

# *Лекция № 7*

*Измерение давления, расхода ,количества  
вещества*

## План лекции:

- 1. Измерение давления*
- 2. Измерение расхода и количества вещества*

# 1. ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ

## 1.1. Единицы измерения и виды давления

*Давлением называется отношение силы, действующей по нормали к поверхности тела, к площади этой поверхности*

*Единицы измерения:  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$  (система СИ),*

*$1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па} = 0.1 \text{ МПа},$*

*$1 \text{ мм вод. ст.} = 9.8 \text{ Па},$*

*$1 \text{ мм рт.ст.} = 133.3 \text{ Па}$*

*Различают: атмосферное, избыточное, вакуумметрическое и абсолютное давления*

Атмосферным (барометрическим) называется давление  $P_{атм}$ , создаваемое массой воздушного столба земной атмосферы.

Абсолютным  $P_{абс}$  называется полное давление жидкости или газа

Избыточным  $P_{изб}$  называется давление, равное разности между давлением среды и атмосферным давлением:

$$P_{изб} = P_{абс} - P_{атм}, \quad \forall \quad P_{абс} > P_{атм},$$

# Классификация приборов для измерения давления

## По принципу действия:

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

## **По роду измеряемой величины:**

- 1) манометры (измерение избыточного давления);
- 2) вакуумметры (измерение давления разрежения);
- 3) мановакуумметры (измерение как избыточного давления, так и давления разрежения);
- 4) напорометры (для измерения малых избыточных давлений);
- 5) тягомеры (для измерения малых давлений разрежения);
- 6) тягонапорометры;
- 7) дифманометры (для измерения разности давлений);
- 8) барометры (для измерения барометрического давления).

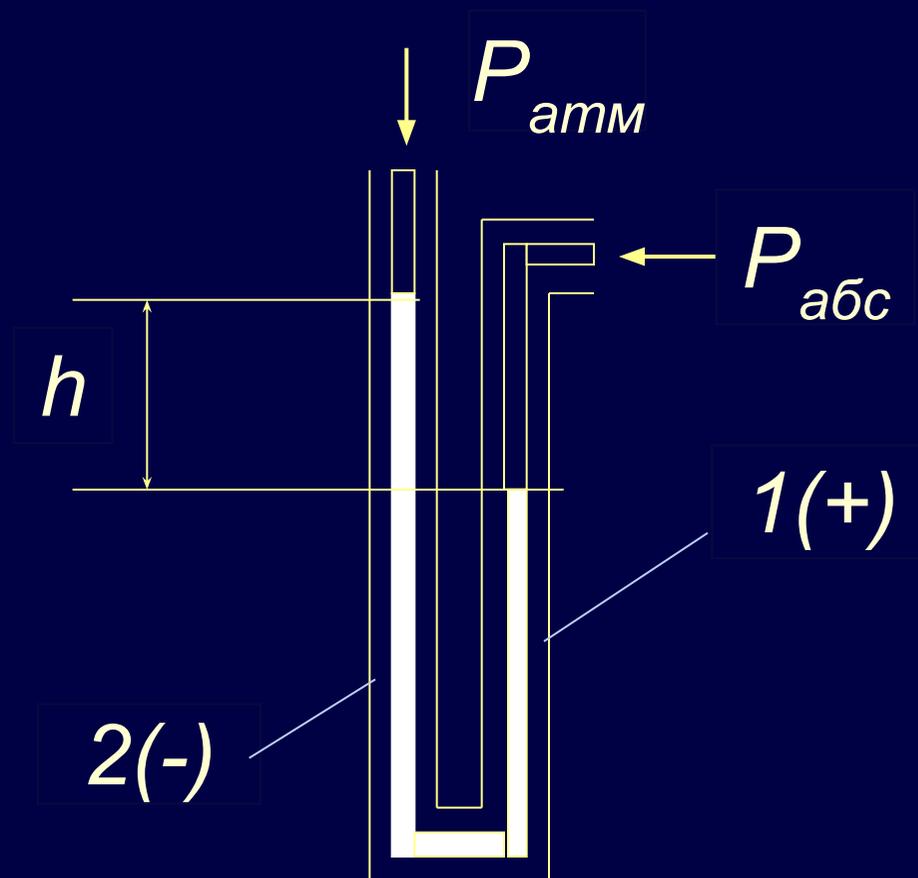
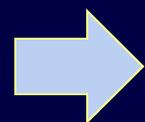
# ЖИДКОСТНЫЕ МАНОМЕТРЫ

Однотрубные  
(чашечные)

Двухтрубные  
(U-образные)

$$P_{изб} = P_{абс} - P_{атм}$$

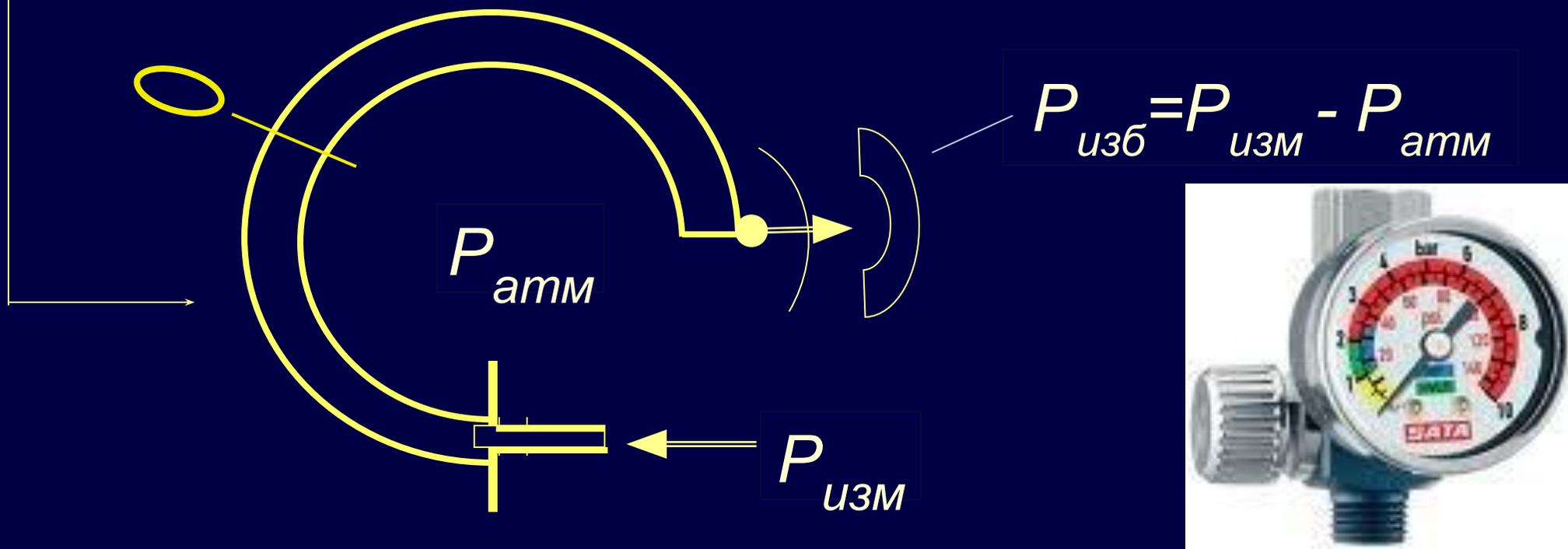
$$P_{изб} = \rho \cdot g \cdot h$$



# ДЕФОРМАЦИОННЫЕ МАНОМЕТРЫ

Чувствительные элементы ( $P < 60$  Мпа) :  
 трубчатые пружины, мембраны, сильфоны

Материалы:  
 дисперсионно-твердеющие сплавы ( $t < 200^{\circ}\text{C}$ )  
 и бериллиевая бронза ( $t < 100^{\circ}\text{C}$ ).



Движущаяся среда характеризуется

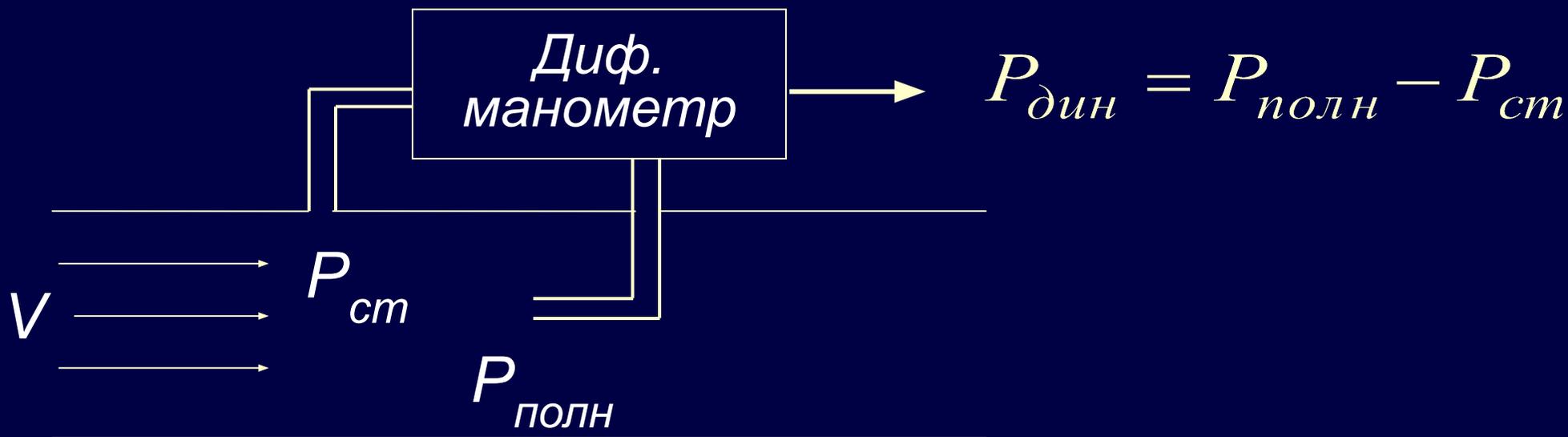
полным давлением  $P_{\text{пол}}$  Оно равно сумме

статического  $P_{\text{ст}}$  и динамического  $P_{\text{дин}}$  давлений:

$$P_{\text{полн}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}}$$

Динамическое давление  
(**скоростной напор**):

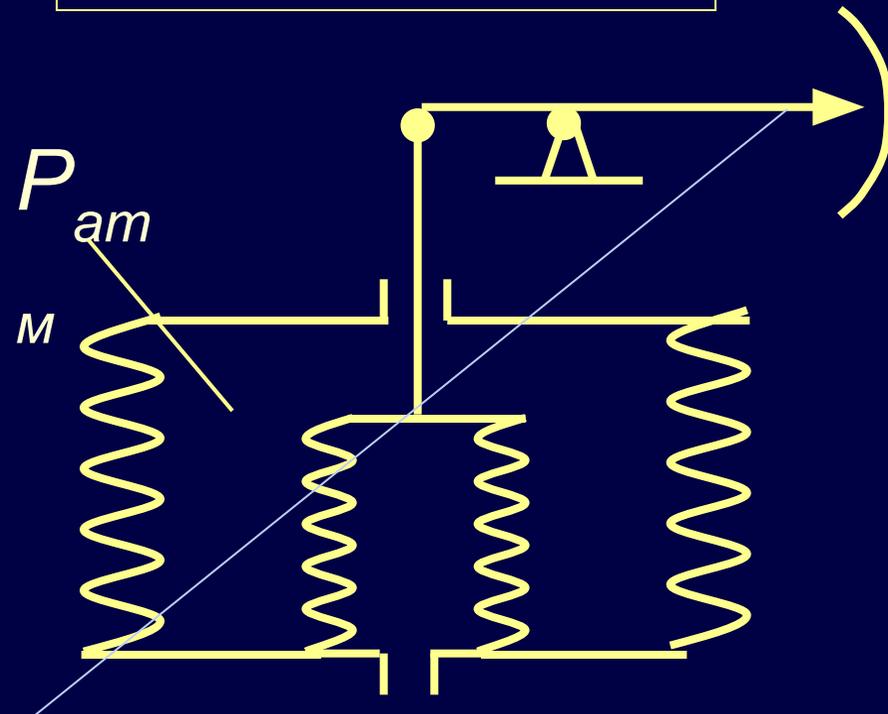
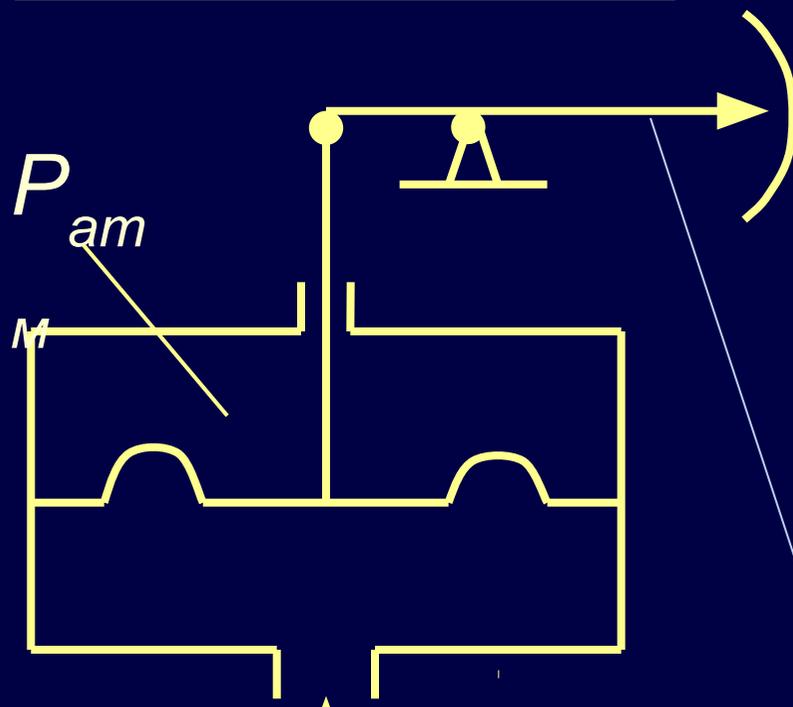
$$P_{\text{дин}} = \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$



# МАНОМЕТРЫ

## Мембранные

## Сильфонные


 $P_{из}$ 
 $M$ 

$$P_{изб} = P_{изм} - P_{атм}$$

 $P_{из}$ 
 $M$

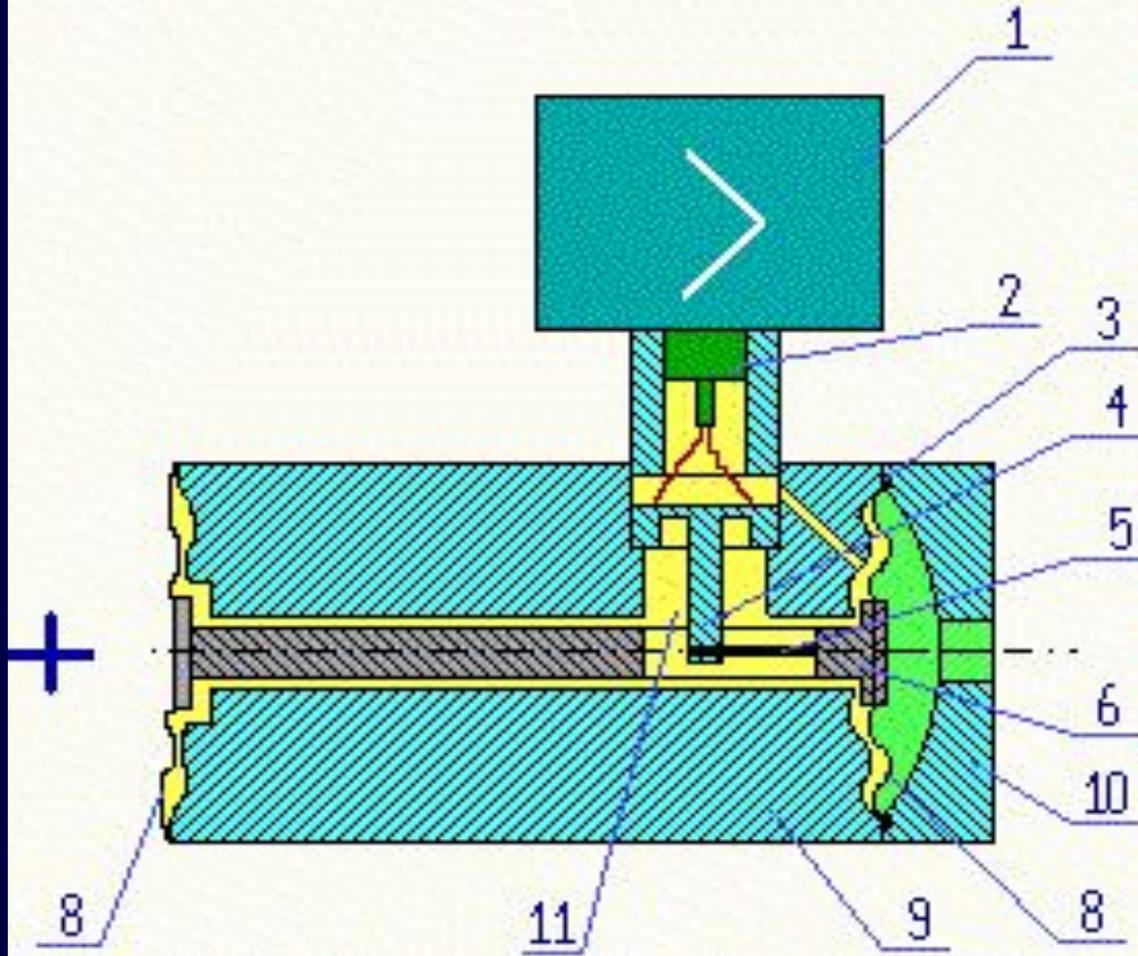
## *Достоинства деформационных манометров:*

- простота и надежность конструкции;*
- высокая точность;*
- наглядность показаний;*
- малые габариты;*
- большой диапазон измерений;*
- возможность автоматической записи и дистанционной передачи показаний.*

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАНОМЕТРЫ

Они основаны на использовании зависимостей электрических параметров их чувствительных элементов от измеряемого давления среды





тензопреобразователь

кремнийорганическая  
жидкость

## 2. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА

В ТП расходы газов и жидкостей, транспортируемых по трубопроводам, измеряют для учета и управления материальными балансами процессов

Расходом вещества называется количество вещества, проходящее через данное сечение в единицу времени по трубопроводу, каналу и т. п.

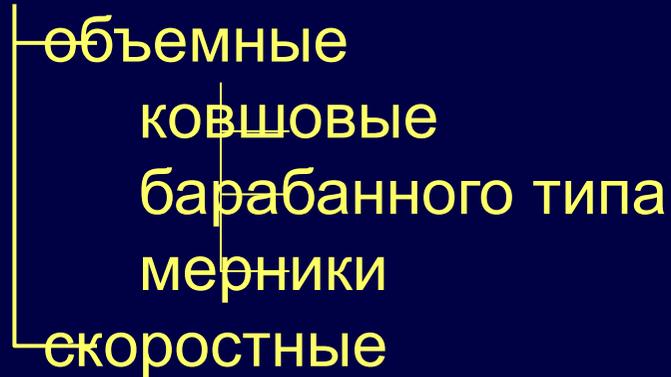
Для определения количества вещества выходной сигнал расходомера необходимо проинтегрировать !!!

Прибор, измеряющий расход, т. е. количество вещества, проходящее в трубопроводах в единицу времени, называют ***расходомером***.

Если расходомер снабжен суммирующим устройством со счетчиком, он служит для одновременного измерения расхода и количества вещества и называется ***счетчиком количества***.

# Механически

е



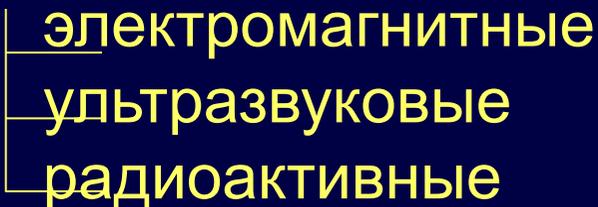
по методу переменного перепада давления

по методу постоянного перепада давления

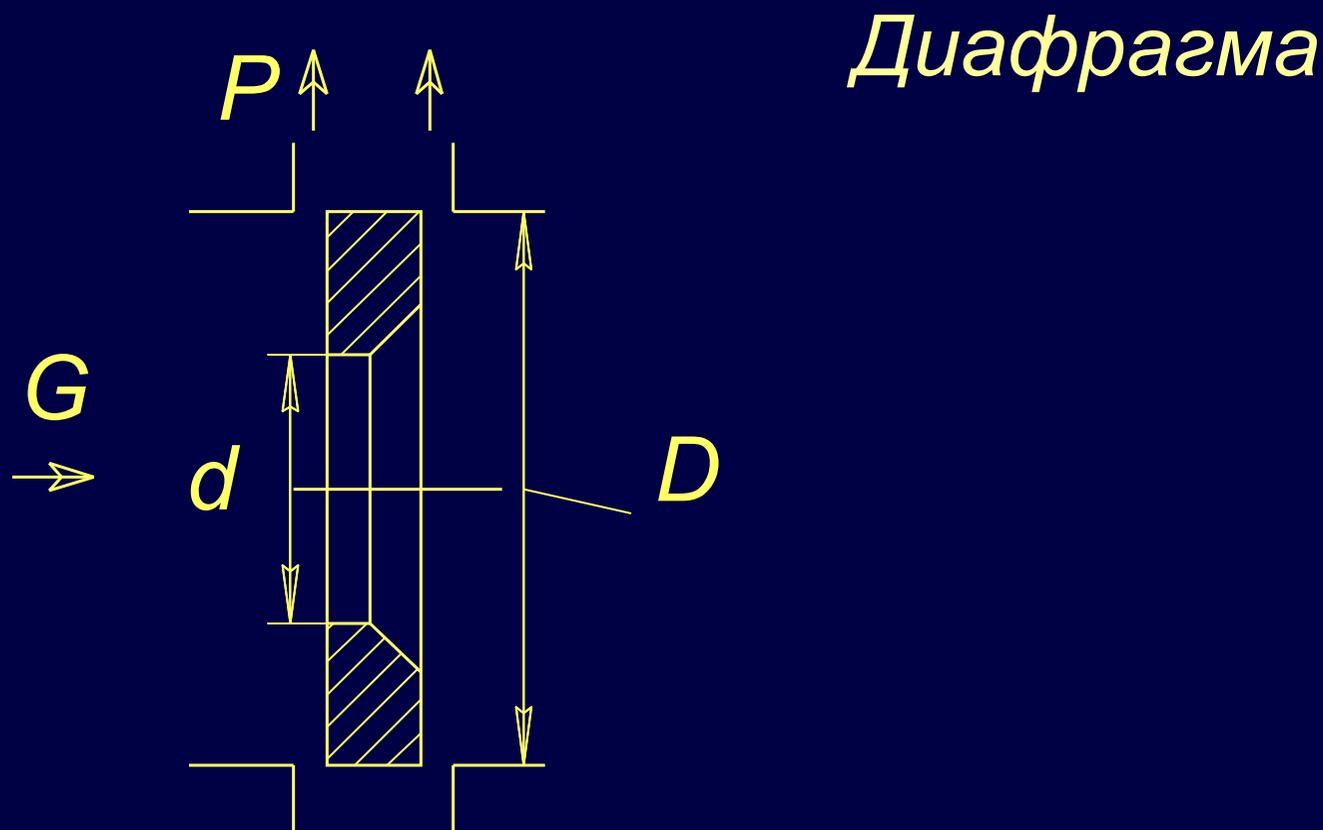
напорные трубки

ротационные

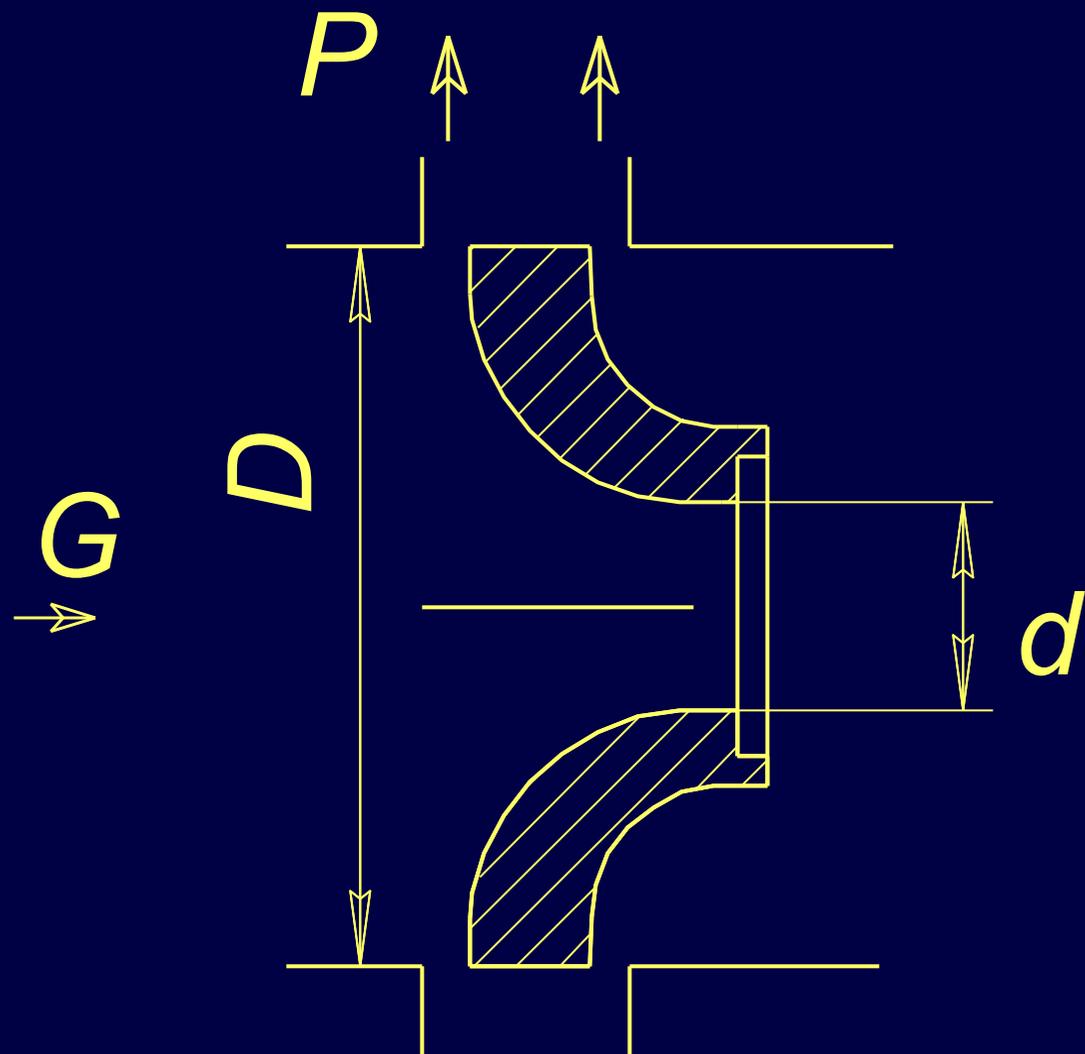
# Электрические



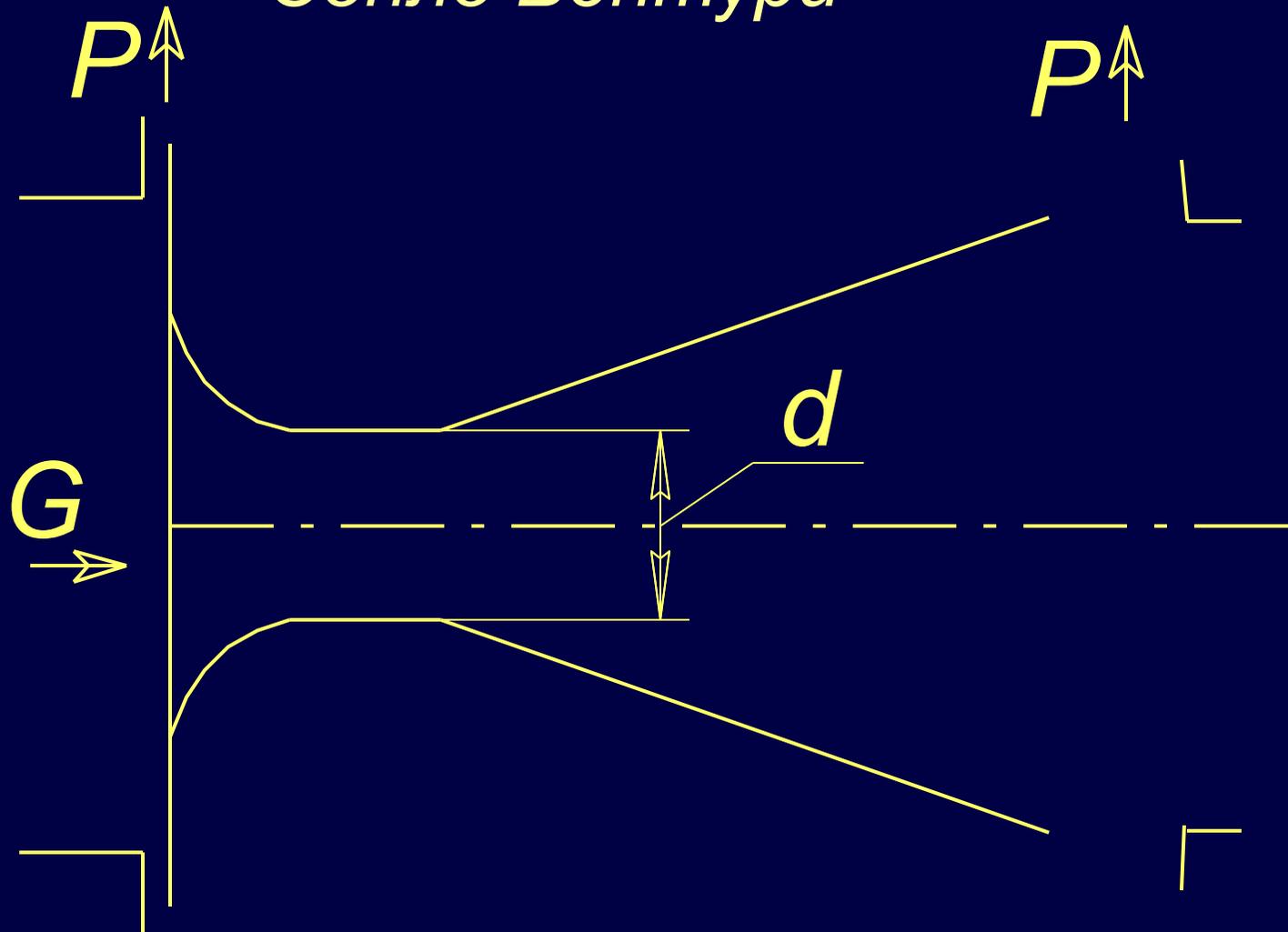
# Измерение расхода по перепаду давления на сужающем устройстве



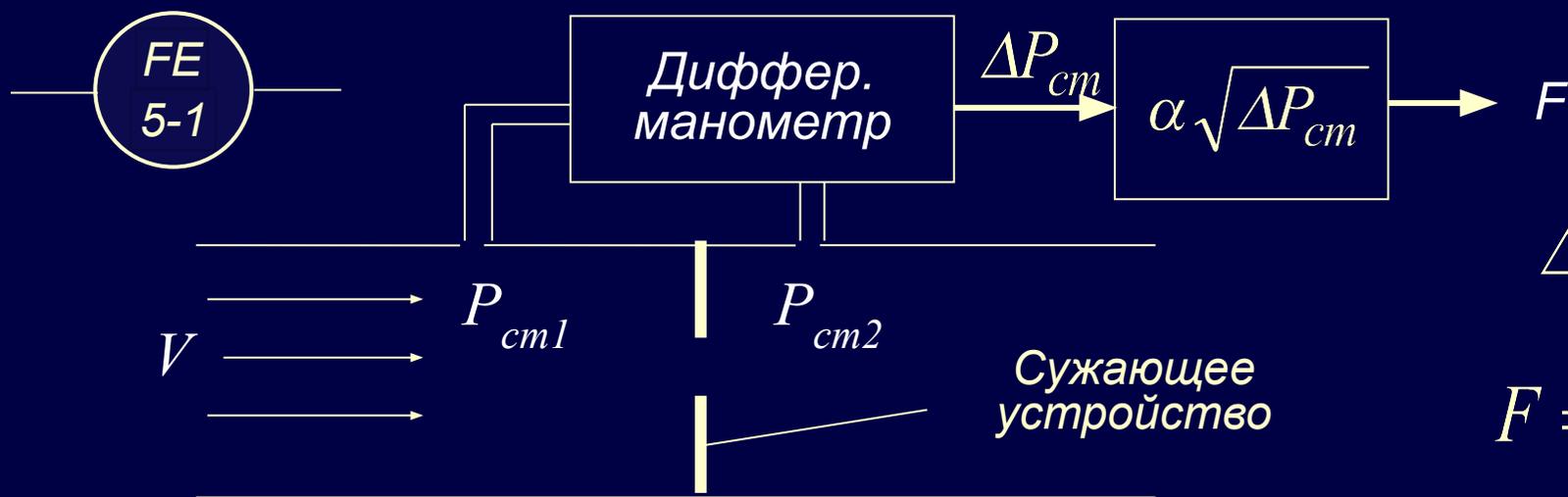
# Сопло



# Сопло Вентури



# а) Расходомеры переменного перепада давления

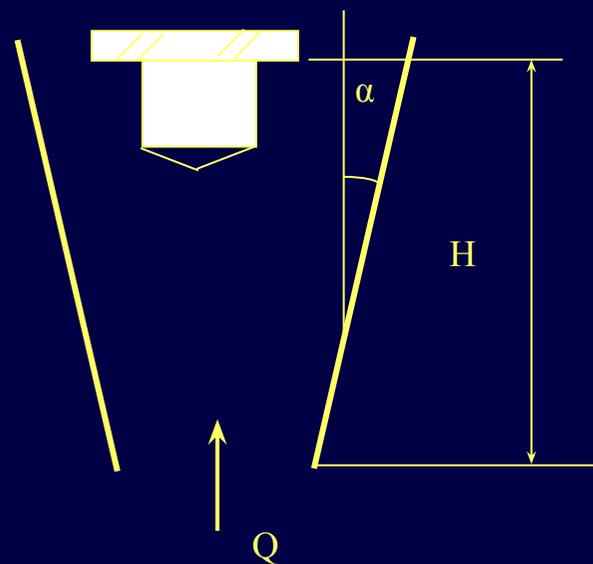


$$\Delta P_{cm} = P_{cm1} - P_{cm2}$$

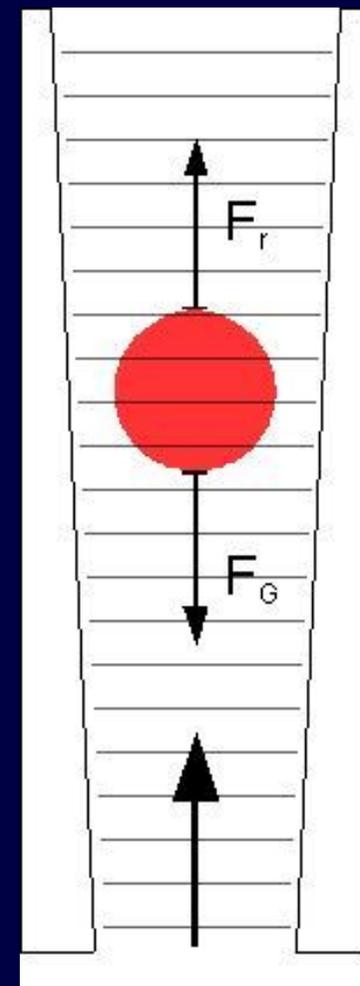
$$F = S \cdot V = \alpha \sqrt{\Delta P_{cm}}$$

# Расходомеры постоянного перепада давления

## Ротаметры



$Q$  - расход проходящего через трубку газа или жидкости,  
 $\alpha$  - угол наклона стенок трубки

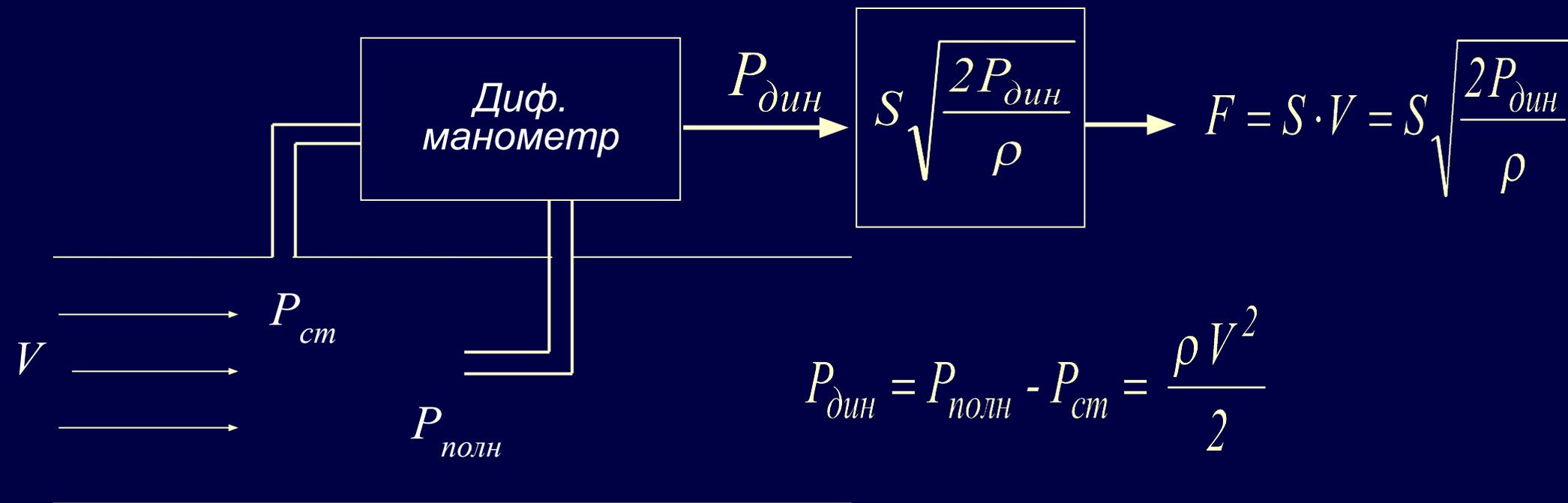


## *Расходомеры скоростного напора*

Измерение расхода основано на зависимости динамического напора от скорости потока измеряемой среды.

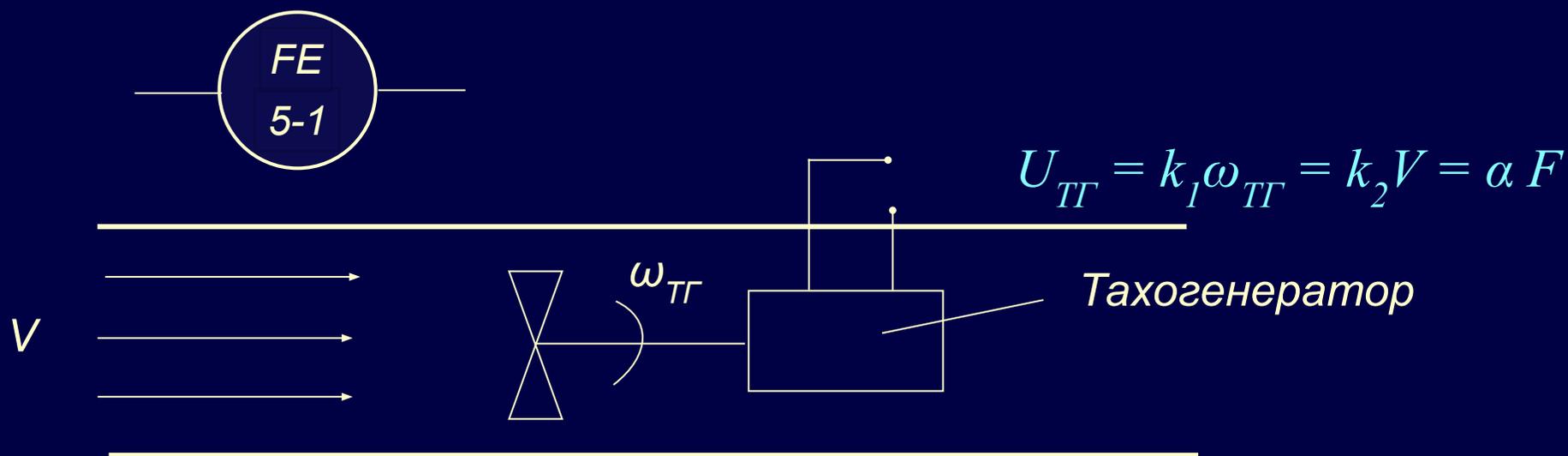
Дифманометр, соединяющий обе трубки, показывает динамическое давление, по котором судят о скорости потока и, следовательно, о расходе.

## г) Напорные трубки

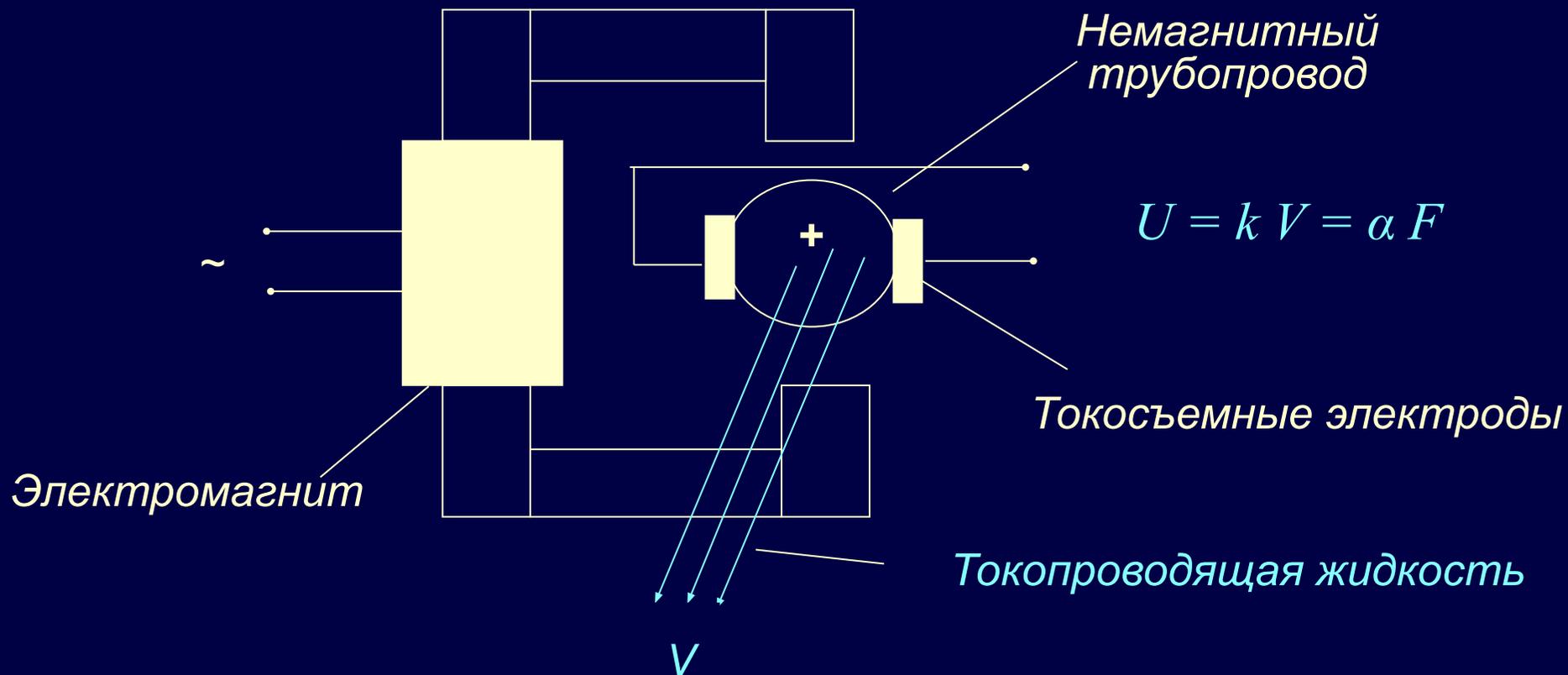


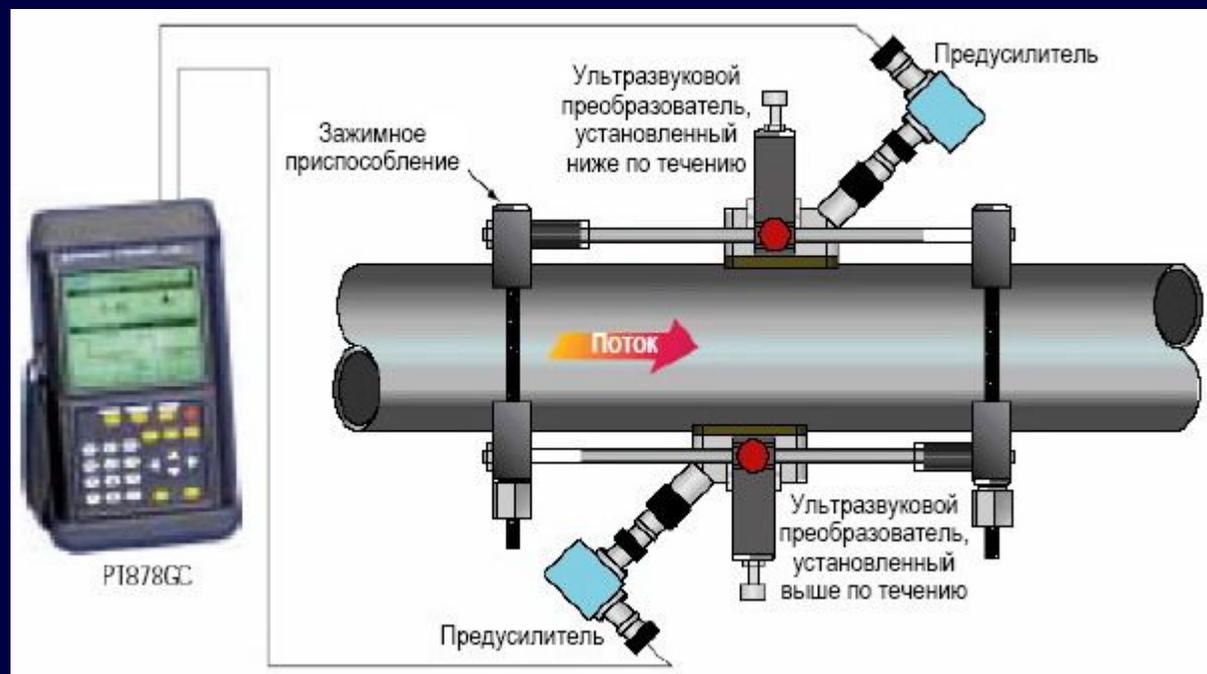
## Тахометрические расходомеры

Принцип действия тахометрических расходомеров основан на измерении средней скорости потока  $V_{\text{ср}}$ , которая пропорциональна объемному расходу вещества  $G_0 = SV_{\text{ср}}$



## в) Электромагнитные (индукционные) расходомеры







*RSM-05.03 расходомер-  
счетчик электромагнитный*

*АКРОН-01 ультразвуковой  
расходомер с накладными  
датчиками*

