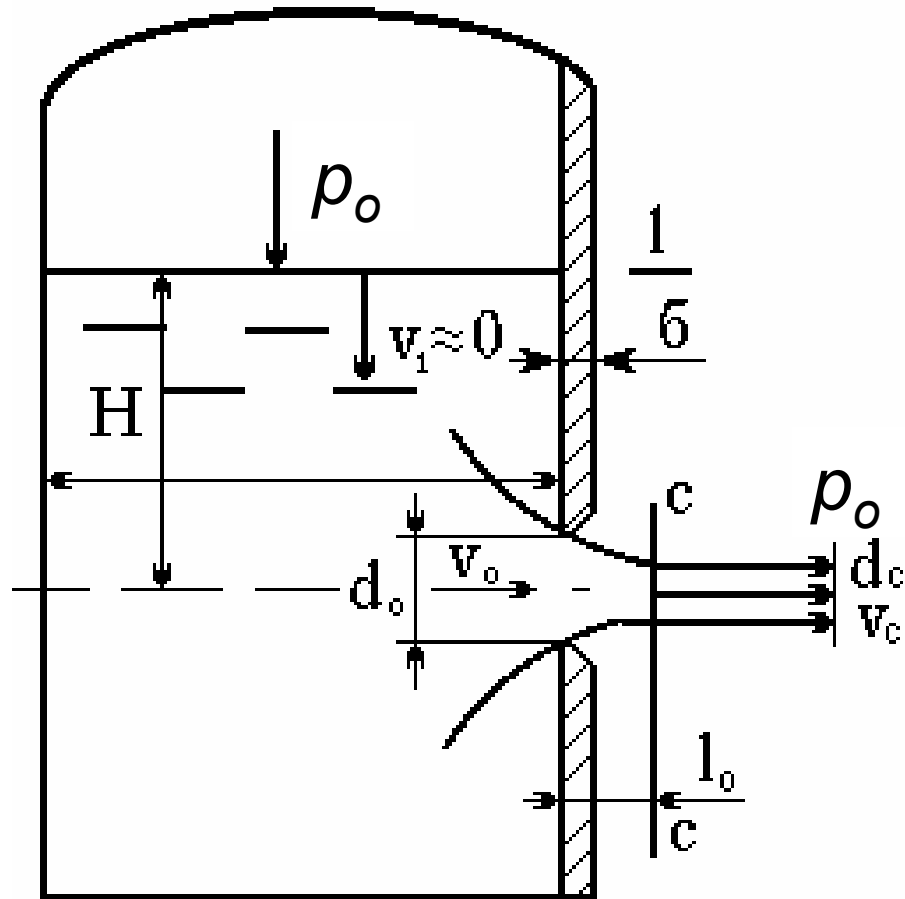


Гидравлика

Лекция 8

**Истечение жидкости из отверстий и
насадков**

Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке



Отверстие считается малым, если отношение площади подводящего канала к площади отверстия больше 4

$$\frac{\omega_p}{\omega_o} > 4$$

и диаметр отверстия $d_o < 0,1 H_{пр}$

$$H_{пр} = H + \frac{p_o}{\rho g}$$

Стенка считается тонкой, если диаметр отверстия намного больше толщины стенки или имеется острая кромка.

К отверстию жидкость подтекает со всех сторон по криволинейным траекториям, и струя жидкости при выходе из отверстия сжимается.

На участка l_0 от внутренней поверхности стенки до сечения $c-c$ движение неравномерное.

Вблизи сжатого сечения $c-c$ движение жидкости параллельно струйное и живое сечение потока плоское. Эюра распределения скоростей – прямоугольная.

Расстояние от отверстия до сжатого сечения $l_0 \approx 0,5 d$.

Коэффициент сжатия струи ε – отношение площади сжатого сечения к площади отверстия

$$\varepsilon = \frac{\omega_c}{\omega_o}$$

Сжатие струи по всему периметру называется полным.

Полное сжатие наблюдается при удалении отверстия от дна и стенок. При примыкании отверстия к дну или стенкам сжатие неполное, не со всех сторон.

*Сжатие называется **совершенным***, если на него не оказывают влияние дно и стенки резервуара. Для этого необходимо, чтобы расстояние от стенок и дна до отверстия было более трех диаметров отверстия.

Уравнение Бернулли для поверхности в баке (1–1) и с–с .

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_C + \frac{p_C}{\rho g} + \frac{\alpha_C v_C^2}{2g} + \sum h_n,$$

$$z_1 = H, \quad z_C = 0, \quad p_1 = p_0 + p_a, \quad p_C = p_a,$$

$$\alpha_C = 1, \quad v_1 \ll v_C \approx 0, \quad \sum h_n = h_M = \zeta_0 \frac{v_C^2}{2g},$$

где ζ_0 – коэффициент сопротивления отверстия.

Подставляем в уравнение Бернулли:

$$H + \frac{p_0}{\rho g} = \frac{v_C^2}{2g} (1 + \zeta_0),$$

$$H + \frac{p_0}{\rho g} = H_{\text{ИР}}, \quad v_C = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta_0}} \sqrt{2gH_{\text{ИР}}},$$

$$\varphi_0 = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta_0}}, \quad \text{где } \varphi_0 \text{ – коэффициент скорости.}$$

Максимальная теоретическая скорость движения жидкости будет иметь место, если пренебречь потерями.

$$\zeta_0 = 0, \quad v_{c \max} = \sqrt{2gH_{\text{ПР}}}$$

С физической точки зрения коэффициент скорости представляет собой отношение действительной скорости движения жидкости к теоретической:

$$\frac{v_c}{v_{c \max}} = \varphi_0$$

Расход жидкости: $Q = \omega_C V_C, \quad \omega_C = \omega_0 \varepsilon_0$

$$Q = \omega_0 \varepsilon_0 \varphi_0 \sqrt{2gH_{\text{пр}}}, \quad \mu_0 = \varphi_0 \cdot \varepsilon_0,$$

$$Q = \mu_0 \cdot \omega_0 \sqrt{2gH_{\text{пр}}}$$

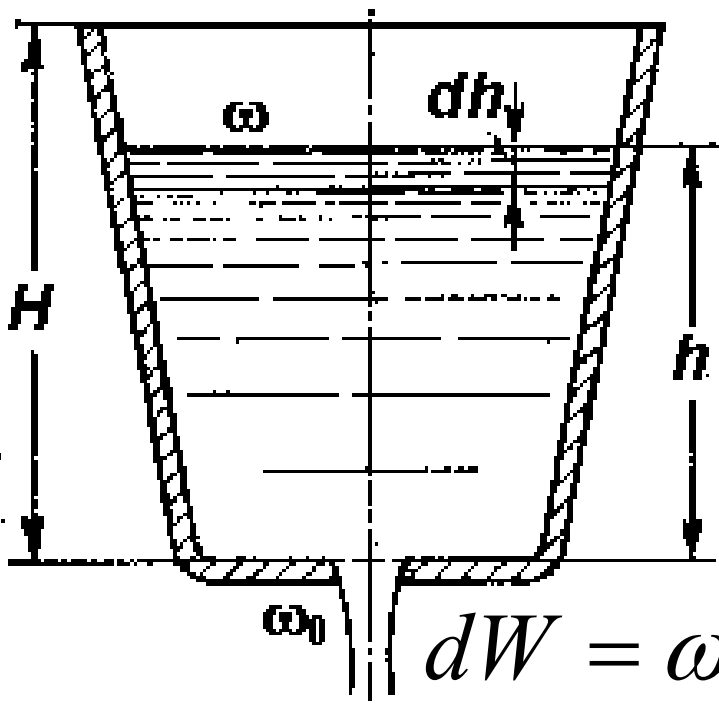
Коэффициенты $\mu_0, \varphi_0, \varepsilon_0$ зависят от числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\sqrt{2gH_{\text{пр}}} \cdot d_0}{\nu}$$

При турбулентном движении:

$$\zeta_0 \approx 0,65, \quad \varepsilon = 0,64, \quad \varphi_0 = 0,97, \quad \mu_0 = 0,62$$

Движение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при переменном напоре



Опорожнение открытого сосуда произвольной формы через донное отверстие или насадок, при переменном постепенно уменьшающемся напоре. Допустим, что $\mu_o = const$ и за время dt уровень уменьшился на dh

Объем вытекшей жидкости:

$$dW = \omega \cdot dh = -Qdt, \quad Q = \mu_o \cdot \omega_o \sqrt{2gh},$$

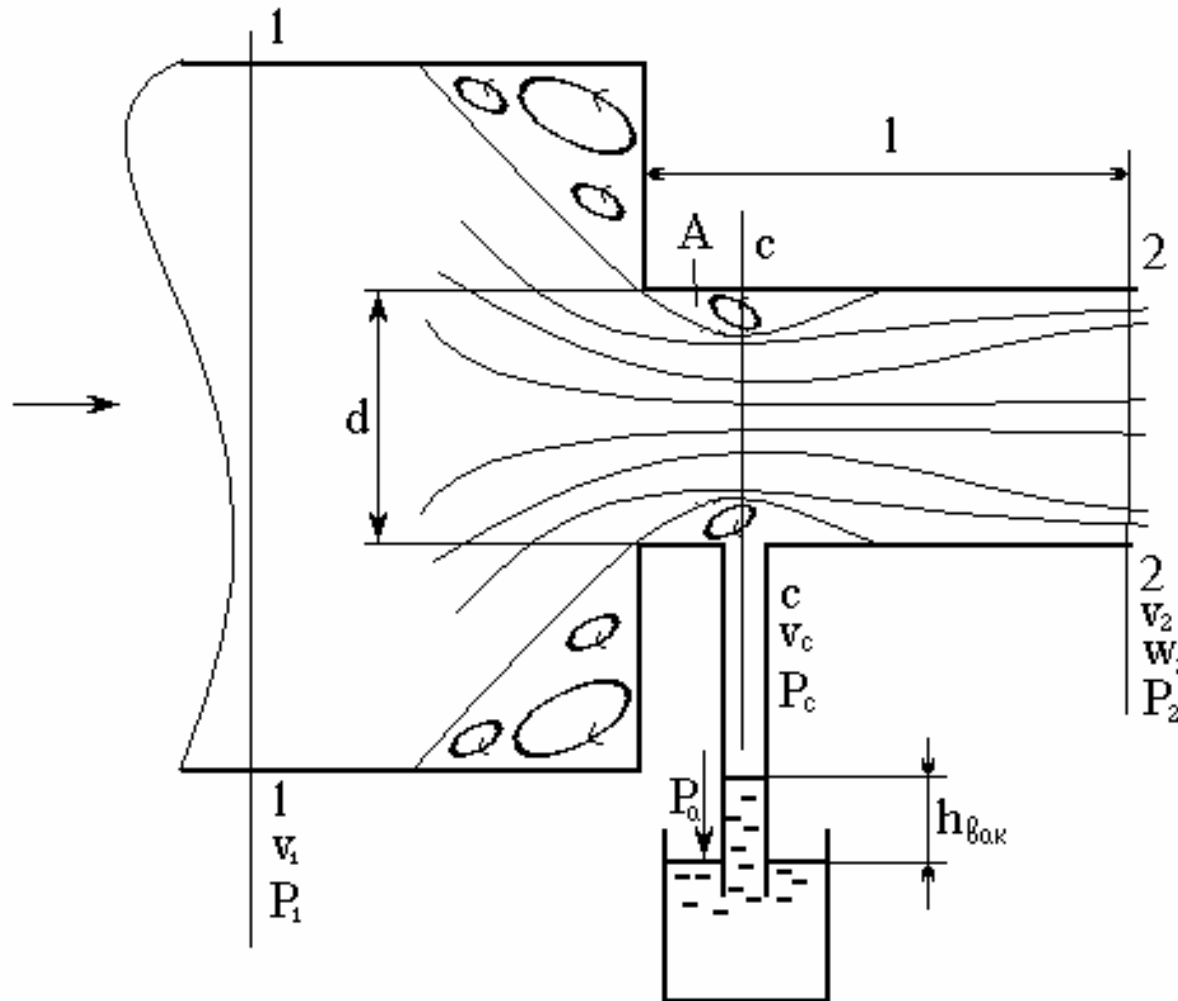
$$dt = \frac{\omega \cdot dh}{-\mu_o \cdot \omega_o \sqrt{2gh}}, \quad t = -\frac{1}{\mu_o \cdot \omega_o \sqrt{2g}} \cdot \int_{h=H}^{h=0} \omega \frac{dh}{h},$$

При постоянной площади:
$$t = -\frac{2\omega}{\mu_o \cdot \omega_o \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{H}$$

Истечение жидкости через насадки

Насадком называется короткий напорный трубопровод определенной конфигурации потерями по длине которого пренебрегают и учитывают только местные потери напора.

Внешний цилиндрический насадок (насадок Вентури)



Жидкость, устремляясь в насадок и обходя острую кромку, образует сжатую струю и водоворотную область, которая заполняется частицами жидкости, оторвавшись от транзитной струи.

Расчет расхода ведется по формуле истечения из отверстия, но коэффициент истечения иной. Для турбулентного режима движения в квадратичной области:

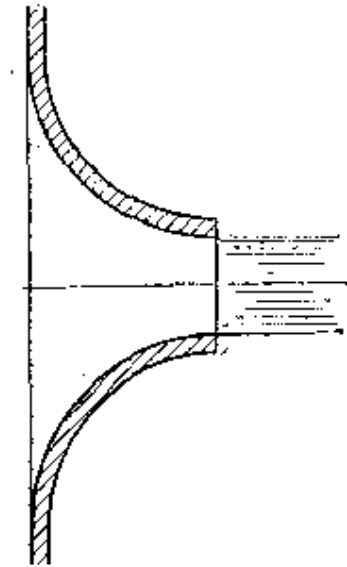
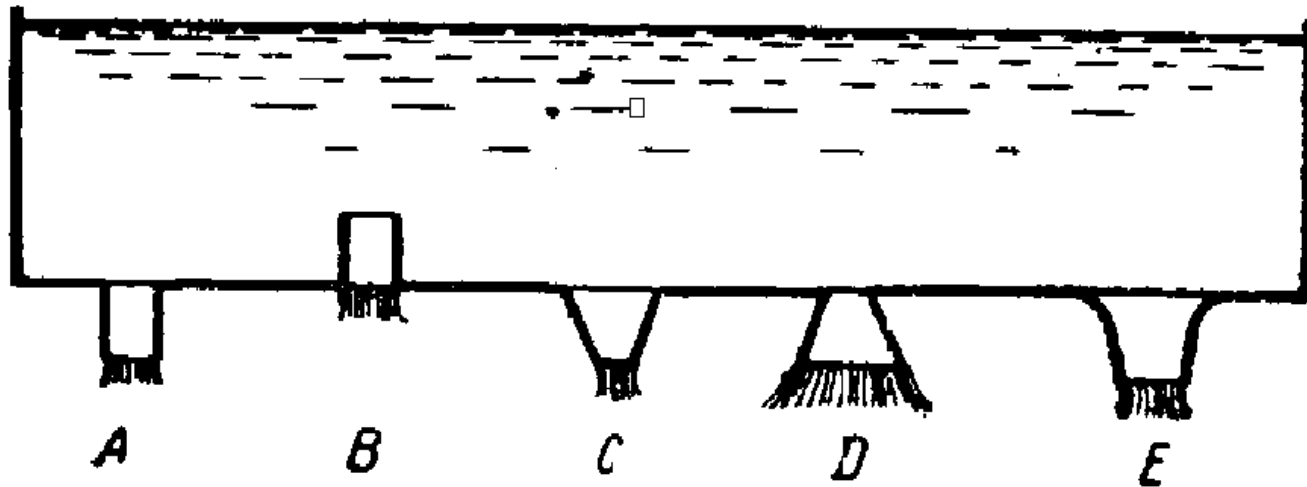
$$\zeta \approx 0,5, \quad \varepsilon = 1, \quad \varphi_H = \mu_H = 0,82$$

$$Q = \mu_H \cdot \omega_H \sqrt{2gH}$$

Внешний цилиндрический насадок, увеличивает расход жидкости на 34% и уменьшает скорость ее истечения на 15%.

Увеличения расхода жидкости внешним цилиндрическим насадком по сравнению с отверстием можно связать с наличием в сжатом сечении струи в насадке пониженного давления. Это как бы "подсасывает" жидкость из сосуда в насадок.

Типы насадков



- A) внешний цилиндрический насадок или насадок Вентури ;
- B) внутренний цилиндрический насадок или насадок Борда;
- C) конический сходящийся насадок;
- D) конический расходящийся насадок;
- E) коноидальный насадок - насадок, имеющий форму струи жидкости, вытекающей из отверстия в тон кой стенке.

Сопло Лавалья:

