

# Измерение расхода

Преподаватель ВО УПЦ  
Смирнов В.А.

**Расход** – это количество вещества протекающее через поперечное сечение трубопровода в единицу времени.

**( м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/мин, м<sup>3</sup>/час )**

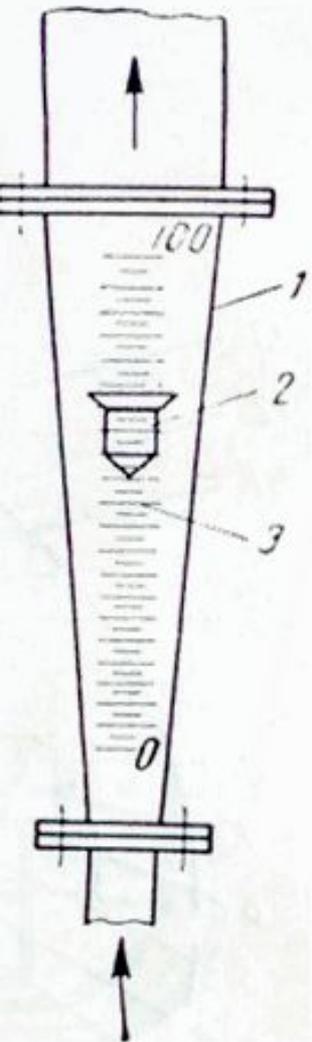
**Количество** – это объем или вес вещества, протекающее через поперечное сечение трубопровода за определенное время.

**Приборы с помощью которых производится измерение расхода называются расходомерами и подразделяются на:**

- расходомеры постоянного перепада давления;**
- расходомеры переменного перепада давления.**

**Приборы с помощью которых производится измерение количества вещества называются **счетчиками количества.****

# Расходомеры постоянного перепада давления



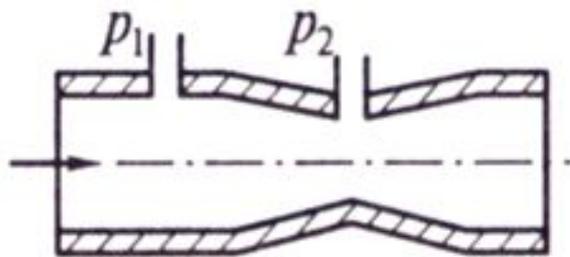
Расход вещества по постоянному перепаду давления измеряют ротаметрами. Ротаметр представляет собой вертикально установленную стеклянную трубку в форме конуса, обращенную широким концом вверх, внутри которой находится поплавок. Протекающий снизу вверх поток среды, расход которой измеряют, поднимает поплавок до тех пор, пока его вес не уравновесится разностью давлений до и после поплавка.

# Расходомеры переменного перепада давления

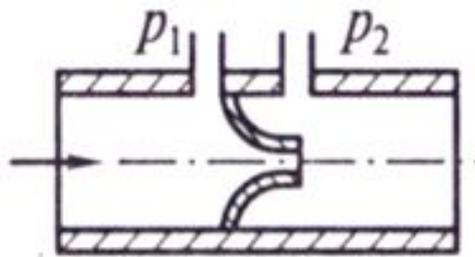
**Метод основан на создании с помощью сужающих устройств местного сужения потока, часть потенциальной энергии которого переходит в кинетическую энергию.**

**Средняя скорость потока в месте его сужения повышается, а статическое давление становится менее статического давления до сужающего устройства.**

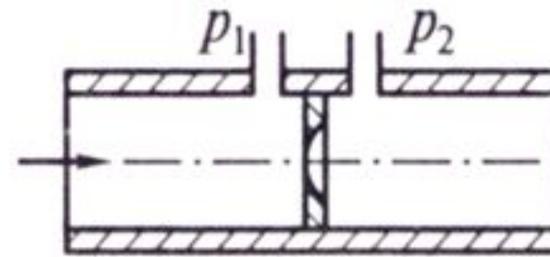
**Разность давления (перепад давления) тем больше, чем больше расход среды, и следовательно, она может служить мерой расхода.**



**трубка  
Вентури**



**Сопло**



**Диафрагма**

Расход будет определяться по формуле:

$$Q = hF \sqrt{\frac{\Delta P g}{\gamma}},$$

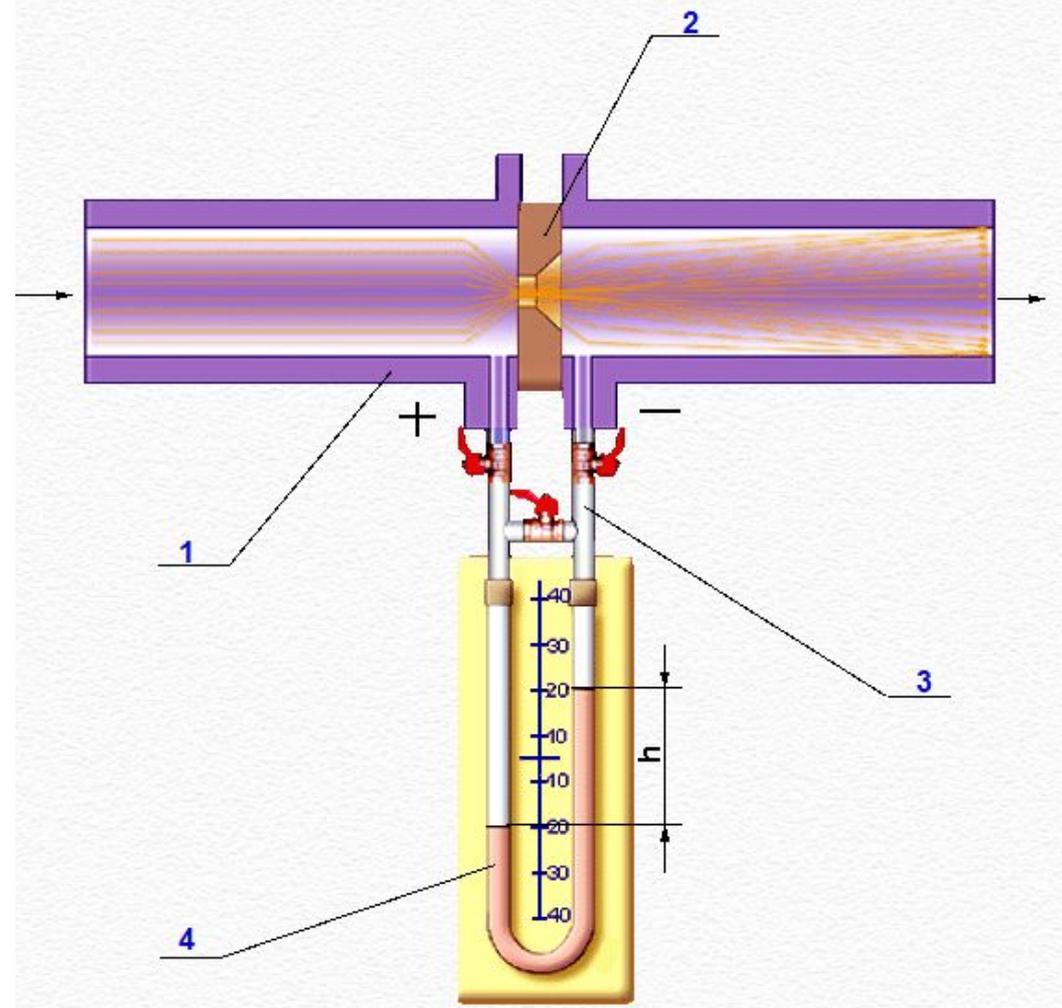
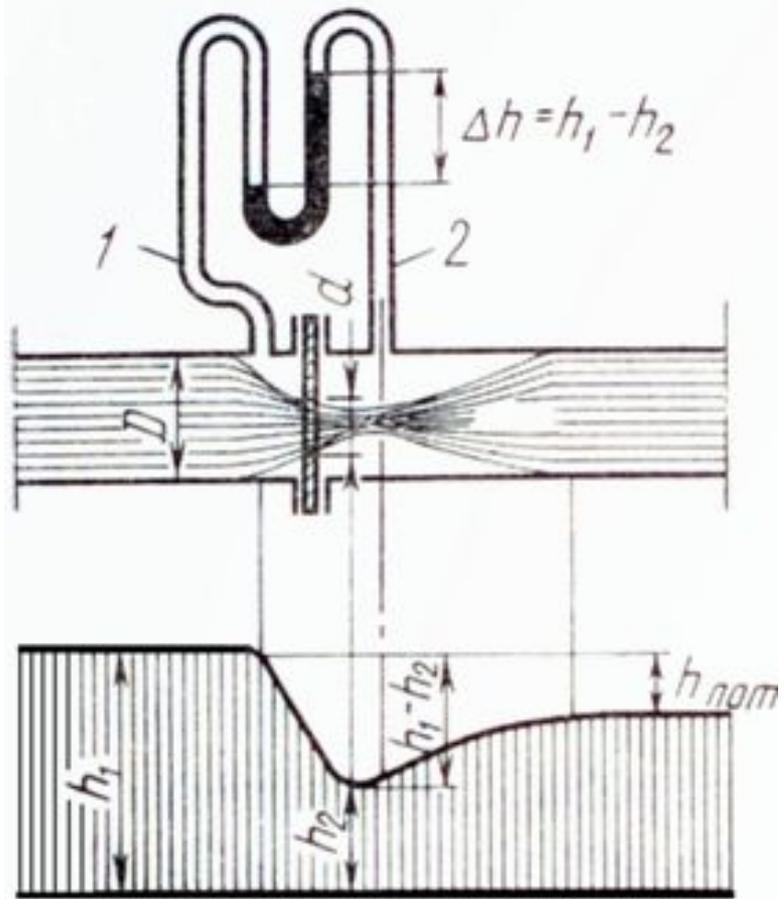
**Q** – расход среды, м<sup>3</sup>/с;    **ΔP** – перепад давления, кгс/см<sup>2</sup>;

**g** – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;    **γ** – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

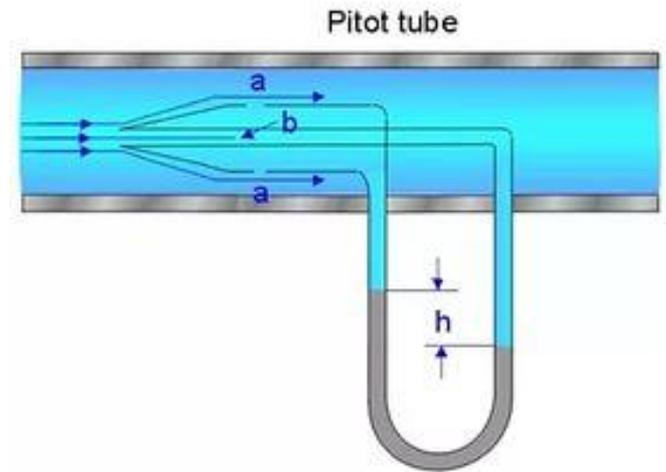
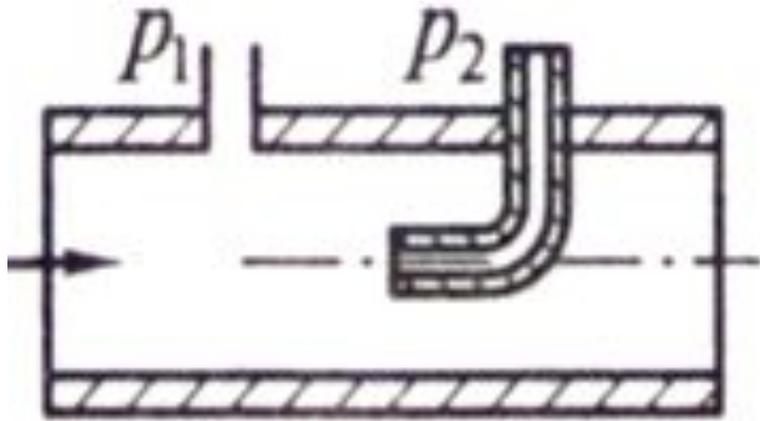
**F** – сечение диафрагмы, м<sup>2</sup>;    **h** – поправочный коэффициент;

Область применения диафрагм:

$50 \text{ мм} \leq D_{\text{тр}} \leq 1000 \text{ мм};$



# Трубка Пито - Прандтля



# Счетчики количества

**Скоростные счетчики количества жидкости основаны на суммировании числа оборотов помещенного в поток вращающегося элемента за определенный промежуток времени.**

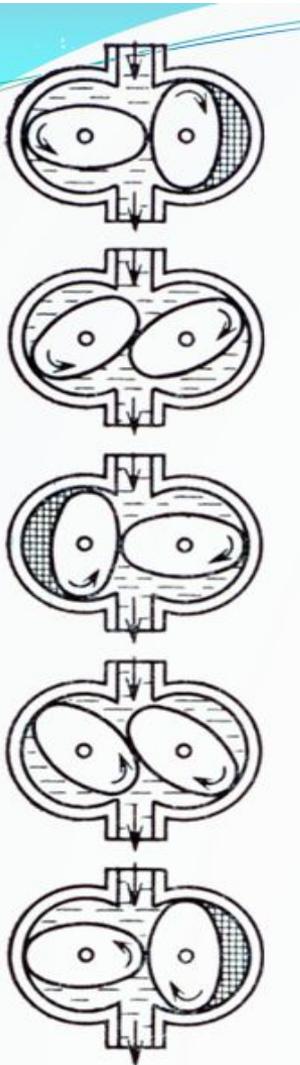
**Вращающийся элемент приводится в движение за счет кинетической энергии самого потока.**

**Скорость вращения пропорциональна средней скорости протекающей жидкости, а следовательно, и расходу.**

**По конструктивному исполнению чувствительного элемента эти счетчики делятся на аксиальные и тангенциальные.**

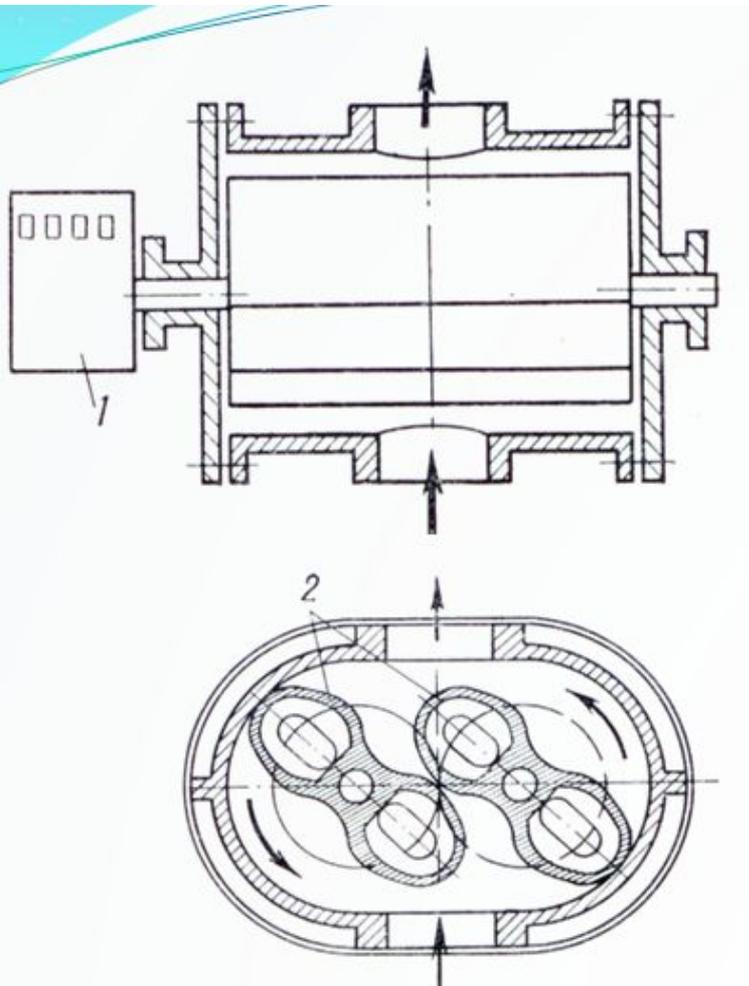
# Объемные счетчики

При протекании жидкости через измерительную камеру под действием разности давлений на входе и выходе возникает вращающий момент, обусловленный овальной формой шестерен. При каждом обороте шестерни подают определенный объем жидкости из входной полости камеры в выходную.



**Следовательно, объемное количество жидкости, протекающей через счетчик, равно произведению измерительного объема камеры на число оборотов шестерен.**

**Предел измерения от 0,01 до 250 м<sup>3</sup>/ч.  
Погрешность измерения  $\pm 0,5$  — 1,0%.**



эл измерения ротационных газовых  
счетчиков до 600 м<sup>3</sup>/ч.  
Погрешность измерения ± 2%.

# Ультразвуковые расходомеры

**Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на измерении зависящего от расхода акустического эффекта, возникающего при прохождении ультразвуковых колебаний через контролируемый поток жидкости или газа.**

**В таких расходомерах ультразвуковые колебания, создаваемые пьезоэлементами, направляются по потоку жидкости и против него.**

**Разность времен прохождения  
ультразвуковыми импульсами  
расстояния между излучателем и  
приемником по потоку и против  
потока пропорциональна скорости  
потока, т.е. скорость ультразвука  
относительно стенок трубы зависит  
от скорости потока.**

- **ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ;**
- **ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЗАГРЯЗНЕННЫХ СРЕД;**
- **ОТСУТСТВИЕ ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ;**
- **ШИРОКИЙ ДИАПАЗОН ТЕМПЕРАТУР (от -220 до 600 °С) и давлений.**
- **ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА РЕВЕРСИВНОГО ПОТОКА.**

- необходимость значительных длин линейных участков до и после преобразователя;
- необходимость контроля отложений в трубопроводе на его рабочем участке;
- сложность и высокая стоимость приборов;
- ограничения по минимальной скорости потока.

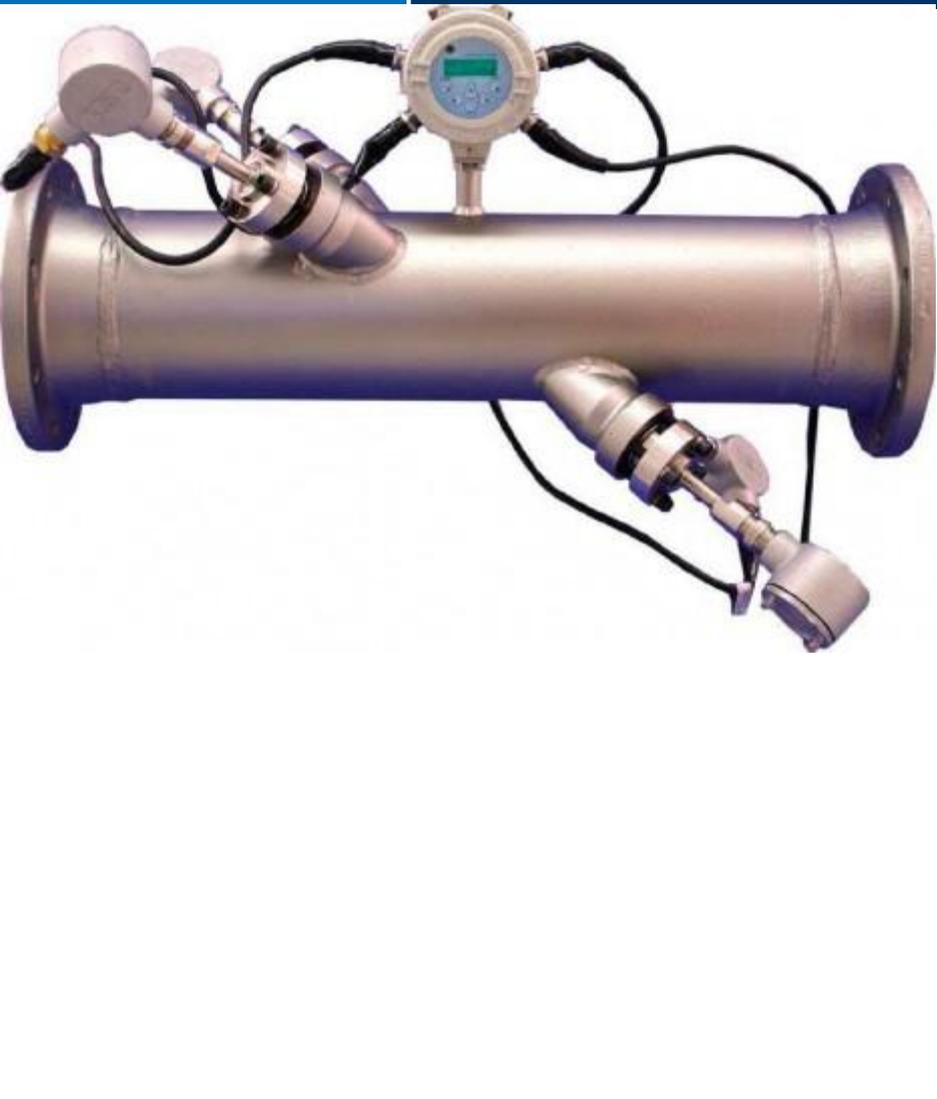
**Расходомеры по конструктивному исполнению подразделяются на одно- и двухканальные.**

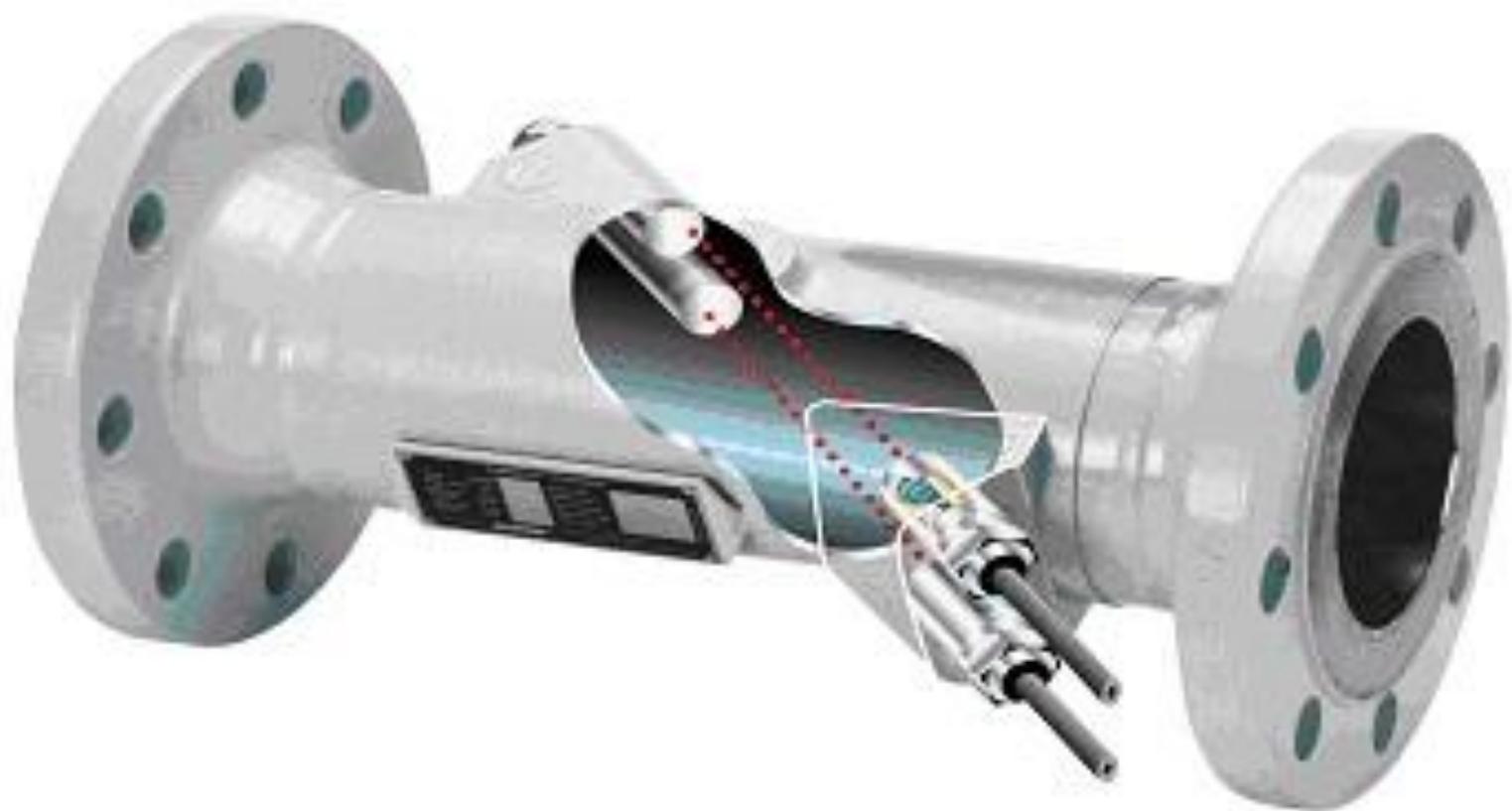
**В одноканальной схеме каждый пьезоэлемент работает попеременно в режиме излучателя и приемника, что обеспечивается системой переключателей.**



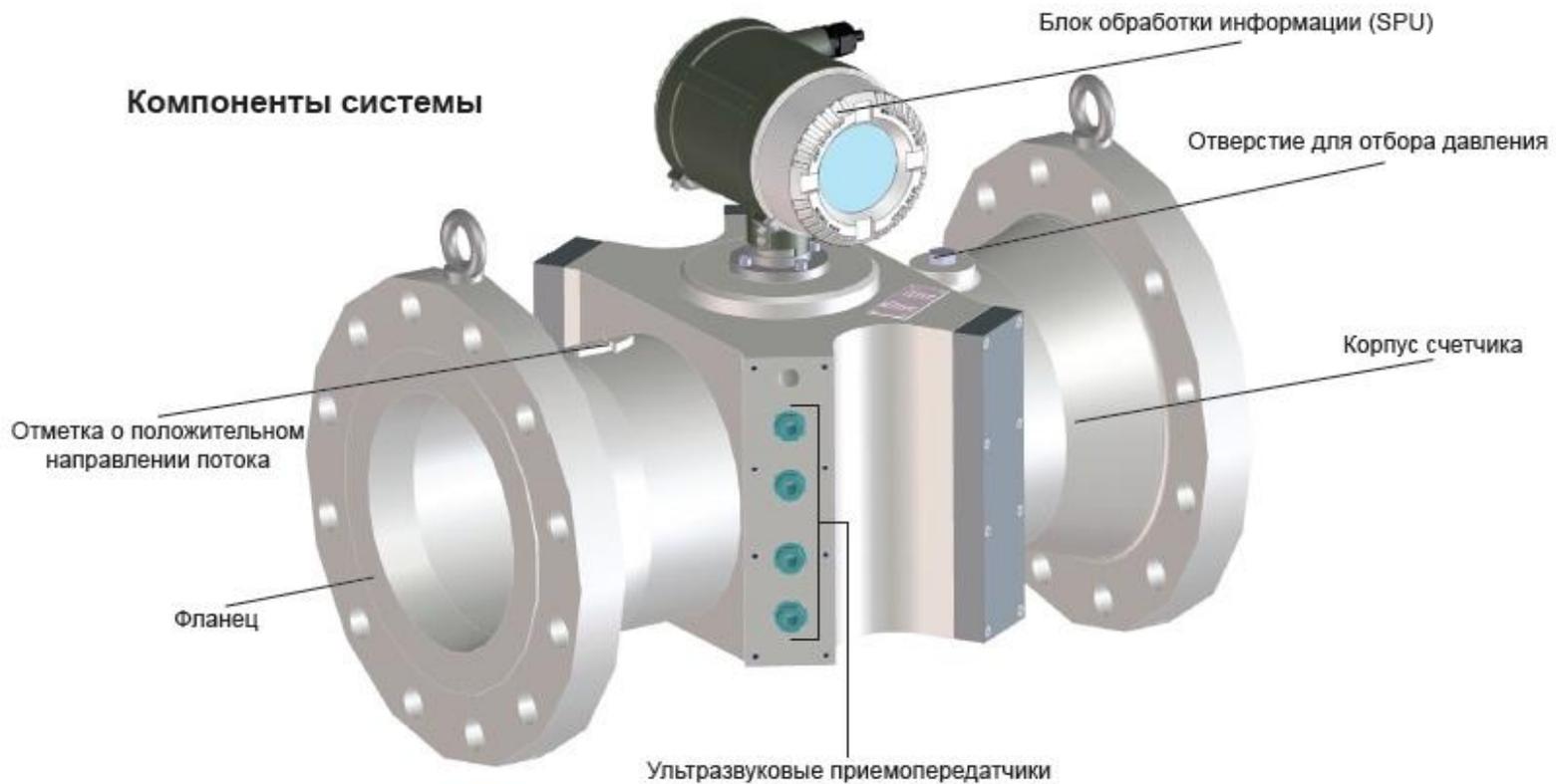
**В двухканальной схеме каждый пьезоэлемент работает только в одном режиме — излучателя или приемника.**

**Двухканальные схемы проще одноканальных (нет сложных схем переключения), но точность их меньше, вследствие возможной акустической асимметрии обоих каналов.**





**Компоненты системы**



**По методу определения времени прохождения импульса между излучателем и приемником ультразвуковые расходомеры подразделяются на времяимпульсные, частотные и фазовые.**

**Во время импульсных расходомерах периодически производится измерение коротких импульсов длительностью 0,1...0,2 мкс, по которым затем определяется объемный расход  $G_0$ .**

**В частотных расходомерах каждый последующий импульс посылается излучателем только после достижения предыдущим импульсом приемного пьезоэлемента.**

**В фазовых расходомерах измеряется  
разность фаз ультразвуковых  
колебаний частотой,  
распространяющихся по потоку и  
против него.**

# Вихревые счетчики газа

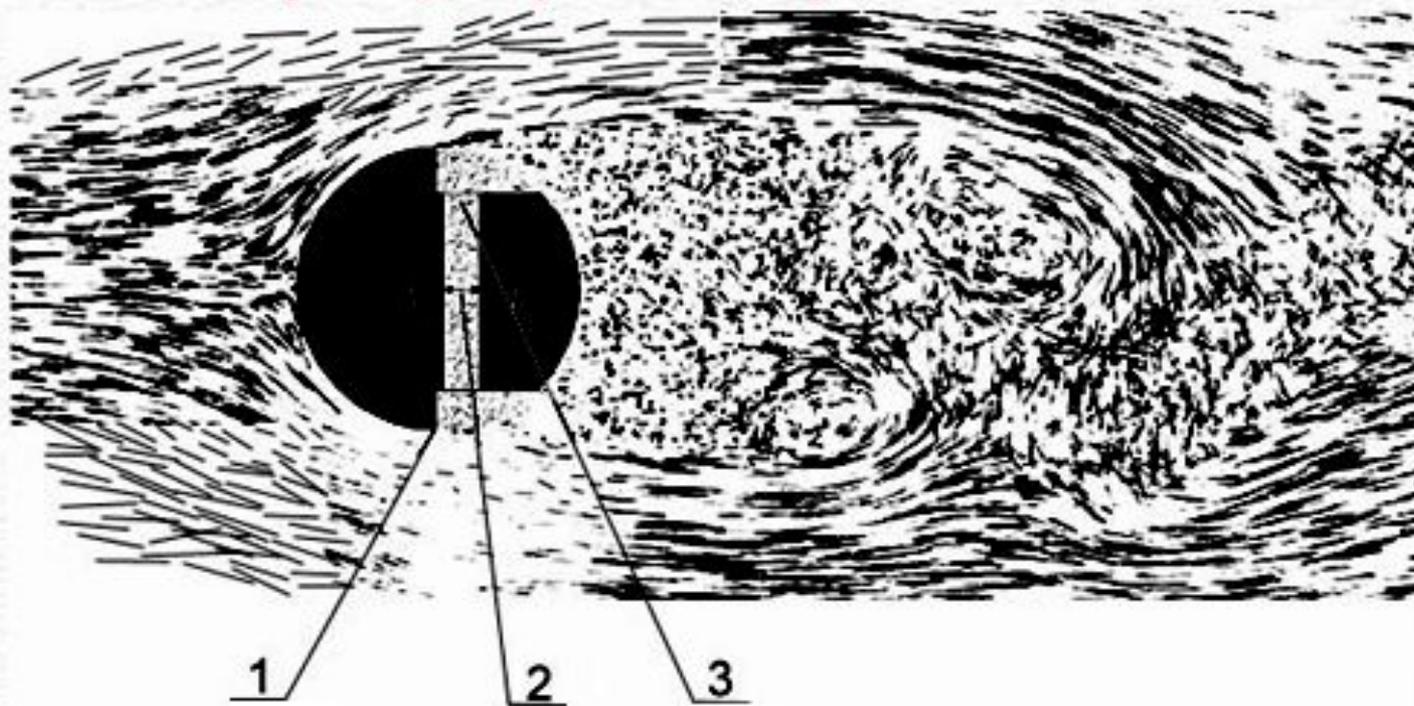
**Принцип действия основан на измерении частоты образования вихрей, возникающих в потоке газа при обтекании неподвижного тела.**

**При введении в трубопровод перпендикулярно потоку, неподвижного тела – поочередно, то с одной то с другой стороны, происходит срыв вихрей, которые образуют позади тела обтекания двойную цепочку постепенно рассеивающихся вихрей, создавая так называемую дорожку Кармана.**

**Частота вихреобразования прямо пропорциональна скорости потока (объемному расходу газа) и пропорциональна скорости набегающего потока.**

**Фиксация частоты срыва вихрей  
производится чувствительным  
элементом термоанемометра,  
представляющим собой  
вольфрамовую нить, расположенную  
в канале перетока тела обтекания.**

## Визуализация работы вихревого датчика расходомера в потоке рабочего тела



- 1 - рабочая кромка тела обтекания;
- 2 - детектор вихрей термоанемометр;
- 3 - канал перетока

**Вихревая дорожка Кармана, возникающая за плохообтекаемым телом (цилиндром)**



Спасибо за внимание.

Преподаватель ВО УПЦ  
Смирнов В.А.