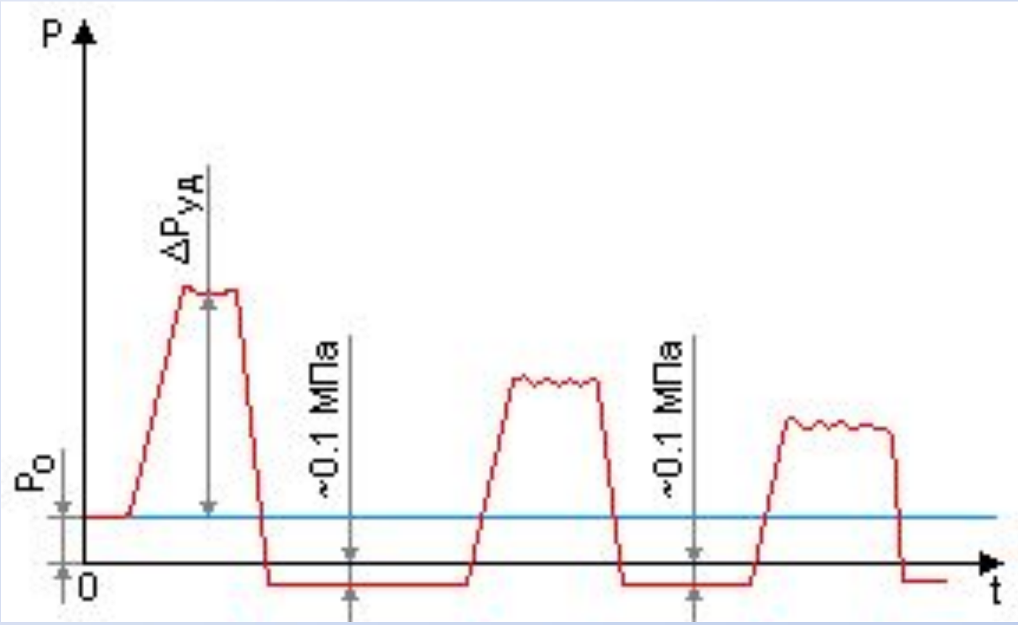
Гидроудар

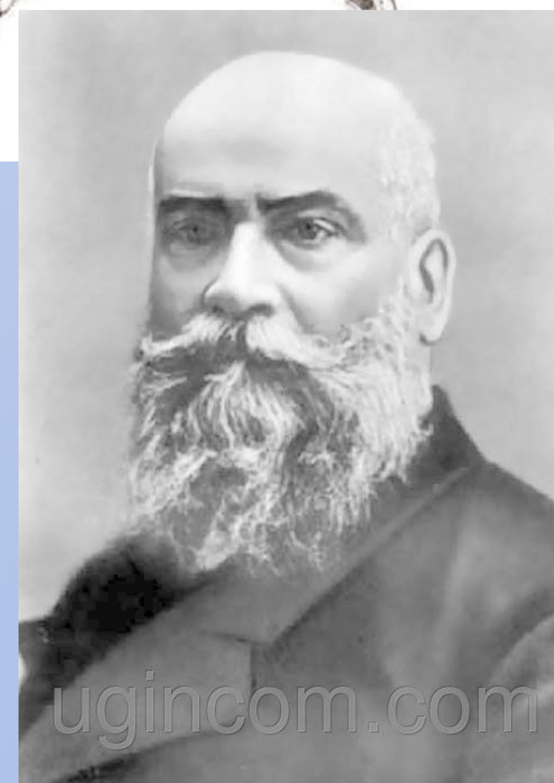


$$\Delta p = \rho (V_0 - V_1) c$$

$$\Omega t = \rho \Omega l (V_0 - V_1)$$

$$T = 2l / c$$

$$\Delta l = \lambda / 2 = cT / 2$$



Изэнтропические соотношения в сжимаемых средах.

Уравнение баланса энергии в сжимаемых средах.

Число Маха и скоростной коэффициент.

Изэнтропические соотношения.

Одномерное стационарное движение сжимаемой среды по трубе переменного сечения

Уравнение баланса энергии.

- При стационарном (баротропном) движении идеальной среды под действием потенциальных объемных сил сумма кинетической энергии единицы массы, внутренней энергии и потенциала объемных сил сохраняет вдоль линии тока постоянное значение.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{V^2}{2} + \Pi + U\right) = 0$$

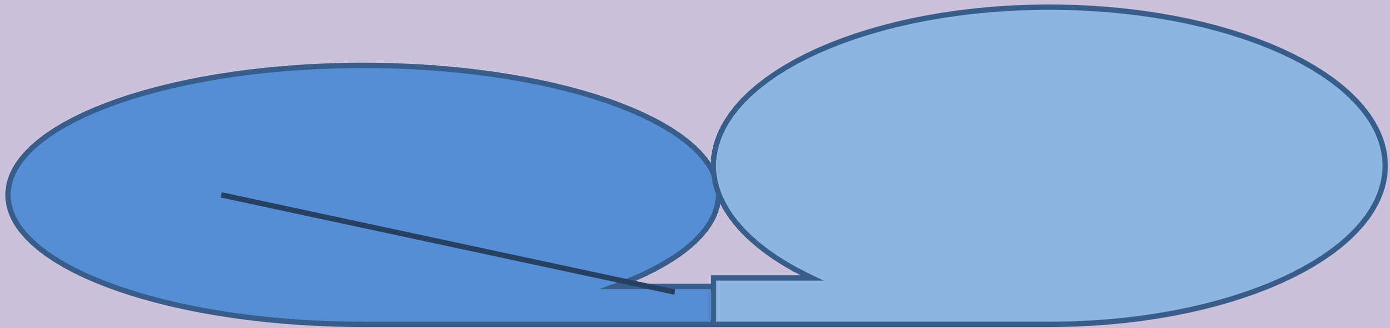
$$dh = dU + RdT$$

- Энтальпия — это та энергия, которая доступна для преобразования в теплоту при определенном постоянном давлении

$$h = C_p T$$

$$dU = dh - \frac{dp}{\rho(p)} \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{V^2}{2} + h\right) = 0$$

Число Маха.



Если в потоке истечения скорость сжимаемой среды достигнет в выходном сечении патрубка местной скорости звука, называемой ***критической***, то в этом, также называемом ***критическим*** сечении, давление, температура и плотность примут одинаковые для всех частиц среды значения тоже называемые ***критическими***.

В адиабатическом движении сжимаемой среды критические значения параметров состояния определяются по статическим значениям параметров.

Число Маха.

Числом Маха называется отношение скорости движения сжимаемой среды в выбранной точке потока к соответствующей этой точке местной скорости звука.

$$M = \frac{V}{V_{зв}} \qquad \lambda = \frac{V}{V_{зв}^{*}} \qquad V_{з} = \sqrt{\kappa RT/\mu}$$

$$\frac{\kappa}{3} M^2 = \frac{V^2}{V_{кв}^2} \qquad V_{кв} = \sqrt{3RT/\mu}$$

M<1-кинетическая энергия направленного движения меньше кинетической энергии хаотического, поток в данной точке является *дозвуковым;*

M=1- поток в данной точке является *звуковым*;

M>1-поток в данной точке является *сверхзвуковым*

Изэнтропические формулы

$$\frac{V^2}{2} + C_p T = C_p T_0$$

$$\frac{V^2}{2} + h = h_0$$

$$h = C_p T \qquad h_0 = C_p T_0$$

$$h = \frac{V_{зв}^2}{(\kappa - 1)} \qquad V = V_{зв} = V_{зв}^*$$

$$\frac{T}{T_0} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2\right)^{-1}$$

$$\frac{V^2}{2} + h = h_0 \qquad h_0 = \frac{\kappa + 1}{2(\kappa - 1)} V_{зв}^{*2}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{1}{\kappa - 1}}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2\right)^{-\frac{1}{\kappa - 1}}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\kappa - 1}{2}} \frac{M}{\sqrt{1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2}}$$

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

$$\frac{p}{p_0} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2\right)^{-\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

Одномерное стационарное движение сжимаемой среды по трубе переменного сечения

- Не учитывая кривизну оси канала, выбираем в качестве оси ось координаты x.
- Поток сжимаемой среды считаем адиабатическим, саму среду идеальной, поэтому движение среды можно считать изэнтропическим

$$V_x\frac{dV_x}{dx} = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx}, \qquad \frac{dp}{d\rho} = V_{зв}^2, \qquad V_x\frac{dV_x}{dx} = -V_{зв}^2\frac{d\rho}{dx\,\rho}$$

$$(M^2-1)\frac{dV_x}{dx}\frac{1}{V_x} = \frac{d\Omega}{dx\,\Omega}$$

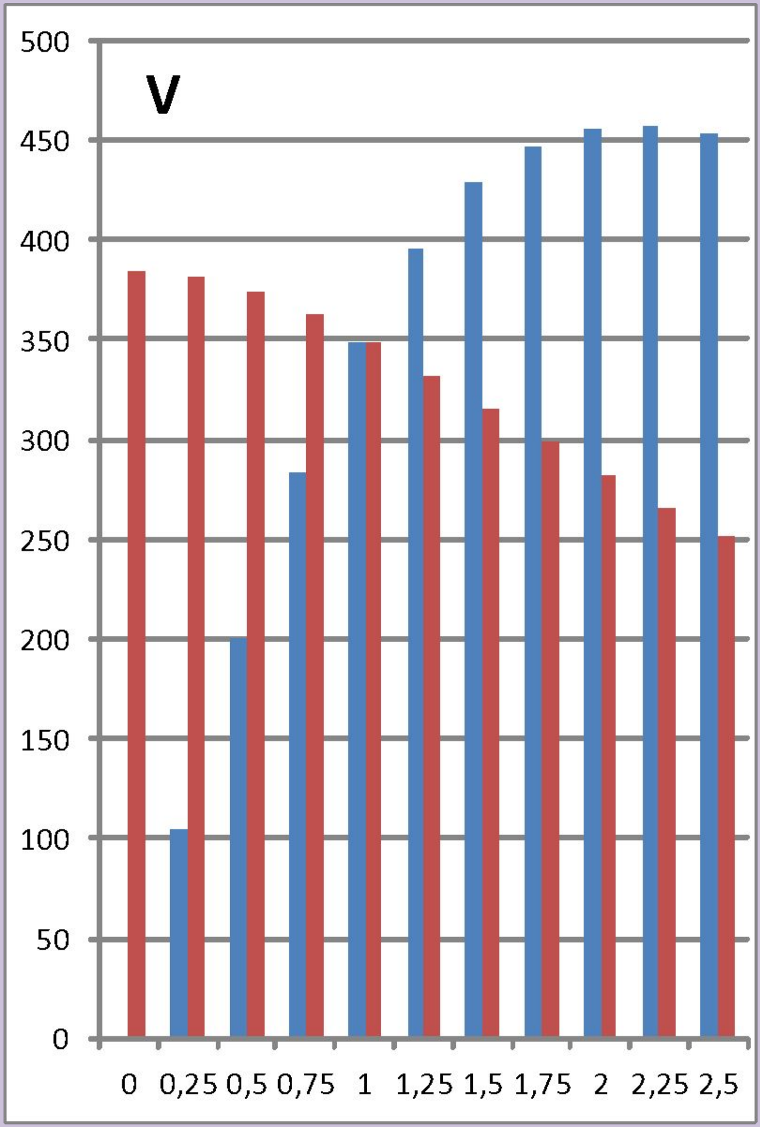
$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dV_x}{V_x} + \frac{d\Omega}{\Omega} = 0, \qquad (V_x^2 - V_{зв}^2)\frac{dV_x}{V_x} = V_{зв}^2\frac{d\Omega}{\Omega}$$

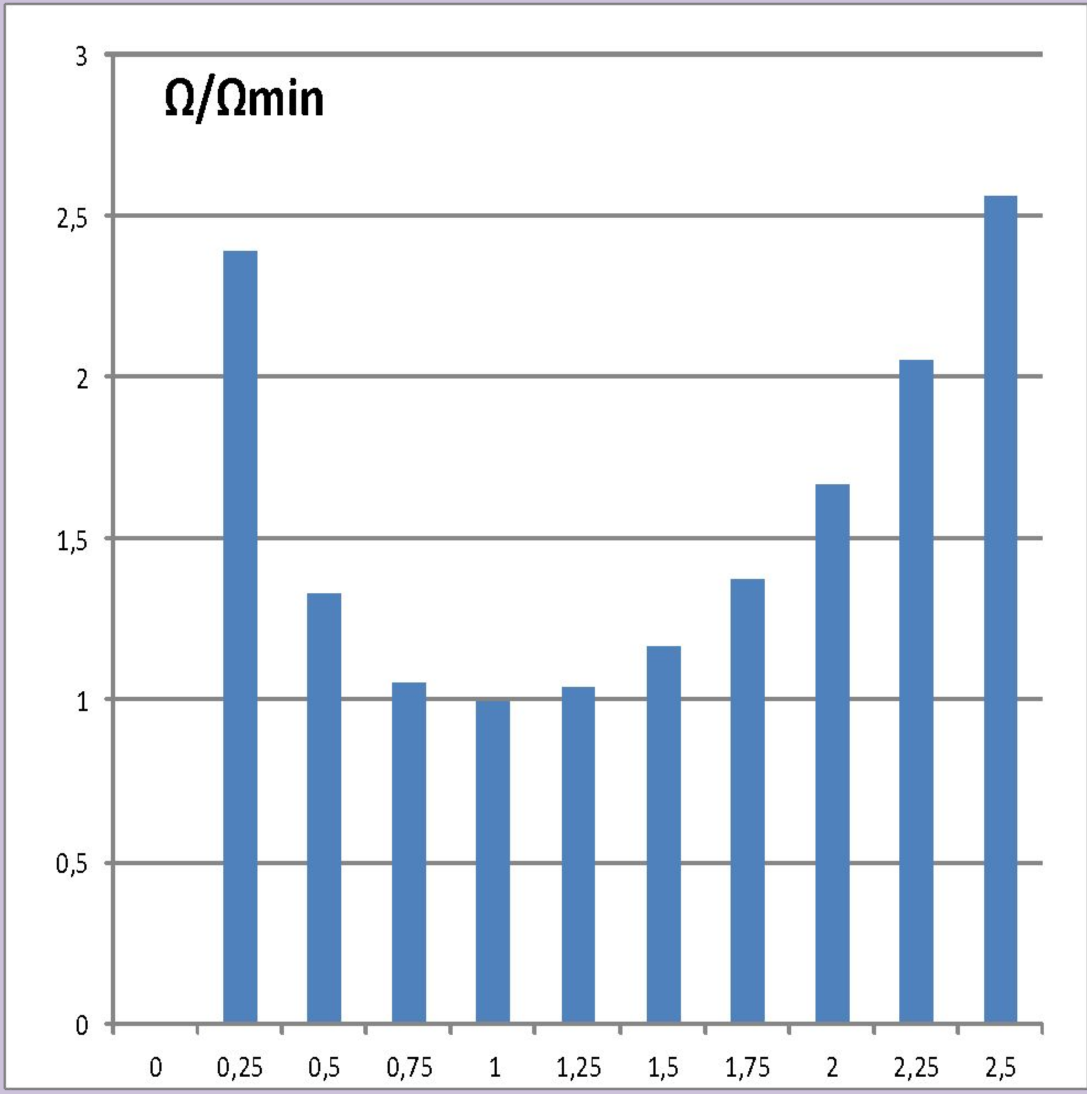
$$\rho V_x \Omega = const$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2}M^2\right)^{-\frac{1}{\kappa-1}}$$

$$\frac{\Omega}{\Omega_1} = \frac{M_1}{M}\left(\frac{1+(\kappa-1)M^2/2}{1+(\kappa-1)M_1^2/2}\right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}}$$

$$\frac{\Omega}{\Omega^*} = \frac{1}{M}\left(\frac{1+(\kappa-1)M^2/2}{1+(\kappa-1)/2}\right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}} = \Theta^{-1}$$





Э. Мах: «Согласно нашему пониманию, законы природы порождаются нашей психологической потребностью найти их среди явлений природы». Цель науки не истина, а экономия мышления.

ЭРНСТ МАХ
(1838-1916)

Лекция закончилась