

# НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Сухоцкий Альберт Борисович

Типы и основные энергетические  
параметры гидравлических турбин.

Ковшовая турбина, расчет ее  
максимальной мощности и основных  
размеров. Двукратная турбина.

# Типы и основные энергетические параметры гидравлических турбин

Турбиной называется устройство, служащее для преобразования энергии падающей жидкости в механическую энергию.

Они бывают двух типов:

- **активные**, рабочее колесо которых вращается в воздухе под воздействием натекающего на лопасти колеса потока воды,
- **реактивные**, рабочее колесо которых полностью погружено в воду и вращается за счет разности давления до и после колеса.

# Основные параметры, характеризующие работу турбин

## 1. Расход турбины

## 2. Напор турбины

$$H = \left( z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) - \left( z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right)$$

для реактивной турбины

$$H = (z_1 - z_2) - h_{\text{пот}} = H_{\text{расп}} - h_{\text{пот}}$$

для активной турбины

$$H = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$$

### ***3. Потребляемая мощность***

$$N = \rho g Q H$$

### ***4. Полезная мощность***

$$N_{\text{п}} = M_{\text{кр}} \omega = M_{\text{кр}} 2\pi n$$

### ***5. КПД турбины***

$$\eta = N_{\text{п}} / N$$

# Потери мощности в турбине

характеризуются объемным, гидравлическим и механическим КПД.

$$\eta = N_{\Pi} / N = \eta_o \eta_{\Gamma} \eta_{\text{М}}$$

$$\eta_o = \frac{Q - \Delta Q_{\text{ут}}}{Q}$$

$$\eta_{\Gamma} = \frac{H - \sum h}{H}$$

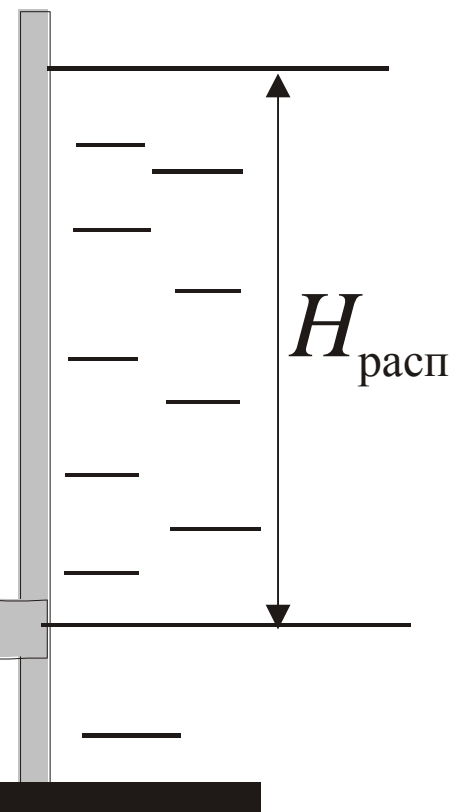
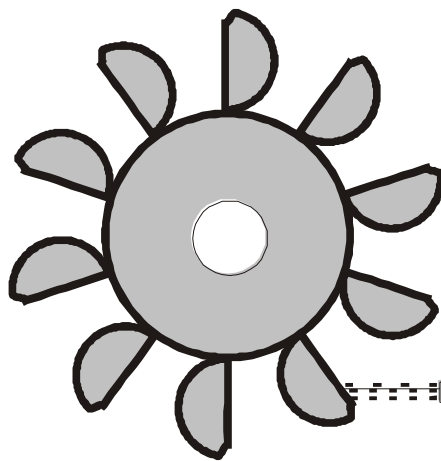
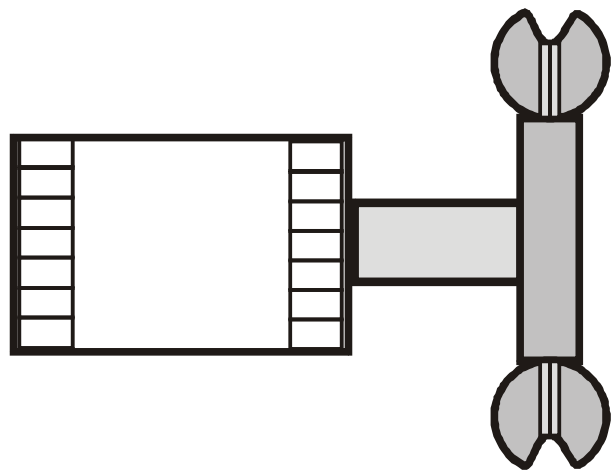
$$\eta_{\text{М}} = \frac{N}{N + \Delta N_{\text{мех}}}$$

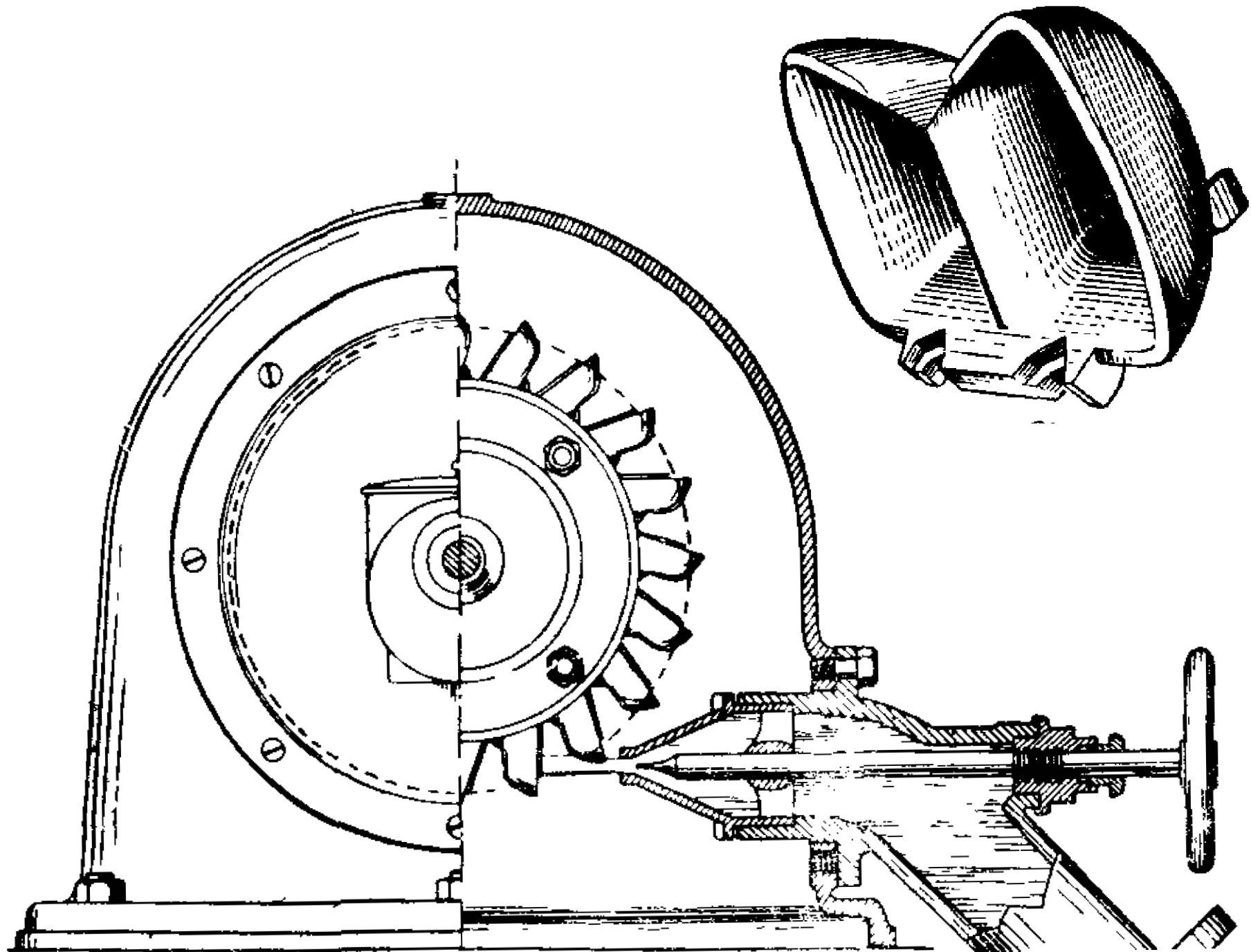
$$\eta = 88 - 90\%.$$

# Активные гидротурбины

К активным турбинам относятся ковшовая турбина (турбина Пельтона) и двукратные турбины.

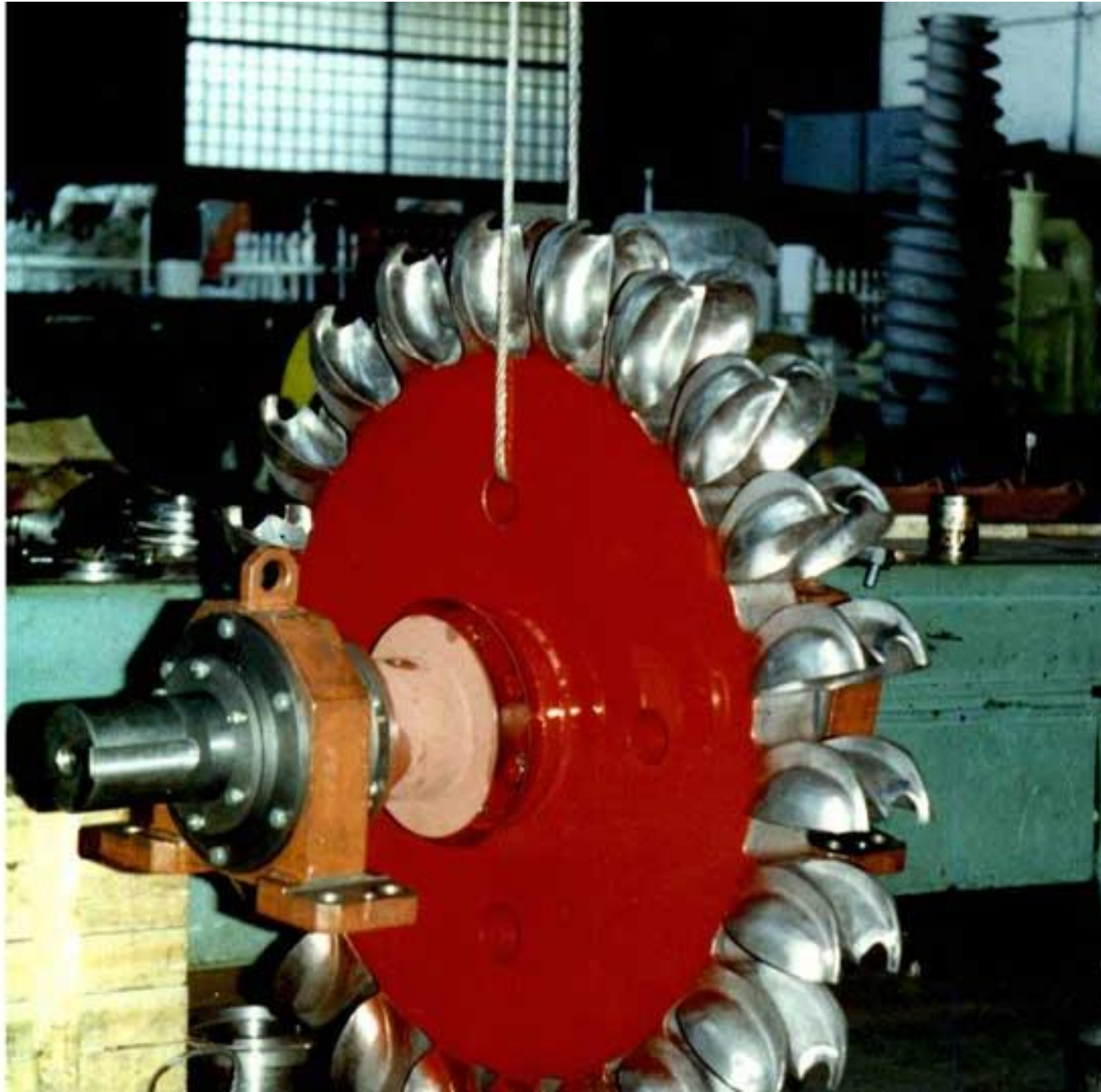
$$v = \varphi \sqrt{2gH_{\text{дàñè}}}$$











# МикроГЭС (внешний вид)



$$v_{\text{от}} = v - u,$$

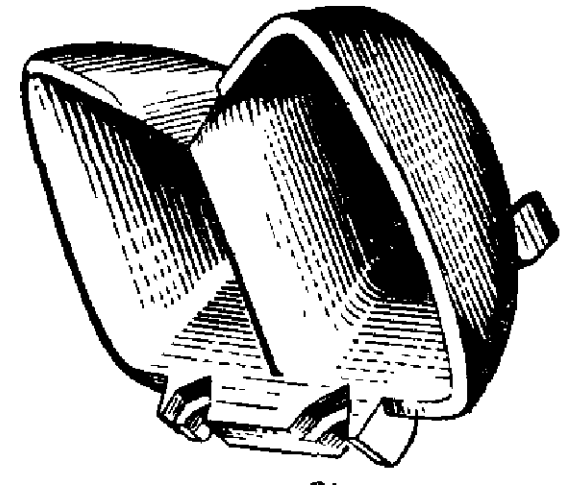
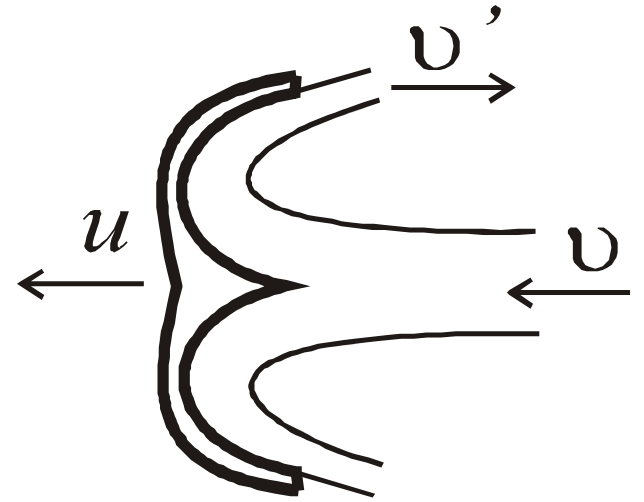
$$v' = u - v_{\text{от}} = u - v + u = 2u - v$$

$$\Delta v = v - v' = 2(v - u)$$

Воспользуемся законом механики об изменении количества движения: импульс внешних сил равен импульсу изменения количества движения

$$F t = \Delta v m$$

$$F = \Delta v m / t = 2(v - u)m / t = 2(v - u)G$$



Мощность, создаваемая этой силой, определяется по формуле

$$N = F u = 2G(v - u)u$$

Определим, при каком значении скорости движения ковша мощность турбины будет максимальной

$$\frac{dN}{du} = 2G(v - 2u) = 0$$

Тогда  $u = v/2$ , а максимальная мощность

$$N_{\max} = \frac{1}{2} Gv^2$$

$$v = \varphi \sqrt{2gH_{\text{дàñи}}}$$

$$N_{\text{max}} = \eta \rho g Q H_{\text{дàñи}} \quad N_{\text{äåéñò}} = \eta \rho g Q H_{\text{дàñи}}$$

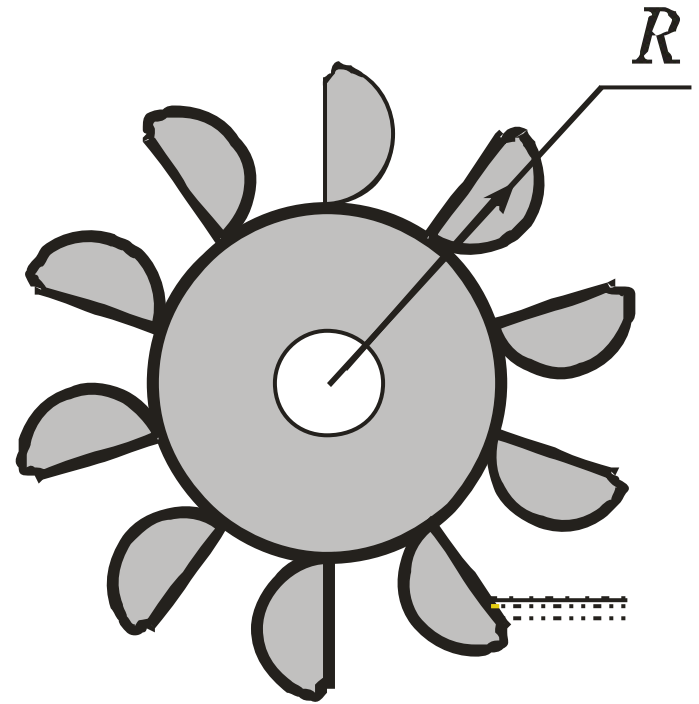
Потери энергии в ковшовой турбине обусловлены:

- образованием струи в сопле,
- разворотом струи в ковше,
- перескоком струи с ковша на ковш,
- механическими потерями в подшипниках.

# Геометрические характеристики турбины

Радиус размещения центра ковша рабочего колеса определяется через его линейную скорость вращения

$$R = \frac{u}{\omega} = \frac{v}{2\omega} = \frac{\sqrt{2gH_{\text{расп}}}}{4\pi n}$$



Сопло водовода имеет круглое сечение радиусом

$$r_{\text{н}} = \sqrt{S / \pi} = \sqrt{\frac{Q}{k \pi v}} = \sqrt{\frac{G}{\rho k \pi \varphi \sqrt{2 g H_{\text{дани}}}}}$$

Как правило  $r_{\text{с}} \approx r_{\text{к}} / 2$ .

На практике используется колеса с размерами ковша  $r_{\text{к}} = R / 12$ , так как при больших размерах ковшей ухудшаются условия их обтекания.



Увеличение числа струй приводит к увеличению частоты вращения турбины, а также предоставляет дополнительные возможности для регулирования расхода и сохранения высокого КПД при частичных нагрузках.

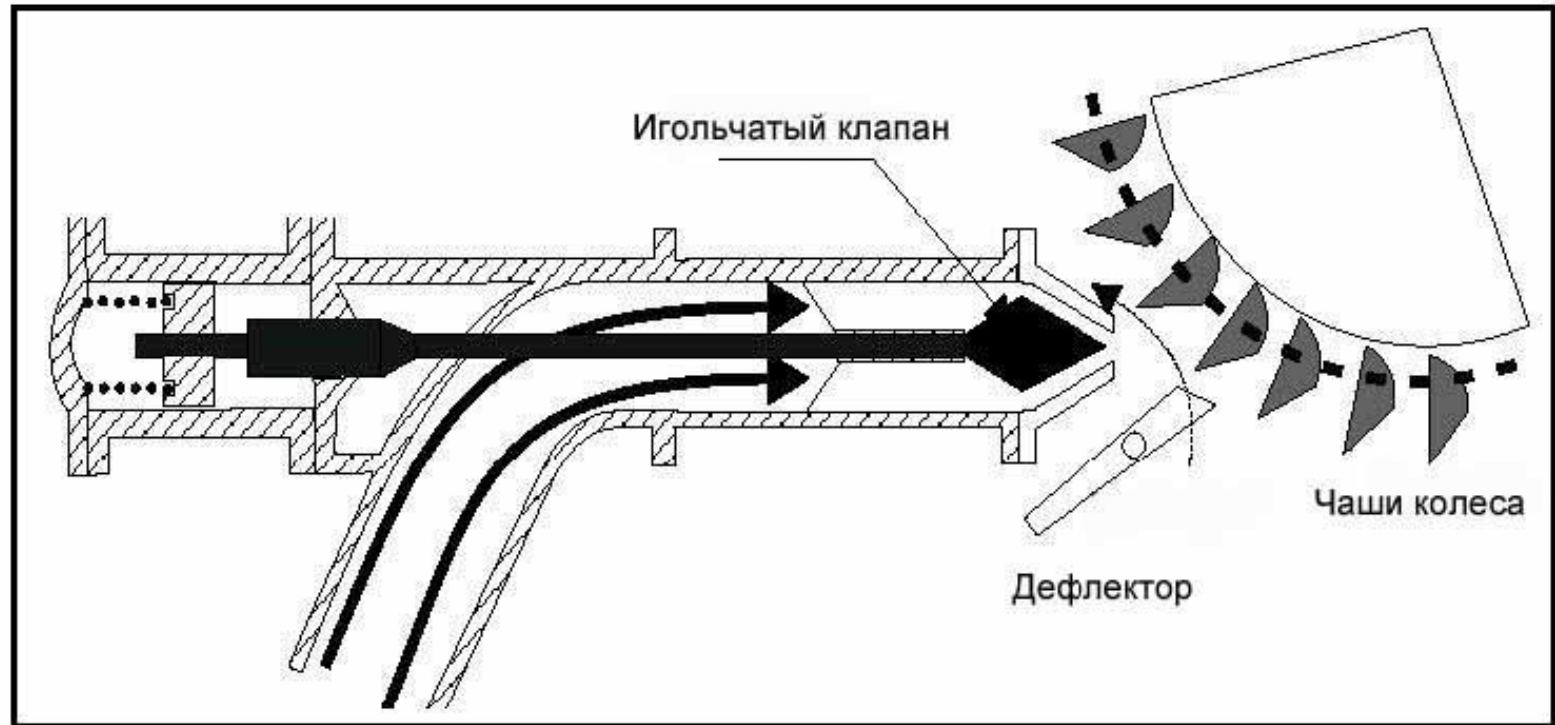
Однако количество сопел и площадь их сечения ограничено расходом источника жидкости и размерами турбины.

## Количество ковшей

$$n_{\hat{e}} \approx \frac{2 \pi (R + 1,5 r_{\hat{e}})}{\sqrt{(R + 1,25 r_{\hat{e}}) \cdot r_{\hat{e}}}}$$

Если  $r_{\text{к}} = R / 12$ , то  $n_{\text{к}} = 23$ .

# Регулирование мощности турбины и аварийное прекращение работы



# Двукратные турбины

