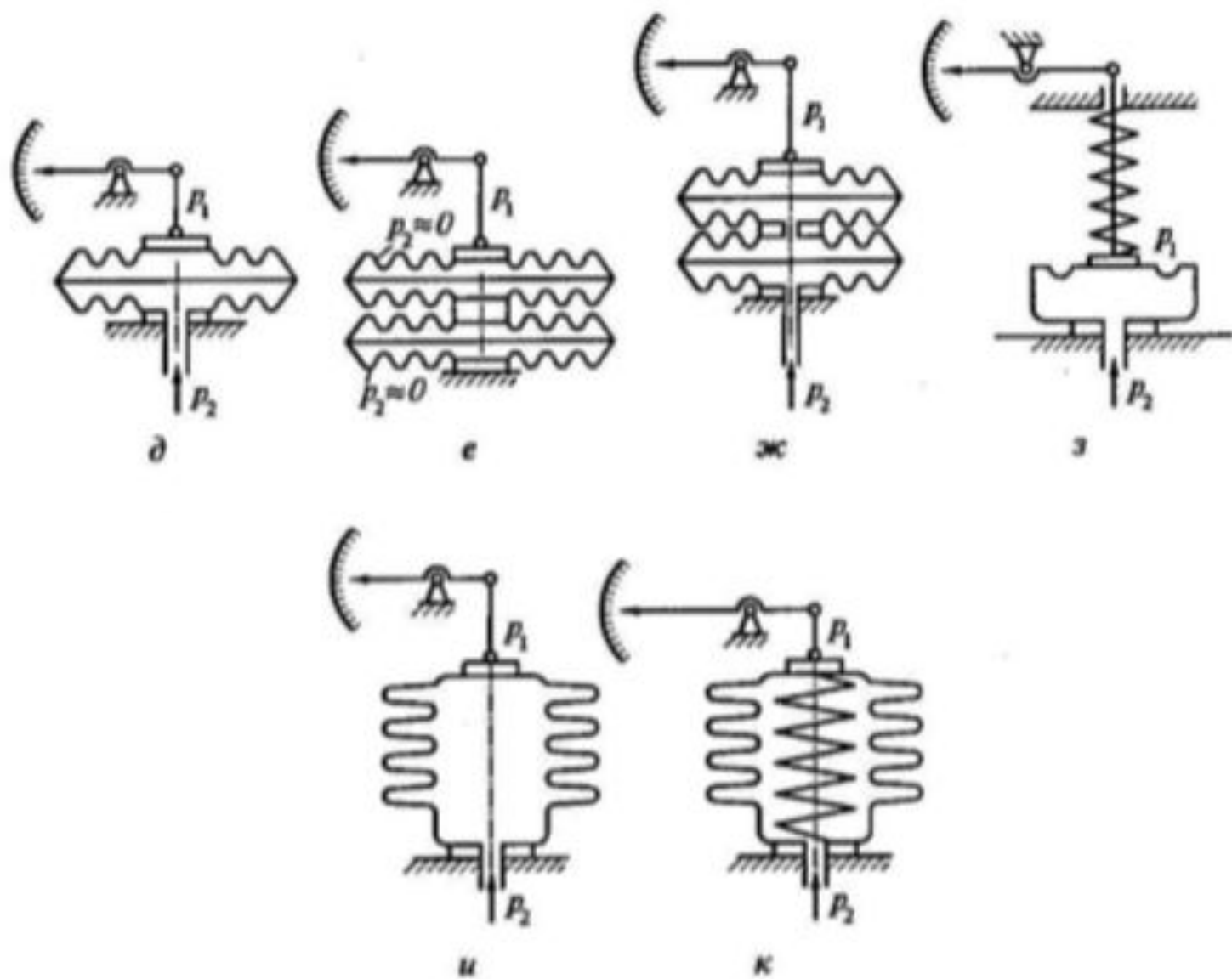
Недостатки:

- Отсутствие дистанционной передачи показаний;
- Небольшие пределы измерения;
- Низкая прочность.

Широко применяются в лабораторных исследованиях и в качестве образцовых приборов.

Деформационные средства измерения давления



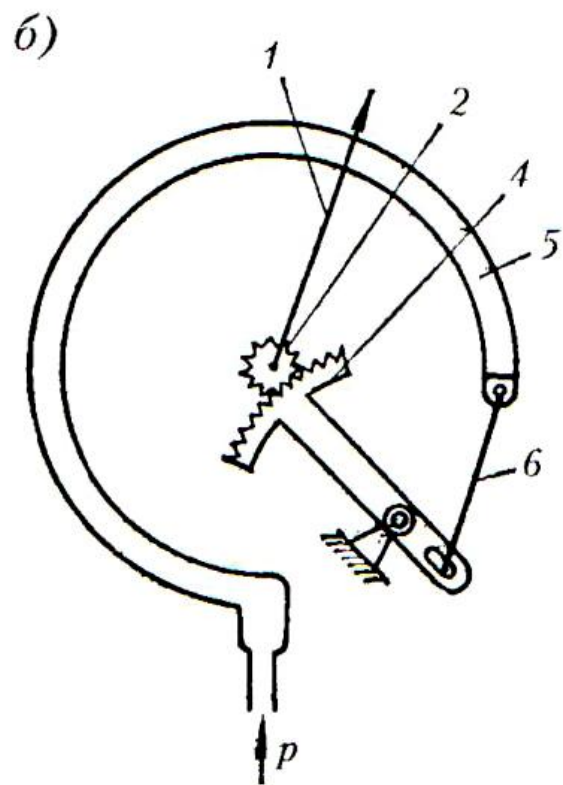
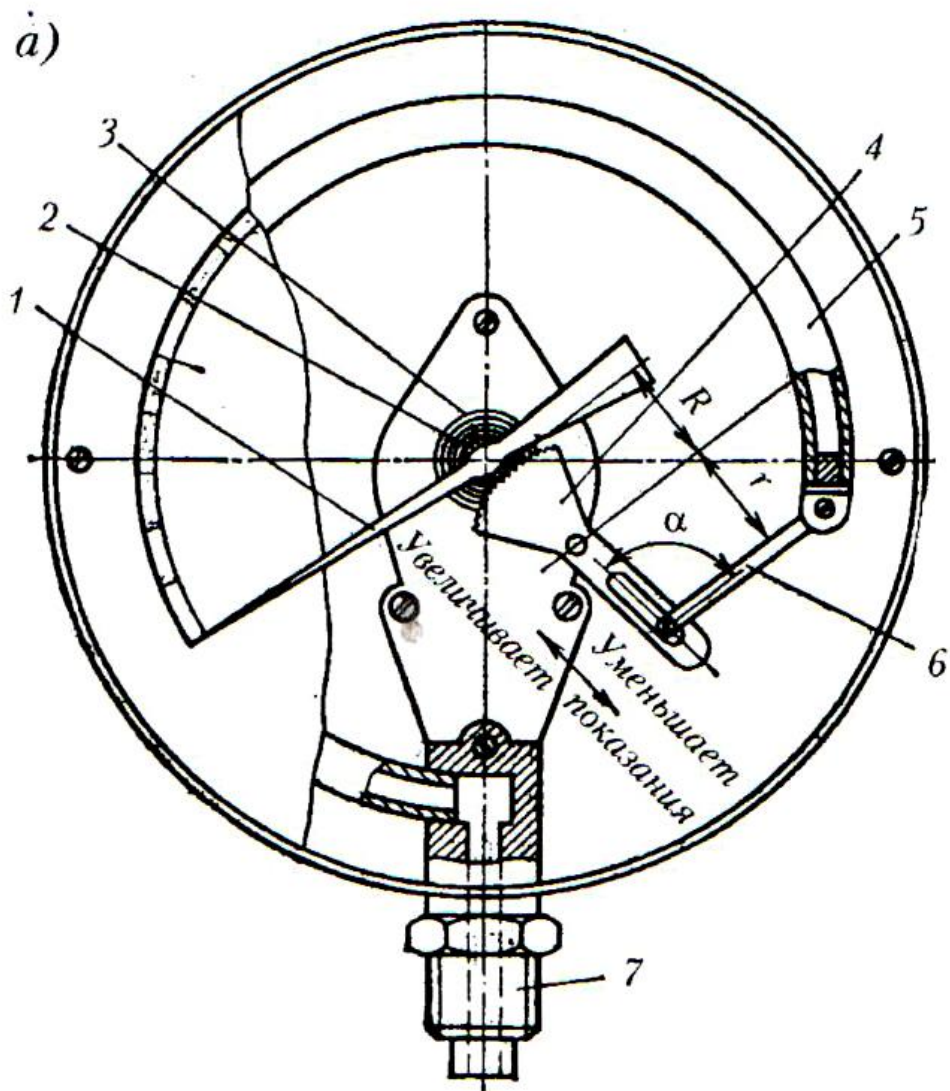


Пружинные манометры



Dial Shown May Not Represent Actual Product







Принцип действия

Под действием избыточного измеряемого давления трубчатая пружина деформируется (в пределах упругих деформаций), стремясь распрямиться.

При этом свободный конец пружины, перемещаясь совместно с поводком, разворачивает относительно оси зубчатый сектор, который в свою очередь поворачивает на определенный угол зубчатую шестеренку и стрелку прибора.

Трубчатая пружина в сечении имеет эллипсовидную или овальную форму, которая под действием измеряемого давления газа или жидкости стремится к окружности.

В металле возникают механические напряжения, приводящие к деформации пружины, вследствие этого увеличивается малая ось эллипса трубчатой пружины и сечение трубки будет стремиться к окружности.

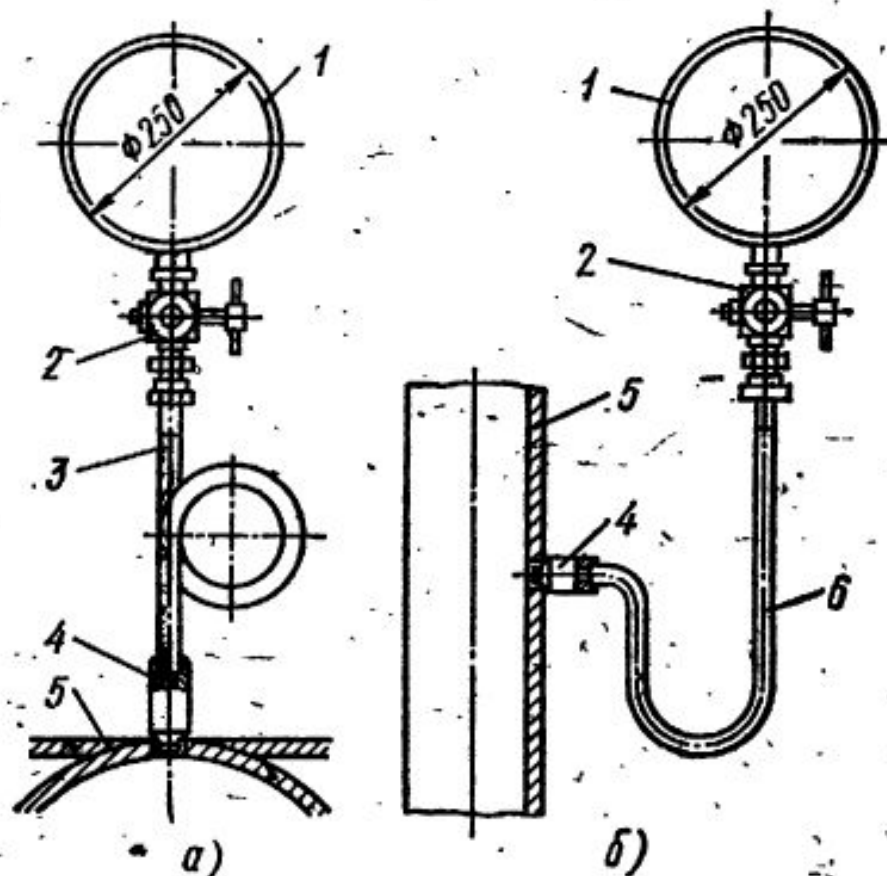
При подаче на вход манометра избыточного давления трубка разжимается, а при подаче разрежения — сжимается.

Правила монтажа пружинных манометров

1. Внешний осмотр. Наличие защитных колпачков на штуцерах, предохраняющих внутренние полости от загрязнения и резьбы от механических повреждений.

2. Отбор давления устанавливается на прямолинейном участке трубопровода с учетом изгибов, поворотов, колен и тройников.

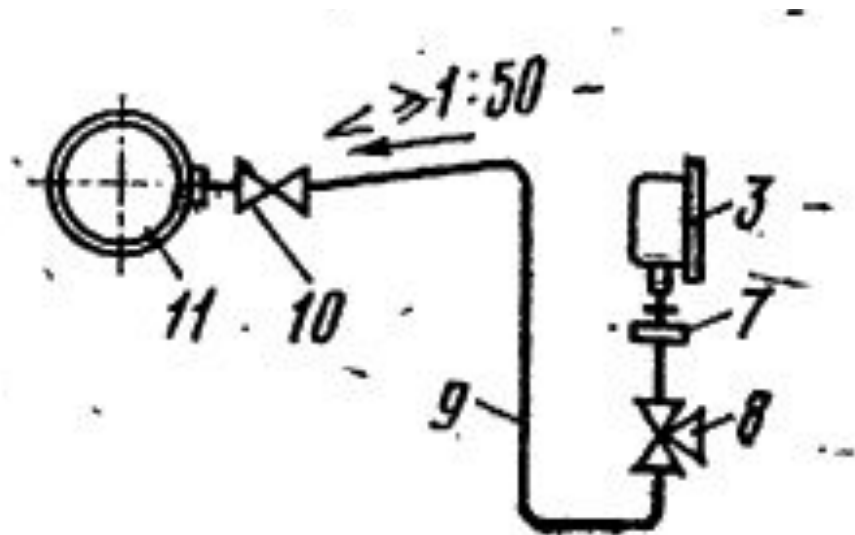
3. К манометру, измеряющему давление пара или горячей воды, измеряемую среду подводят кольцеобразной или образцовой трубкой



3. Для продувки и проверки манометров по контрольному манометру перед ними устанавливают трехходовые краны или вентили.

4. Обеспечить герметичность соединений. Присоединительный ниппель уплотнить прокладкой.

5. При дистанционном измерении давления длина соединительных линий для одновитковых пружинных манометров не должна превышать 100м, многовитковых – 30 м.



- Соединительную трубную линию 9 у места отбора прокладывают с уклоном 1:50 в сторону технологического оборудования.
- На расстоянии 500 мм. от места отбора устанавливают запорный вентиль 10.

-Трубную линию соединяют с прибором с помощью ниппеля 7 и накидной гайки.

- Перед прибором устанавливают трехходовой кран 8 для продувки соединительной трубной линии и проверки показаний манометра.

Основные неисправности пружинных манометров и способы их устранения

К основным неисправностям относят:

1. Изнашивание деталей передаточного механизма (трибка, сектор и т.д.)
2. Увеличение зазоров в соединениях передаточного механизма.
3. Появление остаточных деформаций в датчике (трубчатой пружине)
4. Деформация измерительной стрелки
5. Неисправности шкалы, корпуса, стекла прибора.

Неисправность

Причина
неисправности

Способ
устранения

Мембранные манометры

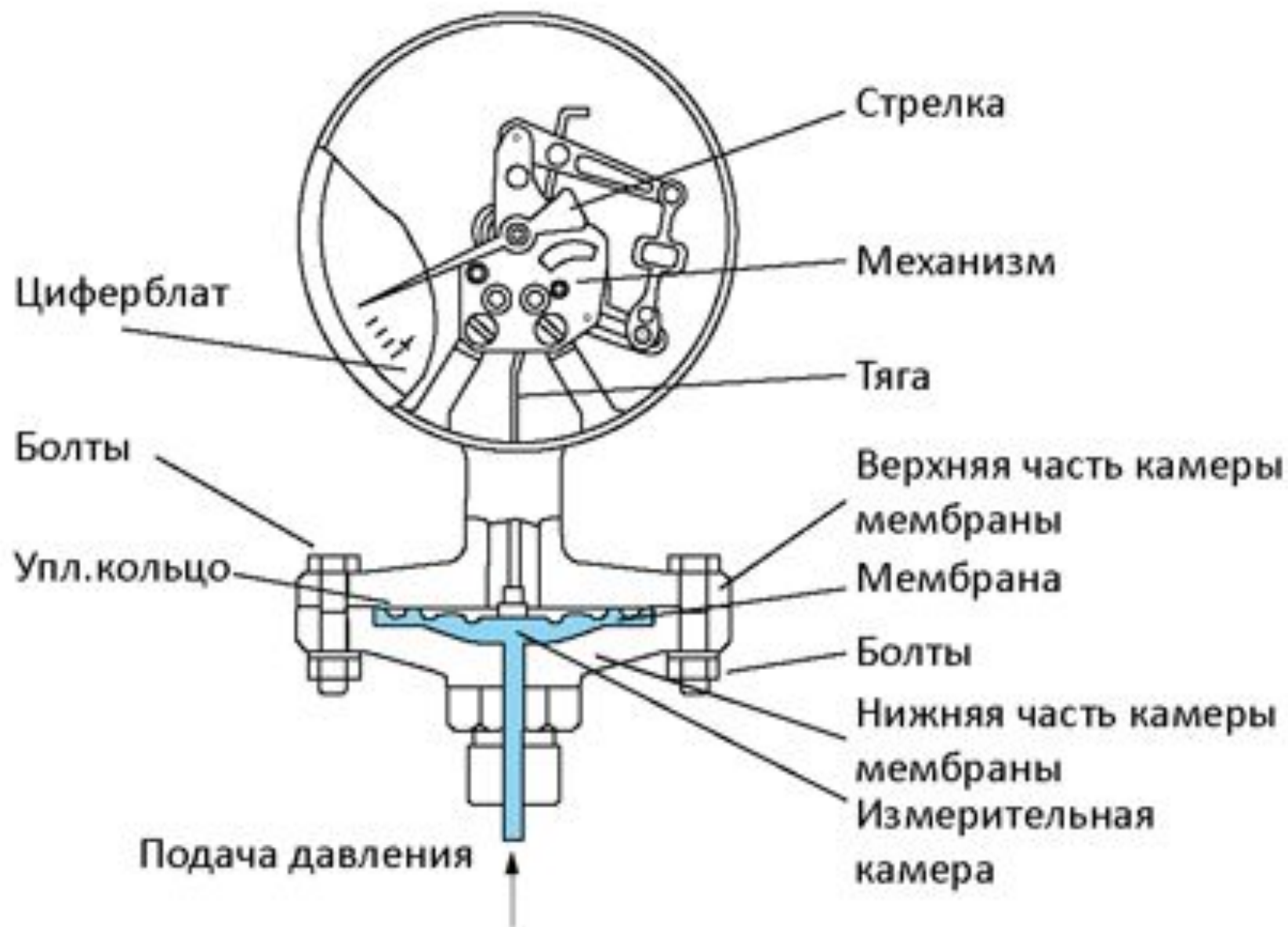


Принцип действия

Принцип действия мембранного манометра основан на пневматической компенсации, где сила развиваемая измеряемым давлением уравновешивается силой упругости мембранной коробки.

Внутри прибора имеется специальная мембрана, уровень прогиба которой зависит от воздействия создаваемого давлением.

Обычно применяется две спаянных между собой мембран, образывающих коробку. По мере изменения объема коробки чувствительный механизм отклоняет стрелку.



Деформация от измерительного элемента через тягу передается на трибно- секторный механизм, и далее на стрелку.

Мембрана представляет из себя круглый гофрированный лист металла, который имеет большую площадь по сравнению с пружинным манометром.

Мембрана может быть либо приваренной к верхней части камеры мембраны, либо зафиксированной между двумя фланцами, это позволяет ей воспринимать усилия давления с одной стороны.

Данный принцип действия манометра обеспечивает то, что выдерживается высокое давление перегрузки, а достигается это вследствие того, что верхняя часть камеры выступает в качестве ограничителя.

Достоинства:

- Мембраны нашли применение в качестве чувствительных элементов при измерении малого и среднего давления особенно вязких, загрязненных и агрессивных сред.
- Они менее чувствительны к вибрациям и пульсациям измеряемой среды.

Недостатки:

- Малый ход мембраны, что предопределяет повышенные требования к передаточному трибно-секторному механизму

Правила монтажа мембранных манометров

1. Внешний осмотр. Наличие защитных колпачков на штуцерах, предохраняющих внутренние полости от загрязнения и резьбы от механических повреждений.

2. Отбор давления устанавливается на прямолинейном участке трубопровода с учетом изгибов, поворотов, колен и тройников.

3. Для продувки и проверки манометров по контрольному манометру перед ними устанавливают трехходовые краны или вентили.

4. Обеспечить герметичность соединений. Присоединительный ниппель уплотнить прокладкой.

Основные неисправности мембранных манометров

Неисправность

Причина
неисправности

Способ
устранения

Сильфонные манометры



Flagma.Ltd

Сильфонные манометры предназначены для измерения разрежения и небольших избыточных давлений до 40 кПа.

Сильфонный манометр — это деформационный манометр, в котором чувствительным элементом является сильфон, представляющий собой гофрированную тонкостенную металлическую трубку, изготовленную из высокопрочного сплава.

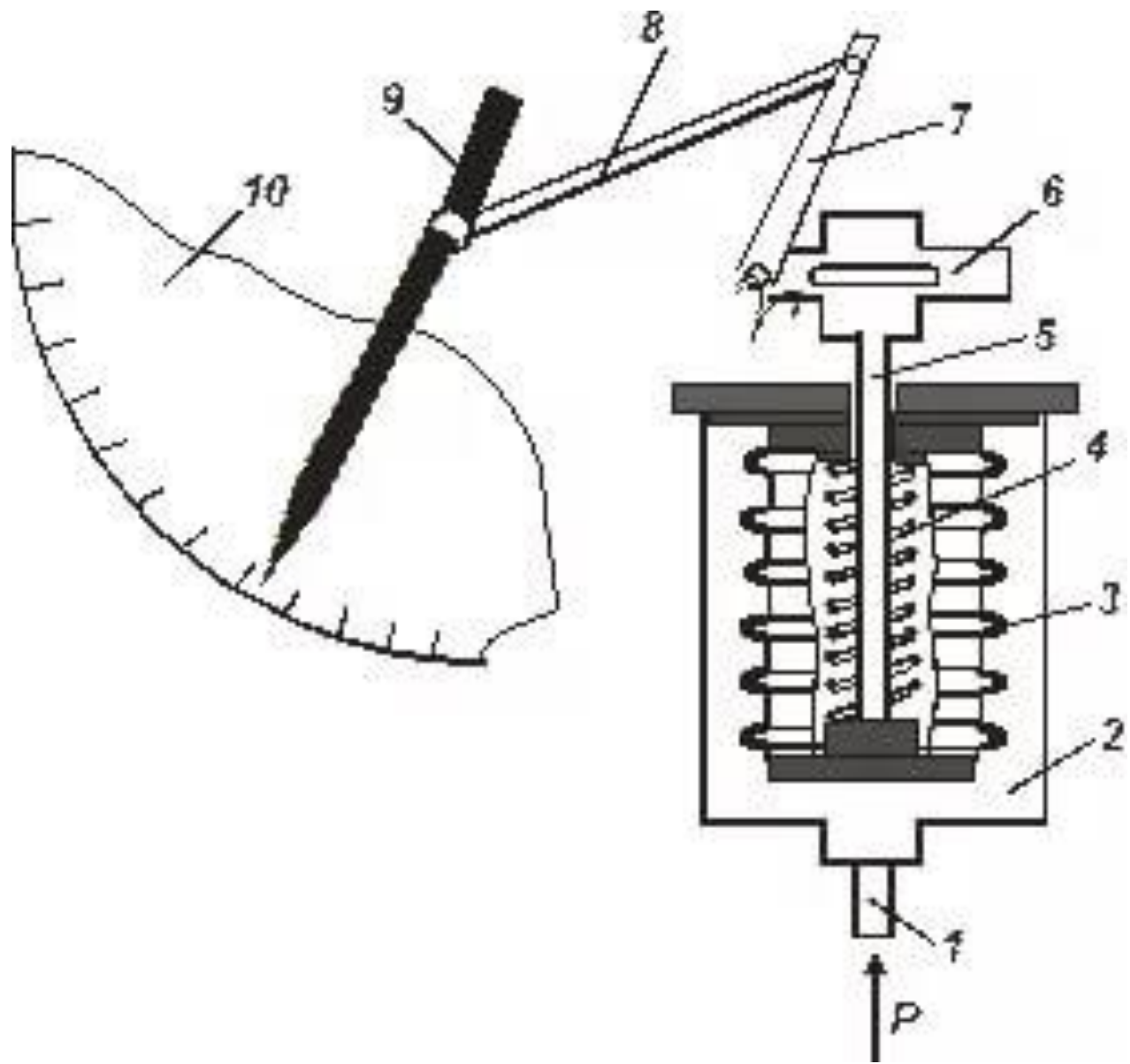
Сильфонные манометры выпускаются как показывающие, так и самопишущие (МСС) с часовым механизмом или электроприводом.

Класс точности — 1 %, 1,5 %.

Принцип действия

Принцип действия *сильфонного манометра* основан на уравнивании избыточного давления силами упругой деформации сильфона.

Избыточное давление подводят внутрь сильфона, при этом длина сильфона увеличивается, вследствие чего стрелка прибора через систему рычагов движется по шкале.



Измеряемое давление через штуцер 1 подается в камеру 2, где расположен чувствительный элемент – сильфон 3.

Для увеличения жесткости сильфона внутри его расположена пружина 4.

Под действием давления сильфон деформируется и дно его поднимает шток 5, жестко связанный с двуплечим рычагом 6, который через систему рычагов 7 и 8 поворачивает ось, на которую насажена стрелка 9 указателя отсчетного устройства.

Индикация измеренной величины производится по шкале 10.

Правила монтажа сильфонных манометров

1. Внешний осмотр. Наличие защитных колпачков на штуцерах, предохраняющих внутренние полости от загрязнения и резьбы от механических повреждений.

2. Отбор давления устанавливается на прямолинейном участке трубопровода с учетом изгибов, поворотов, колен и тройников.

3. Для продувки и проверки манометров по контрольному манометру перед ними устанавливают трехходовые краны или вентили.

4. Обеспечить герметичность соединений. Присоединительный ниппель уплотнить прокладкой.

Электроконтактные манометры



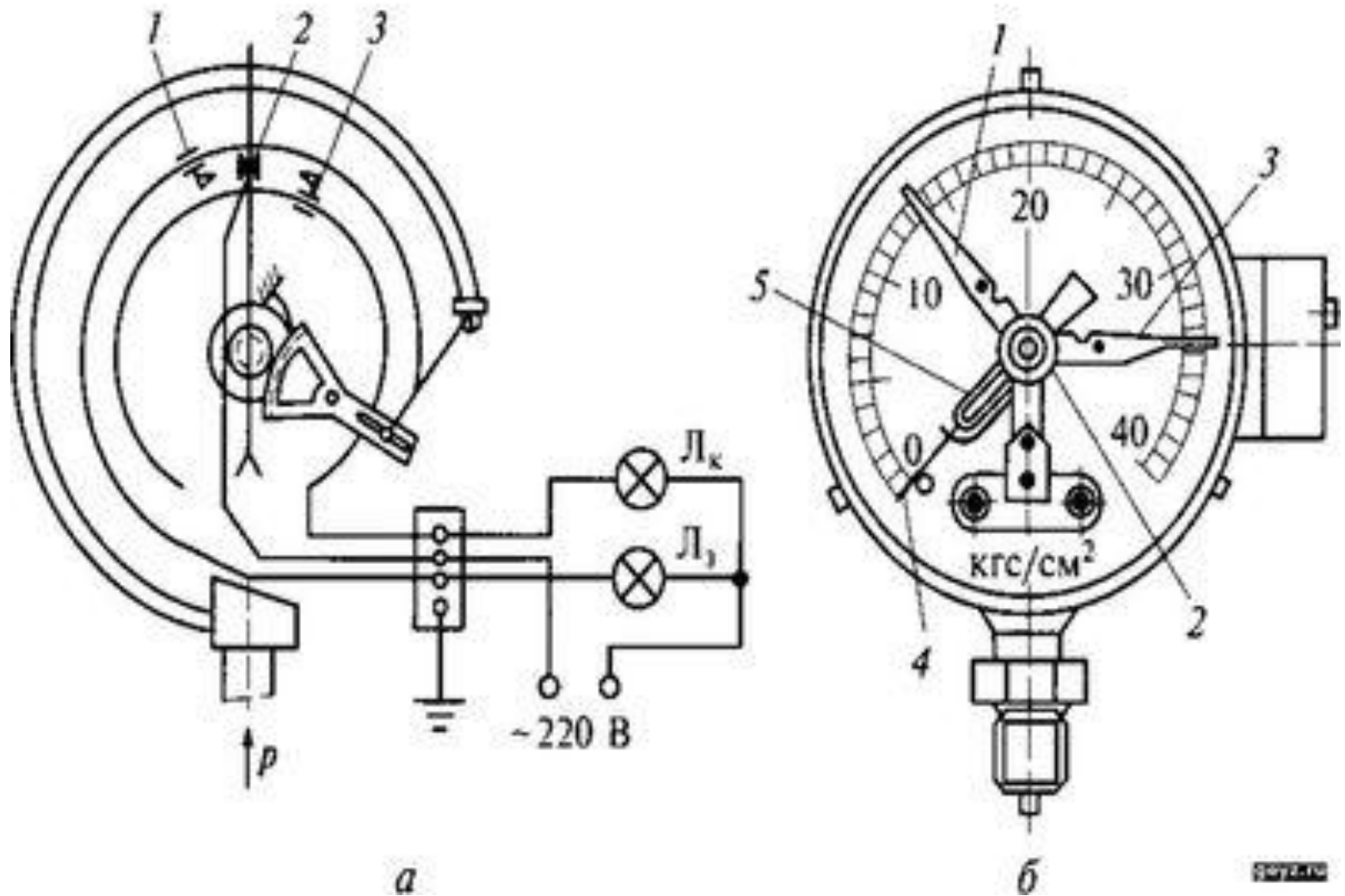
Электроконтактный манометр — это датчик, который применяется для измерения избыточного и вакуумметрического давлений в разных средах (жидкость, газ, пар), используется в качестве сигнализирующего устройства прямого действия и позволяет управлять производственными процессами, при этом особым условием к среде является исключение ее кристаллизации.

Принцип действия ЭКМ

Заключается в замыкании или размыкании подвижным контактом некоего уставочного значения.

Подвижным контактом электроконтактного манометра является показывающая давление стрелка, которая поворачивается при изменении давления в измеряемой среде.

Уставочное (регулируемое) значение выставляется вручную с помощью двух стрелок (минимальное и максимальное значение). Эти стрелки манометра после установки значений неподвижны.



1, 3, 5 — электрические контакты; 2 — головка с винтом; 4 — стрелка; Л_к, Л_з — лампы красного и зеленого цвета; p — импульс давления среды

Преимущества:

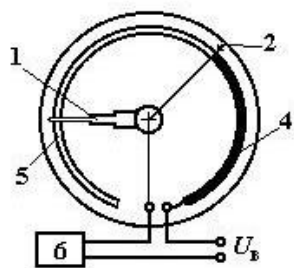
- Визуализация настроек четкая и понятная;
- Настройка пределов срабатывания достаточно проста и не требует специальных ключей, особых знаний и большого количества времени;
- Сборка в едином корпусе, что позволяет не использовать дополнительных тройников при подключении.

Недостатки:

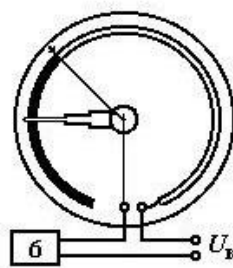
- Ограничение мощности нагрузки из-за слишком малого значения предельного тока коммутации, который имеет диапазон от 0,3 до 0,5 А (ЭКМ со скользящими контактами) до 1 А (контакты с магнитным поджатием);
- Высокая стоимость, по сравнению с реле давления,

Схема подключения

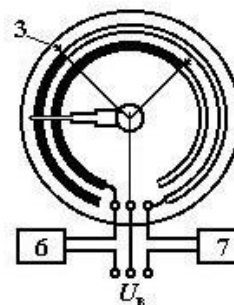
- 1 – основная показывающая стрелка;
- 2 и 3 – уставки предельных значений;
- 4 и 5 – области замкнутых и разомкнутых контактов;
- 6 и 7 – внешние цепи, в которых находится электроконтактный манометр.



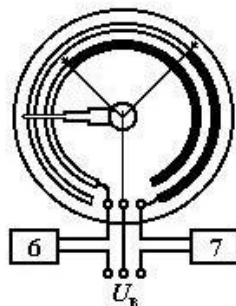
Исп.1



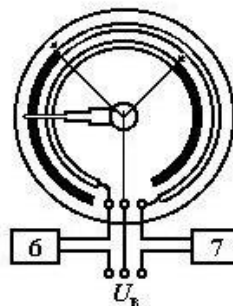
Исп.2



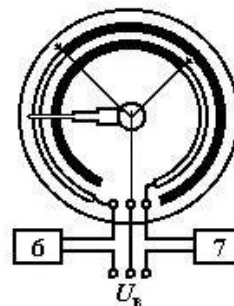
Исп.3



Исп.4



Исп.5



Исп.6

Правила монтажа электроконтактных манометров

1. При наружной установке приборы должны быть защищены от прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков.
2. Категорически запрещается монтировать прибор (вворачивать в резьбовое гнездо) воздействием на корпус. Монтаж в резьбовое соединение допускается только гаечным ключом, устанавливаемым присоединительного штуцера.

3. Установка сигнальных стрелок (перевод уставок) и электрический монтаж кабельного ввода должны производиться с обесточенной сетью коммутации
4. Подключение электрической цепи к прибору производится четырехжильным кабелем. Уплотнение кабеля в кабельном вводе корпуса должно обеспечивать пылебрызгонепроницаемость кабельного ввода.

5. Установка указателей сигнализирующего устройства:

- одна из сигнальных стрелок устанавливается в нужное положение путём нажатия отверткой на триб перевода и его вращения;
- вторая сигнальная стрелка устанавливается вращением отвёрткой триба перевода без нажатия на него.

6. По окончании монтажа проверить сопротивление изоляции и сопротивление заземления.
7. При подаче измеряемой среды в рабочую полость прибора необходимо выдержать время для стабилизации показаний, затем перекрыть подводящий клапан.

Основные неисправности и способы их устранения

Возможная неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
Стрелка прибора стоит неподвижно как при понижении давления так и при его повышении	Засорился канал штуцера или подводная магистраль	Прочистить канал штуцера, сняв прибор с объекта. Продуть магистраль сжатым воздухом
Прибор «не держит» давление	Недостаточная герметичность соединения прибора с местом отбора давления	Сменить прокладку между штуцером и посадочным местом
Показывающая стрелка движется неравномерно (скачком)	Показывающая стрелка задевает за циферблат или за указатели	Выправить стрелку
Нет сигнала "максимум" или "минимум" или нет обоих сигналов	Неисправность подводщего ток кабеля или места соединения кабеля с клеммной колодкой. Неисправность электроконтактного механизма	Устранить неисправность и проверить напряжение на клеммной колодке. Отремонтировать электроконтактный механизм