Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова

Международный научно-образовательный центр БГТУ-ФЕСТО «Синергия»

Измерительные процессы и средства измерения

Малый Максим, асп. каф. К4

Малыгин Денис, асс. каф. К4

Основные понятия

Измерение — совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу, хранящуюся в техническом средстве (средстве измерений).

Получившееся значение называется числовым значением измеряемой величины, числовое значение совместно с обозначением используемой единицы называется значением физической величины.

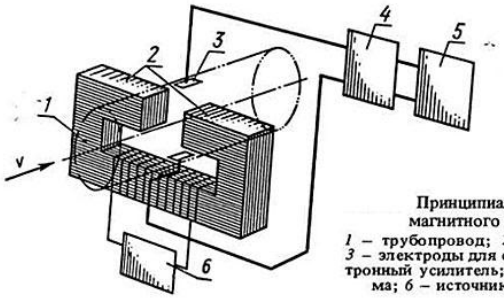
Измерение физической величины опытным путём проводится с помощью различных средств измерений — мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, систем, установок и т. д.

Измерение физической величины включает в себя несколько этапов:

1) сравнение измеряемой величины с единицей;
2) преобразование в форму, удобную для использования (различные способы индикации).

Основные понятия

- **Принцип измерений** — физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.



Принципиальная схема электромагнитного расходомера:
1 – трубопровод; *2* – полюса магнита; *3* – электроды для съема ЭДС; *4* – электронный усилитель; *5* – отсчетная система; *6* – источник питания магнита

Измери́тельный преобразова́тель (ИП) — техническое средство с нормируемыми метрологическими характеристиками, служащее для преобразования *измеряемой величины* в *другую величину* или *измерительный сигнал*, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации и передачи, но непосредственно не воспринимаемый оператором.

Основные понятия

- **Метод измерений** — приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

Средство измерений — техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Основные понятия

Характеристикой точности измерения является его *погрешность* или *неопределённость*.

Погрешность измерения — оценка отклонения измеренного значения величины от её истинного значения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения.

Существует несколько способов записи величины вместе с её абсолютной погрешностью.

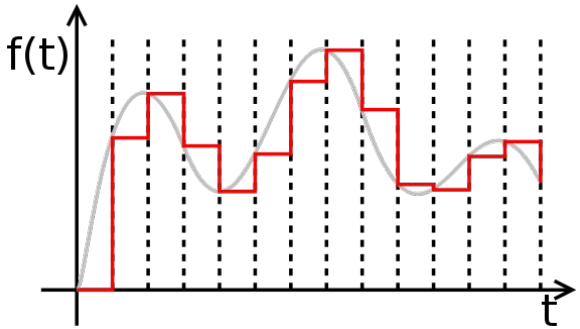
- Например, рекорд в беге на 100 метров, установленный в 1983 году, равен 9,930±0,005 с.
- Измеренное значение постоянной Больцмана равно

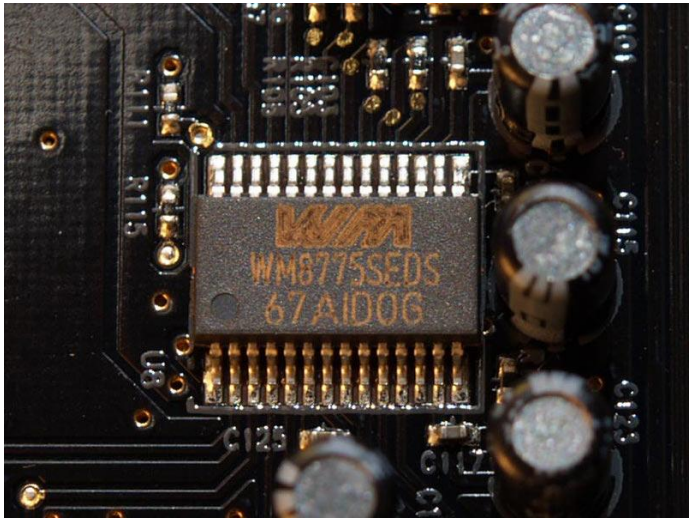
$1{,}380\,6488(13)\times10^{-23}$ Дж/К, что также можно записать значительно длиннее как $1{,}380\,6488\times10^{-23}\pm0{,}000\,0013\times10^{-23}$ Дж/К.

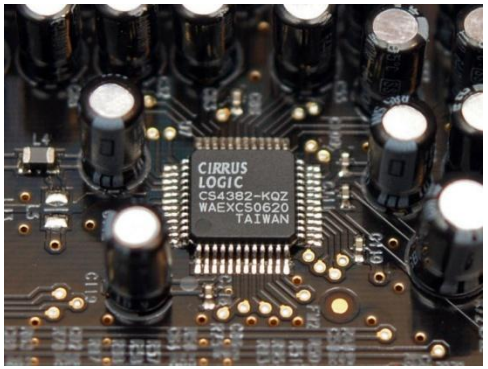
Классификация измерительных преобразователей (ИП)

По характеру преобразования:

- *Аналоговый измерительный преобразователь*
- *Аналого-цифровой измерительный преобразователь*
- *Цифро-аналоговый измерительный преобразователь*



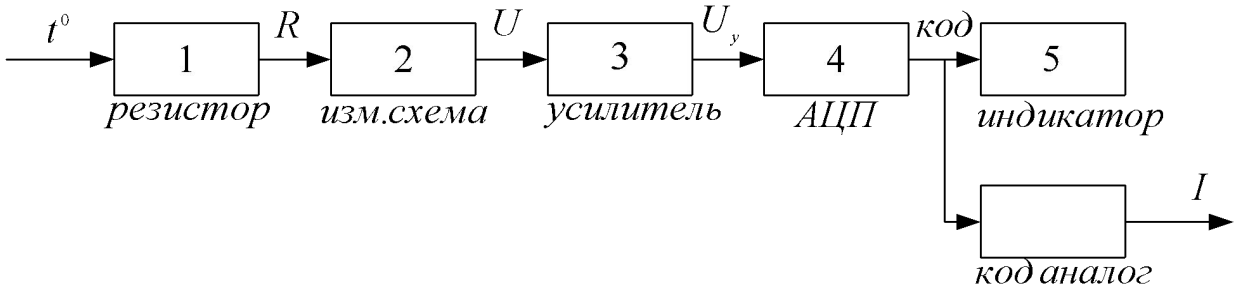




Классификация измерительных преобразователей (ИП)

По месту в измерительной цепи:

- *Первичный измерительный преобразователь, датчик, детектор*
- *Промежуточный измерительный преобразователь*



По принципу действия ИП делятся на генераторные (активные) и параметрические (пассивные).

Датчик

Определения:

- чувствительный элемент, преобразующий параметры среды в пригодный для технического использования сигнал, обычно электрический, хотя возможно и иной по природе, например — пневматический сигнал;
- законченное изделие на основе указанного выше элемента, включающее, в зависимости от потребности, устройства усиления сигнала, линеаризации, калибровки, аналого-цифрового преобразования и интерфейса для интеграции в системы управления. В этом случае чувствительный элемент датчика сам по себе может называться сенсором.
- датчиком называется часть измерительной или управляющей системы, представляющая собой конструктивную совокупность измерительных преобразователей, включающую преобразователь вида энергии сигнала, размещенную в зоне действия влияющих факторов объекта и воспринимающий естественно закодированную информацию от этого объекта.
- конструктивно обособленная часть измерительной системы, содержащая один или несколько первичных преобразователей, а также один или несколько промежуточных преобразователей.

Классификация датчиков

По виду выходных величин:

- Активные
- Пассивные

По характеру выходного сигнала

- Дискретные
- Аналоговые
- Импульсные

По среде передачи сигналов

- Проводные
- Беспроводные

По количеству входных величин

- Одномерные
- Многомерные

По технологии изготовления

- Элементные
- Интегральные

По измеряемому параметру

- Давления
- Расхода
- Уровня
- Температуры
- Концентрации
- Радиоактивности
- Перемещения
- Положения
- Фотодатчики
- Углового положения
- Вибрации
- Механических величин
- Дуговой защиты

По принципу действия

- Оптические
- Магнитоэлектрические
- Пьезоэлектрические
- Тензопреобразователь
- Емкостные
- Потенциометрические
- Индуктивный

ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ

Датчики давления

Датчик давления — устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости, газы, пар). В датчиках давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код.

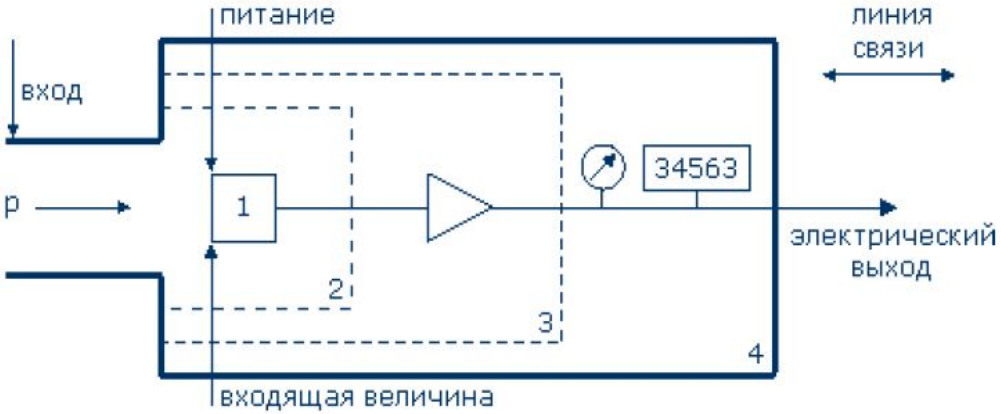
Датчики давления

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.

Основным отличием одних приборов от

других является точность регистрации давления, которая зависит от принципа преобразования

давления в электрический сигнал: *тензометрический, пьезорезистивный, емкостной, индуктивный, резонансный, ионнизационный*.

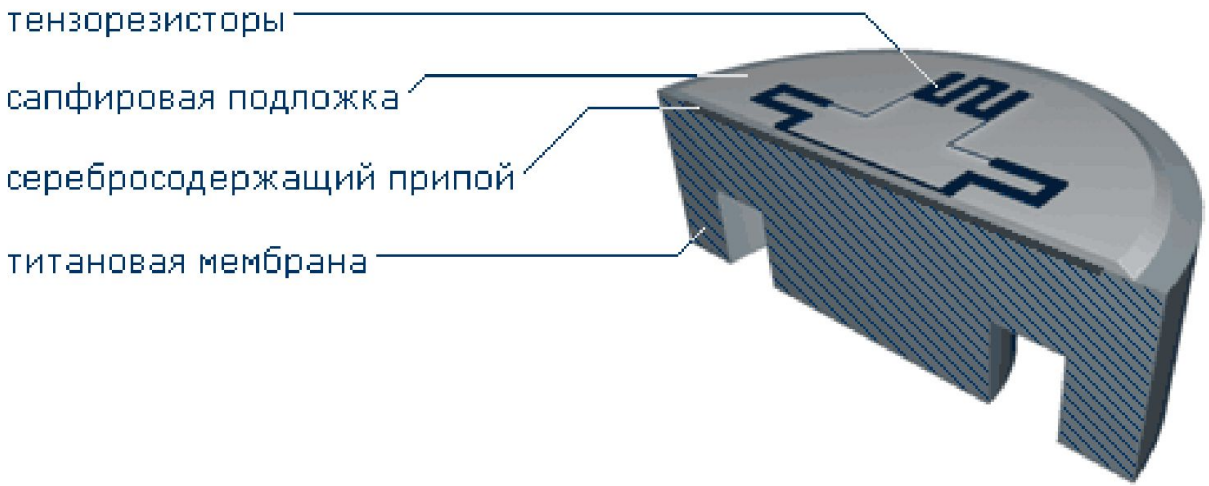


1 - чувствительный элемент
2 - приемник давления
3 - преобразователь давления
4 - измерительный преобразователь давления

Принципы реализации *Тензометрический*

В настоящее время основная масса датчиков давления выпускаются на основе чувствительных элементов, принципом которых является измерение деформации тензорезисторов, сформированных в пленке кремния на подложке из сапфира (КНС), припаянной твердым припоем к титановой мембране.

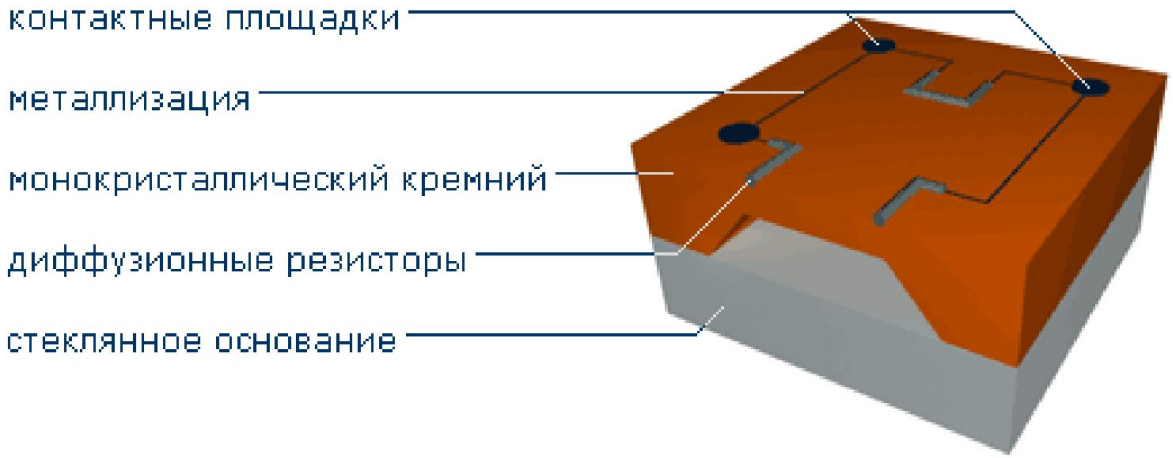
Иногда вместо кремниевых тензорезисторов используют металлические: медные, никелевые, железные и др.



Принципы реализации *Пьезорезистивный*

Кремниевый интегральный преобразователь давления (ИПД) представляет собой мембрану из монокристаллического кремния с диффузионными пьезорезисторами, подключенными в мост Уитстона.

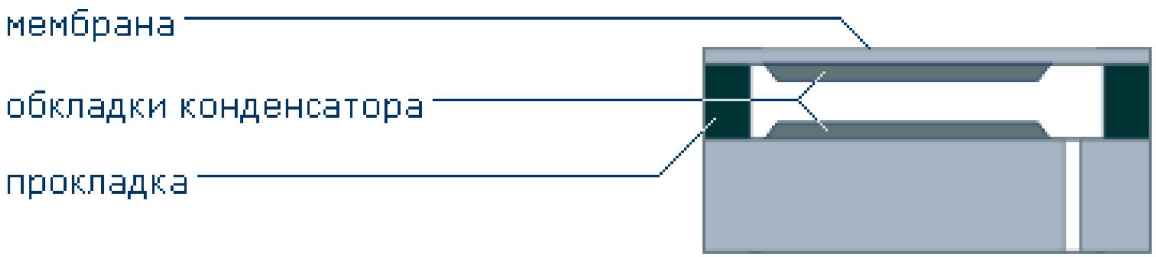
Чувствительным элементом служит кристалл ИПД, установленный на диэлектрическое основание с использованием легкоплавкого стекла или методом анодного сращивания.

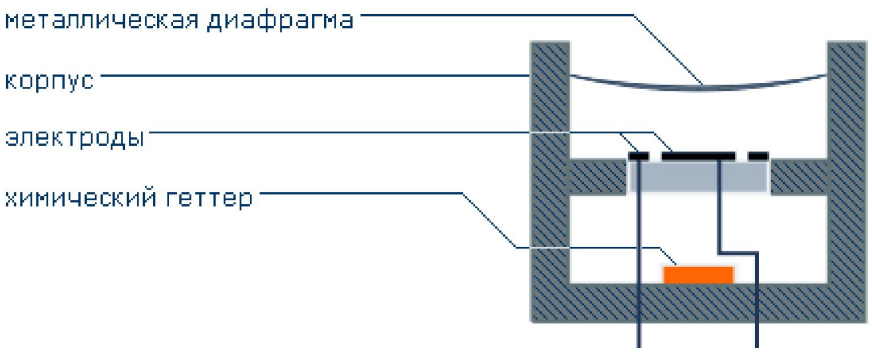


Принципы реализации
Емкостный

Емкостные преобразователи используют метод изменения емкости конденсатора при изменении расстояния между обкладками. Известны керамические или кремниевые емкостные первичные преобразователи давления и преобразователи, выполненные с использованием упругой металлической мембраны. При изменении давления мембрана с электродом деформируется и происходит изменение емкости.

В элементе из керамики или кремния, пространство между обкладками обычно заполнено маслом или другой органической жидкостью.

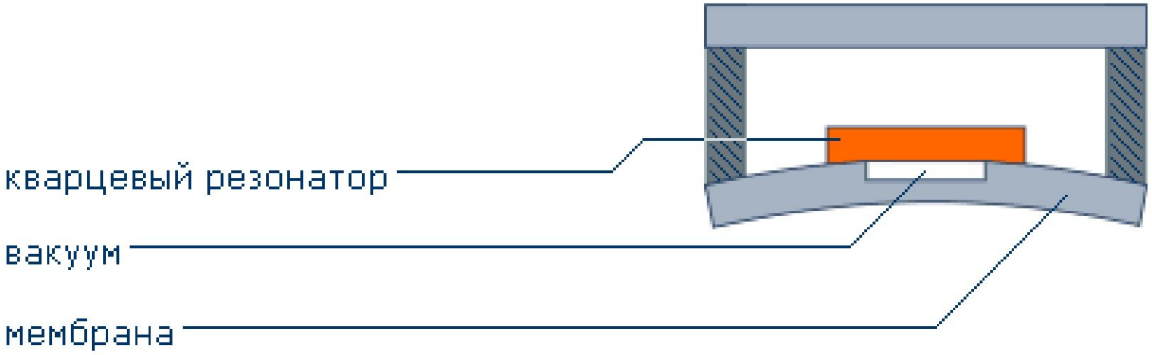




Принципы реализации *Резонансный*

Резонансный принцип используется в датчиках давления на основе вибрирующего цилиндра, струнных датчиках, кварцевых датчиках, резонансных датчиках на кремнии. В основе метода лежат волновые процессы: акустические или электромагнитные. Это и объясняет высокую стабильность датчиков и высокие выходные характеристики прибора.

Частным примером может служить кварцевый резонатор. При прогибе мембраны, происходит деформация кристалла кварца, подключенного в электрическую схему и его поляризация. В результате изменения давления частота колебаний кристалла меняется. Подобрав параметры резонансного контура, изменяя емкость конденсатора или индуктивность катушки, можно добиться того, что сопротивление кварца падает до нуля – частоты колебаний электрического сигнала и кристалла совпадают - наступает резонанс.



Принципы реализации
Индуктивный

Индукционный способ основан на регистрации вихревых токов (токов Фуко). Чувствительный элемент состоит из двух катушек, изолированных между собой металлическим экраном. Преобразователь измеряет смещение мембраны при отсутствии механического контакта.

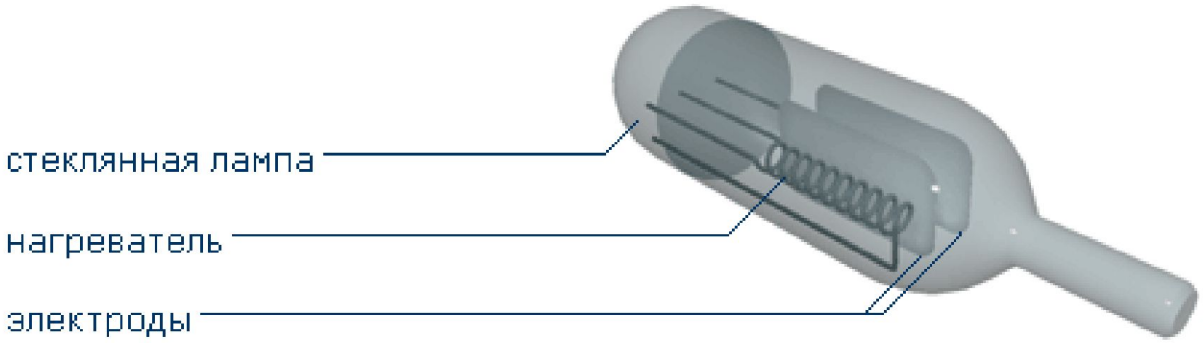
В катушках генерируется электрический сигнал переменного тока таким образом, что заряд и разряд катушек происходит через одинаковые промежутки времени.

При отклонении мембраны создается ток в фиксированной основной катушке, что приводит к изменению индуктивности системы. Смещение характеристик основной катушки дает возможность преобразовать давление в стандартизованный сигнал, по своим параметрам прямо проп

Принципы реализации
Ионизационный

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

В некоторых лампах последний отсутствует, что связано с использованием более совершенных материалов для электродов. Корпус лампы выполнен из высококачественного стекла.



ДАТЧИКИ РАСХОДА

Датчики расхода (расходомеры)

Расходомер — прибор, измеряющий расход вещества, проходящего через данное сечение трубопровода в единицу времени. Если прибор имеет интегрирующее устройство со счетчиком и служит для одновременного измерения и количества вещества, то его называют расходомером со счетчиком.

Датчики расхода (расходомеры)

Существующие расходомеры и счетчики количества можно условно разделить на приведенные ниже группы.

Приборы, основанные на гидродинамических методах:

- переменного перепада давления,
- переменного уровня,

Приборы с непрерывно движущимся телом:

- парциальные,
- тахометрические,
- силовые (и в том числе вибрационные),
- с автоколеблющимся телом.

Приборы, основанные на различных физических явлениях:

- тепловые,
- электромагнитные,
- акустические,
- оптические,
- ядерно-магнитные,
- ионизационные.

Приборы, основанные на особых методах:

- меточные,
- корреляционные,
- концентрационные.

Метод переменного перепада давлений

Метод переменного перепада давлений основан на использовании сужающего устройства (диафрагма, сопло, труба Вентури и т.п.), создающего перепад давления, измеряемый дифференциальным манометром прямого или уравновешивающего преобразования.

В зависимости от принципа действия преобразователя расхода данные расходомеры подразделяются на шесть самостоятельных групп, внутри которых имеются конструктивные разновидности преобразователей.

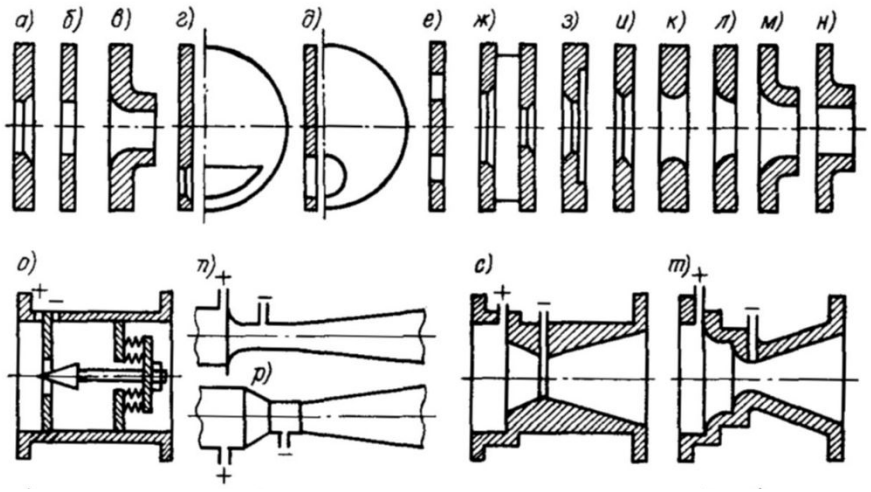
- Расходомеры с сужающими устройствами
- Расходомеры с гидравлическим сопротивлением
- Центробежные расходомеры
- Расходомеры с напорным устройством
- Расходомеры с напорным усилителем
- Расходомеры ударно-струйные

Расходомеры с сужающими устройствами

Нашли применение в качестве основных промышленных приборов для измерения расхода жидкости, газа и пара.

Они основаны на зависимости от расхода перепада давления, создаваемого сужающим устройством, в результате которого происходит преобразование части потенциальной энергии потока в кинетическую.

Имеется много разновидностей сужающих устройств.

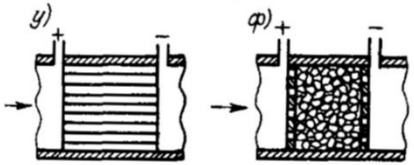


а), б) – стандартные диафрагмы
в) – стандартное сопло
г), д), е) – диафрагмы для измерения загрязненных веществ
ж) – двойная
з) – с входным конусом
и) – с двойным конусом
к) – сопло с сечением полукругом
л) – сопло с сечением четверть круга
м) – комбинированное
н) – цилиндрическое
о) – диафрагма с переменной площадью отвестия
п) – труба Вентури
р) – сопло Вентури
с) – труба Далла
т) – сопло Вентури с двойным сужением

Расходомеры с гидравлическим сопротивлением

Основаны на зависимости от расхода перепада давления, создаваемого гидравлическим сопротивлением.

Применяются подобные расходомеры преимущественно для измерения малых расходов.

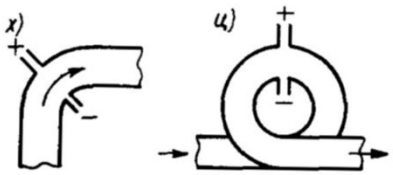


у) – капиллярные трубки

ф) – сопротивление с шариковой набивкой

Центробежные расходомеры

Созданы на основе зависимости от расхода перепада давления, образующегося в закруглении трубопровода в результате действия центробежной силы в потоке.

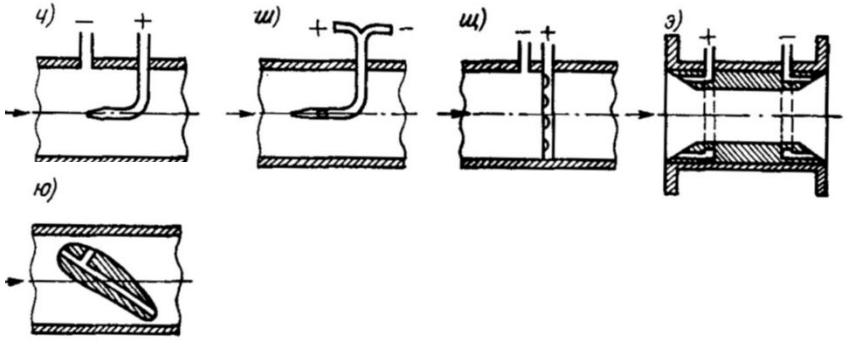


х) – колено

ц) – кольцевой участок трубы

Расходомеры с напорным устройством

В напорном устройстве создается перепад давления в зависимости от расхода в результате местного перехода кинетической энергии струи в потенциальную.



ч) – трубка Пито

ш) – дифференциальная трубка Пито

щ) – усредняющая по диаметру трубка

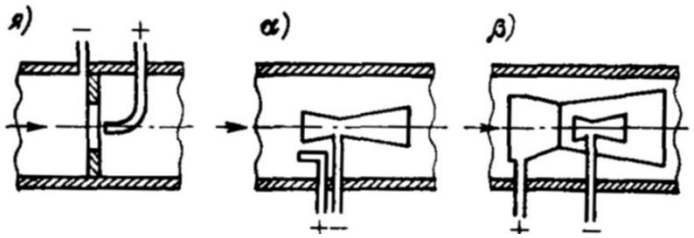
э) – кольцевая усредняющая вставка

ю) – напорное поворотное крыло с двумя отверстиями

Расходомеры с напорным усилителем

Расходомеры с напорным усилителем имеют преобразователь расхода, в котором сочетаются напорное и сужающее устройство.

Перепад давления в них создается как в результате местного перехода кинетической энергии струи в потенциальную, так и частичного перехода потенциальной энергии в кинетическую.



я) – диафрагма и трубка Пито
α) – комбинация трубок Пито и Вентури
β) – сдвоенная трубка Вентури

Расходомеры ударно-струйные

Расходомеры ударно-струйные основаны на зависимости от расхода перепада давления, возникающего при ударе струи.

Струя, вытекающая из суженного отверстия входной трубки, создает давление p1 во внутренней полости сильфона, снаружи которого действует меньшее давление p2, равное давлению уходящей жидкости в выходной трубке.

Ударно-струйные расходомеры применяются лишь для измерения малых расходов жидкости и газа.