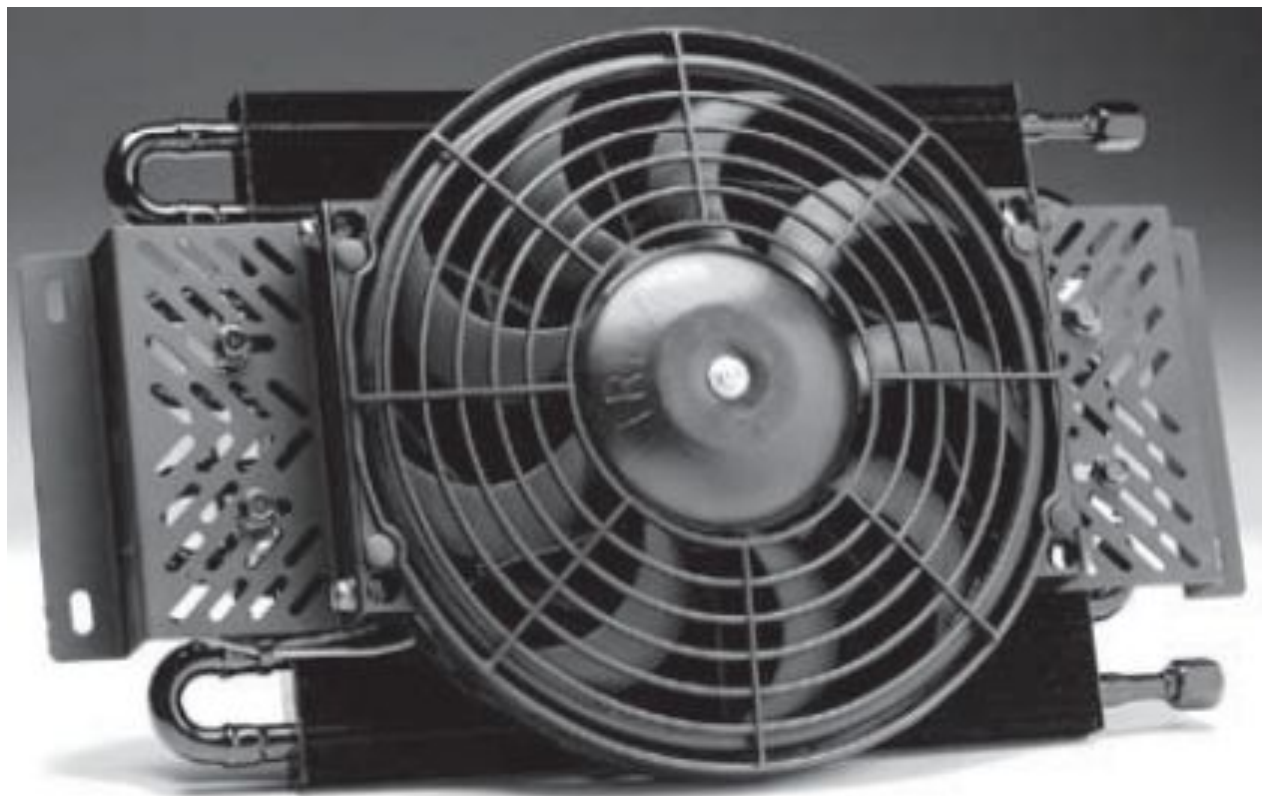
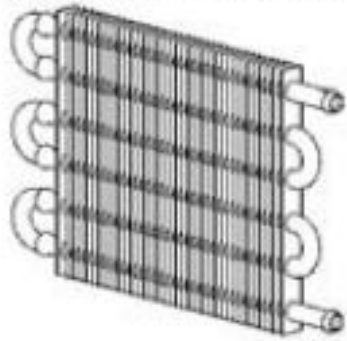




ENGINE OIL COOLERS



$$\frac{dq}{dF} = k(t_r - t_x).$$

$$Q = kF \epsilon_{\Delta t} \Delta t_{\text{лог}},$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\bar{\Delta t} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}.$$

$$\alpha = \text{Nu} \times \lambda / d_3$$

$$\text{Nu} = f(\text{Pr}, \text{Gr}, \text{Re}, M, \gamma)$$

$$\text{Nu} = C_1 \text{Gr}^{m_1} \text{Pr}^{n_1},$$

$$\text{Nu} = C_2 \text{Re}^{m_2} \text{Pr}^{n_2},$$

$$\text{Re} = v \times d_3 / \nu$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\eta c_p}{\kappa},$$

$$d_3 = 4 \times F_\phi / \Pi$$



Рис. 1. Схема противоточного теплообменника



Рис. 2. Схема теплообменника с параллельным однонаправленным движением теплоносителей

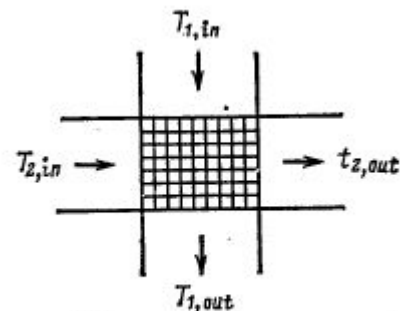


Рис. 3. Схема теплообменника с перекрестным током теплоносителей

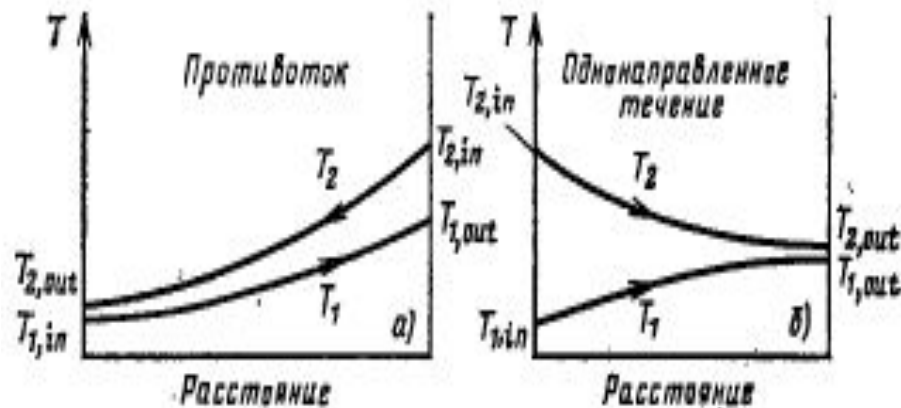


Рис. 1. Распределение температур в противоточном теплообменнике (а) и в теплообменнике с однонаправленным движением теплоносителей (б)

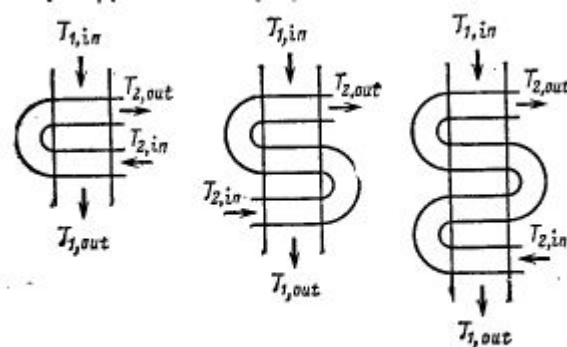


Рис. 4. Схема теплообменников со смешанным движением теплоносителей (перекрестный ток с противотоком)

$$E = \frac{1 - \exp\left[-\left(1 + \frac{C_{min}}{C_{max}}\right) \frac{kF}{C_{min}}\right]}{1 + \frac{C_{min}}{C_{max}}}.$$

$$E = f\left(\frac{C_{min}}{C_{max}}; \kappa\right),$$

где $\kappa = \frac{kF}{C_{min}}$ - безразмерный коэффициент теплопередачи,

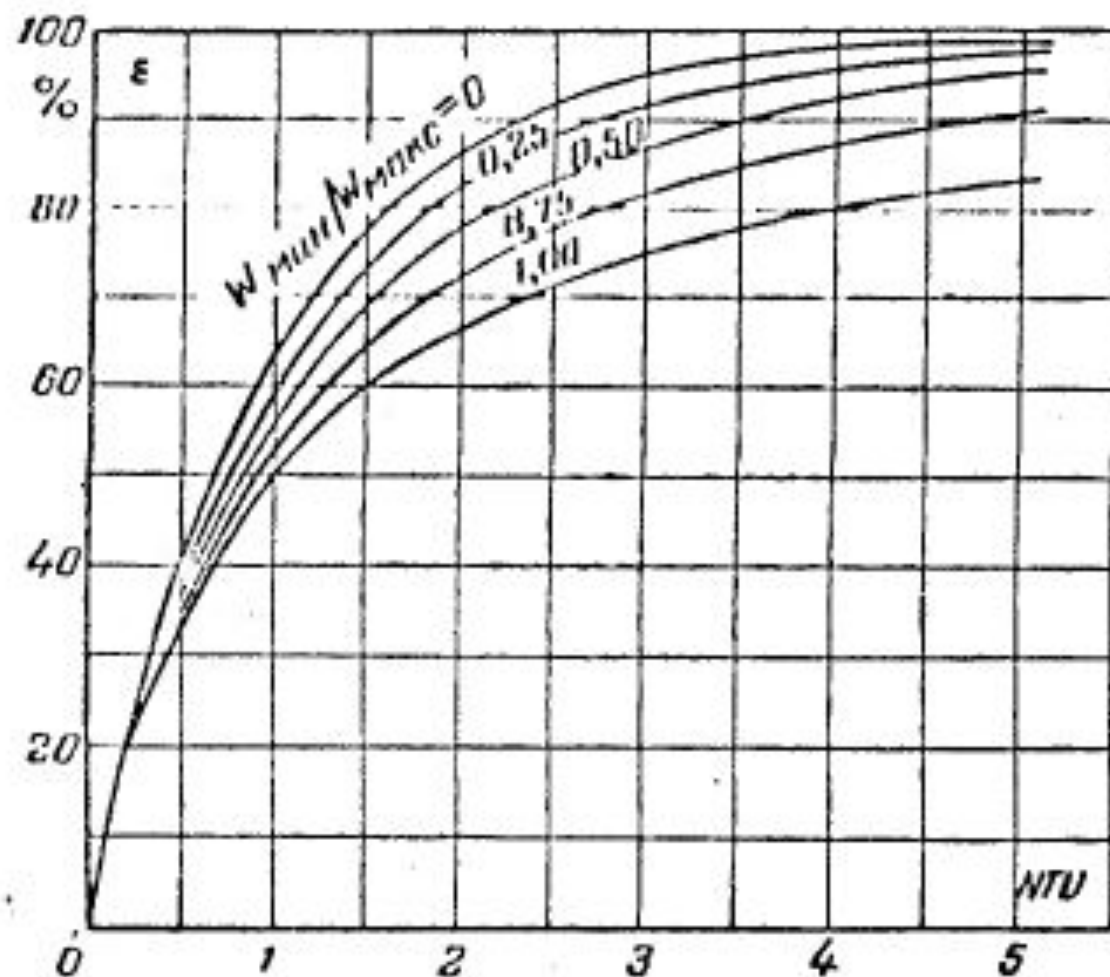
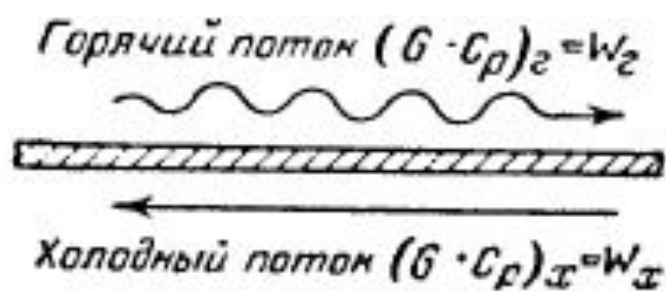
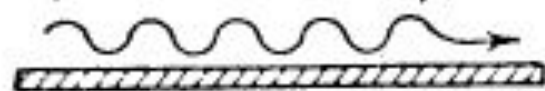


Рис. 9. Характеристика противоточного теплообменника.
 $NTU_{\text{макс}} = kF/W_{\text{мин}}$

Горячий поток $(W \cdot c_p)_g = W_g$



Холодный поток $(W \cdot c_p)_x = W_x$

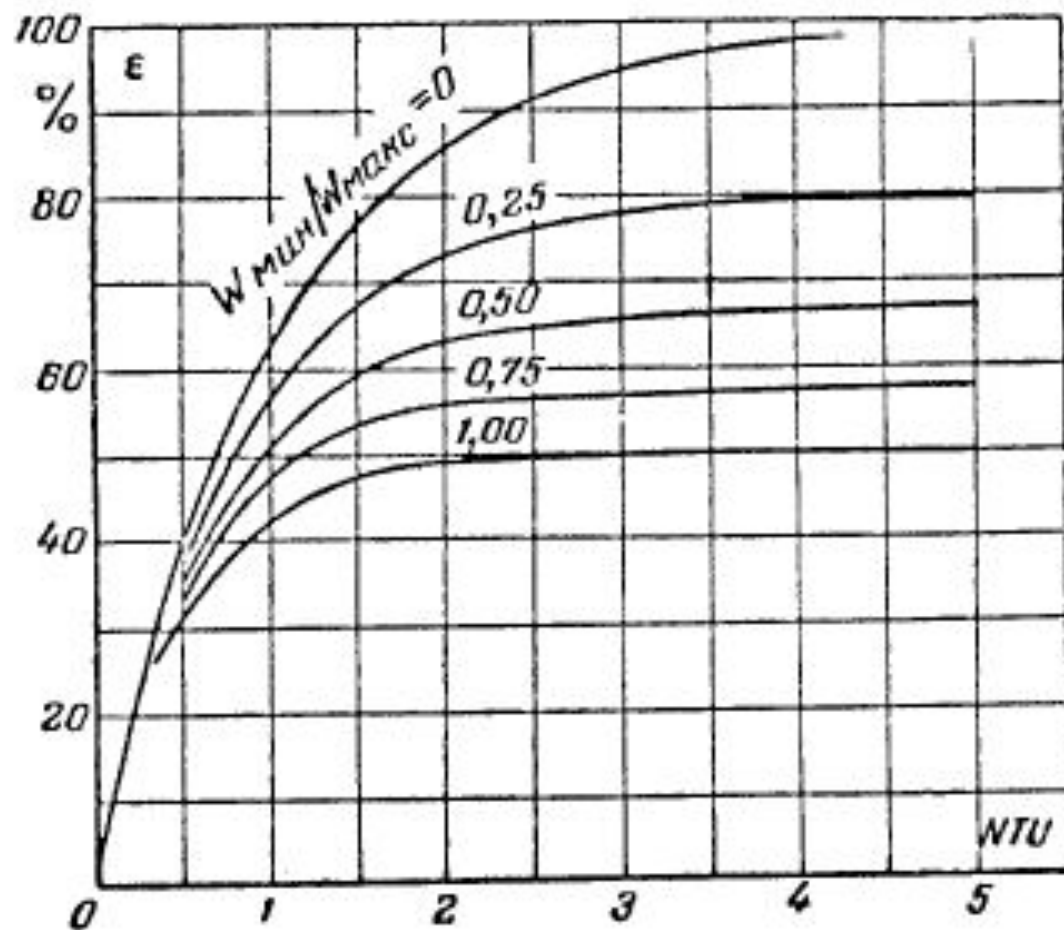


Рис. 10. Характеристика прямоточного теплообменника.

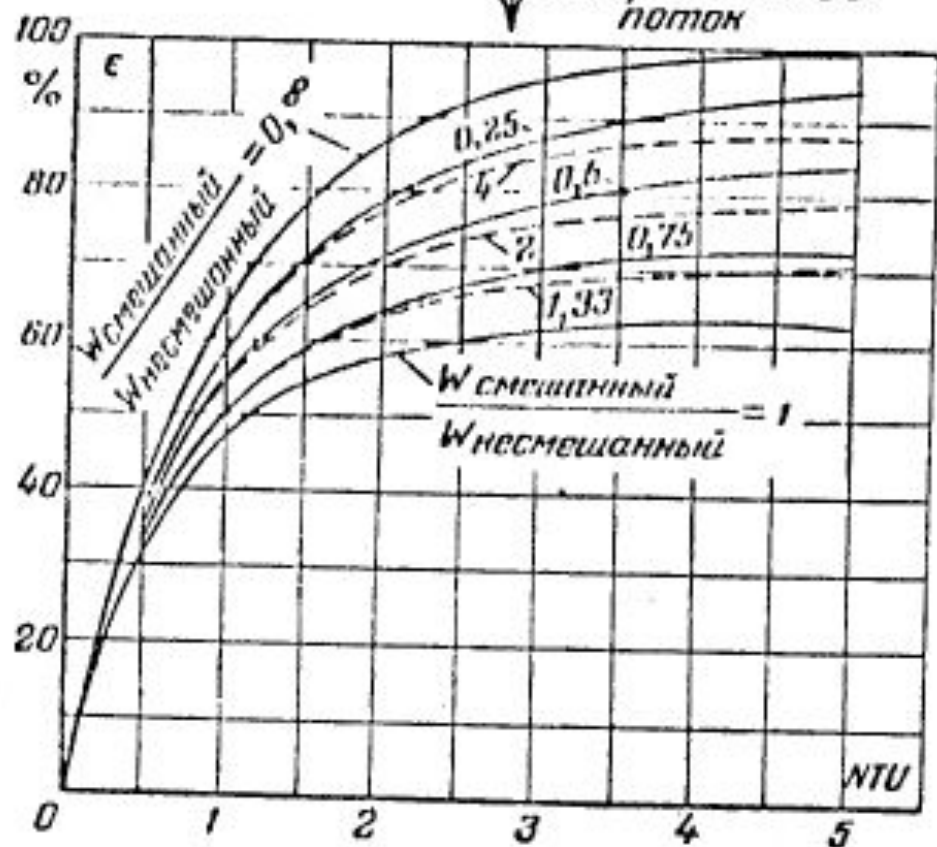
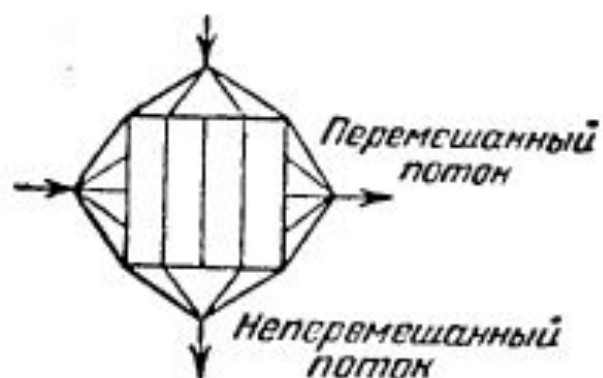


Рис. 11. Характеристика перекрестноточного теплообменника (один поток перемешивается).

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho w^2}{2},$$

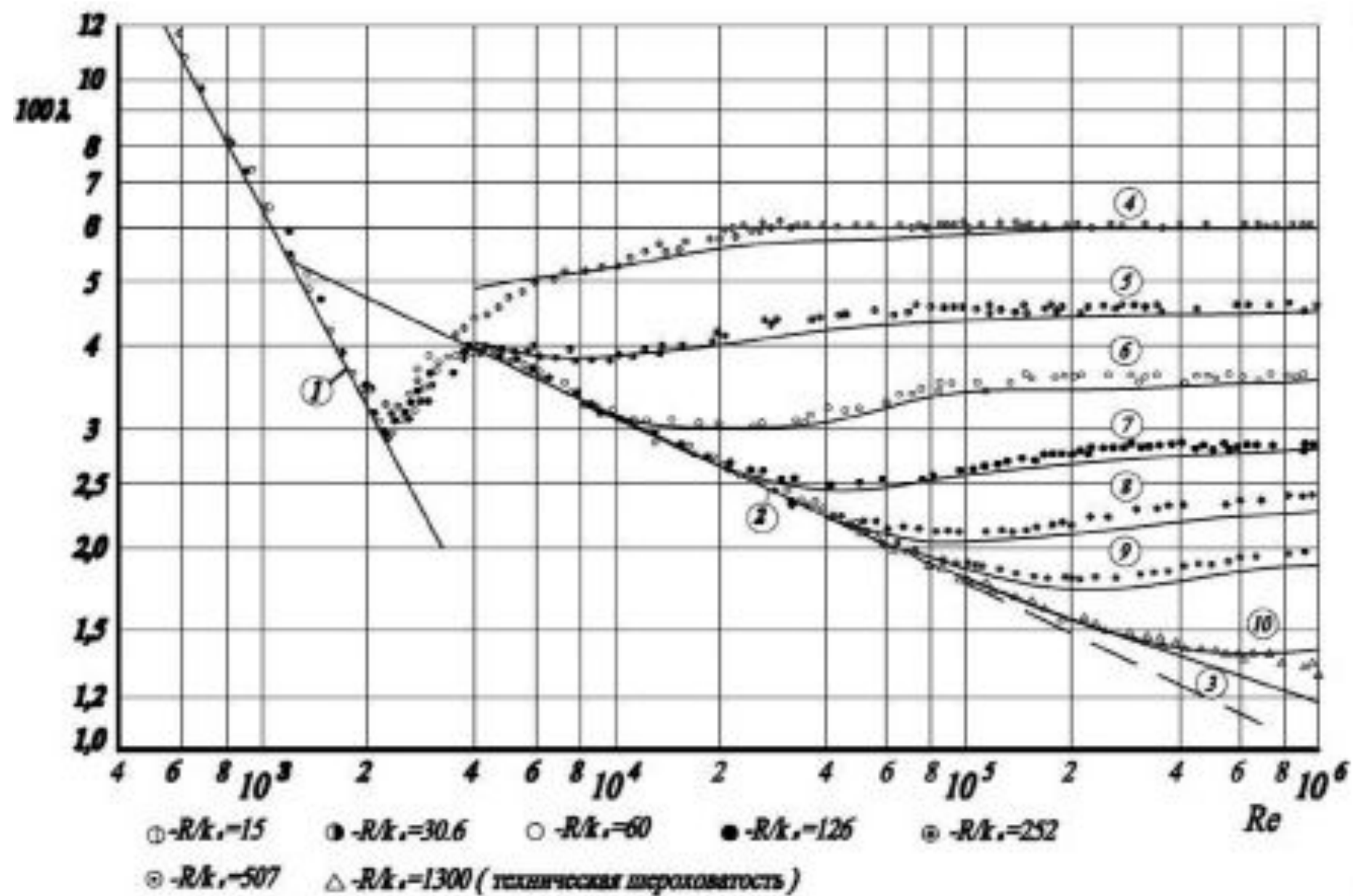
$$\Delta h = \zeta \frac{w^2}{2g}.$$

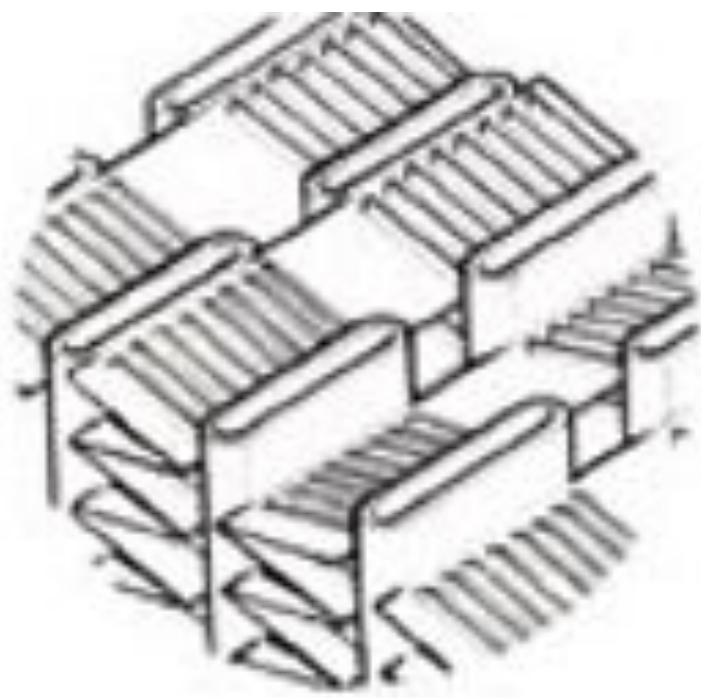
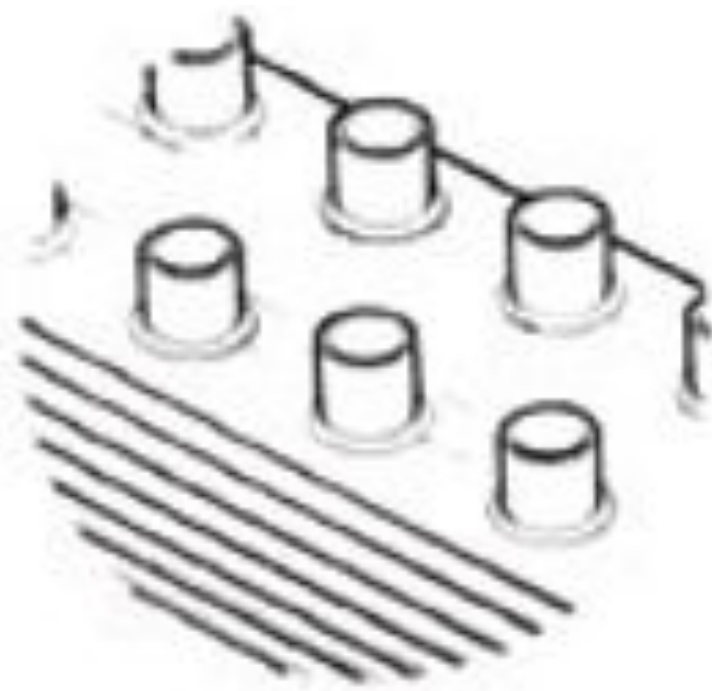
Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.; Машиностроение, 1992.— 672 с: ил.

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2}; \quad \lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad \lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}}$$

Кейс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. М.-Л.: Энергоатомиздат, 1982.

Тихонов А.М. Регенерация тепла в авиационных ГТД. -М.: Машиностроение, 1977. - 210 с.





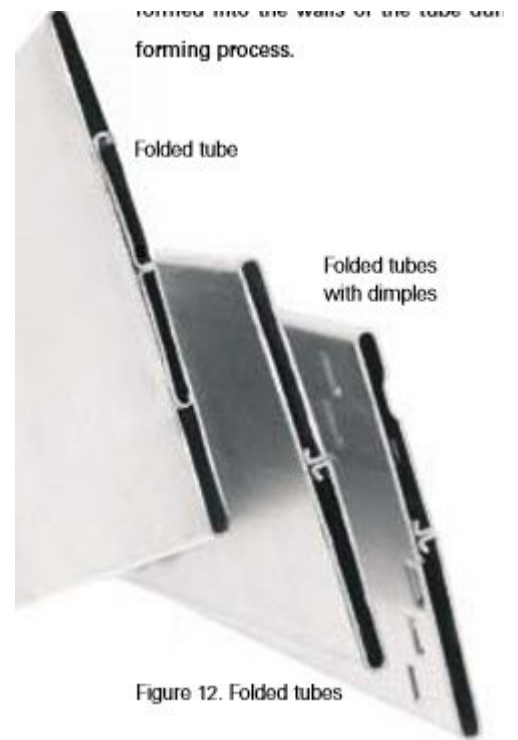
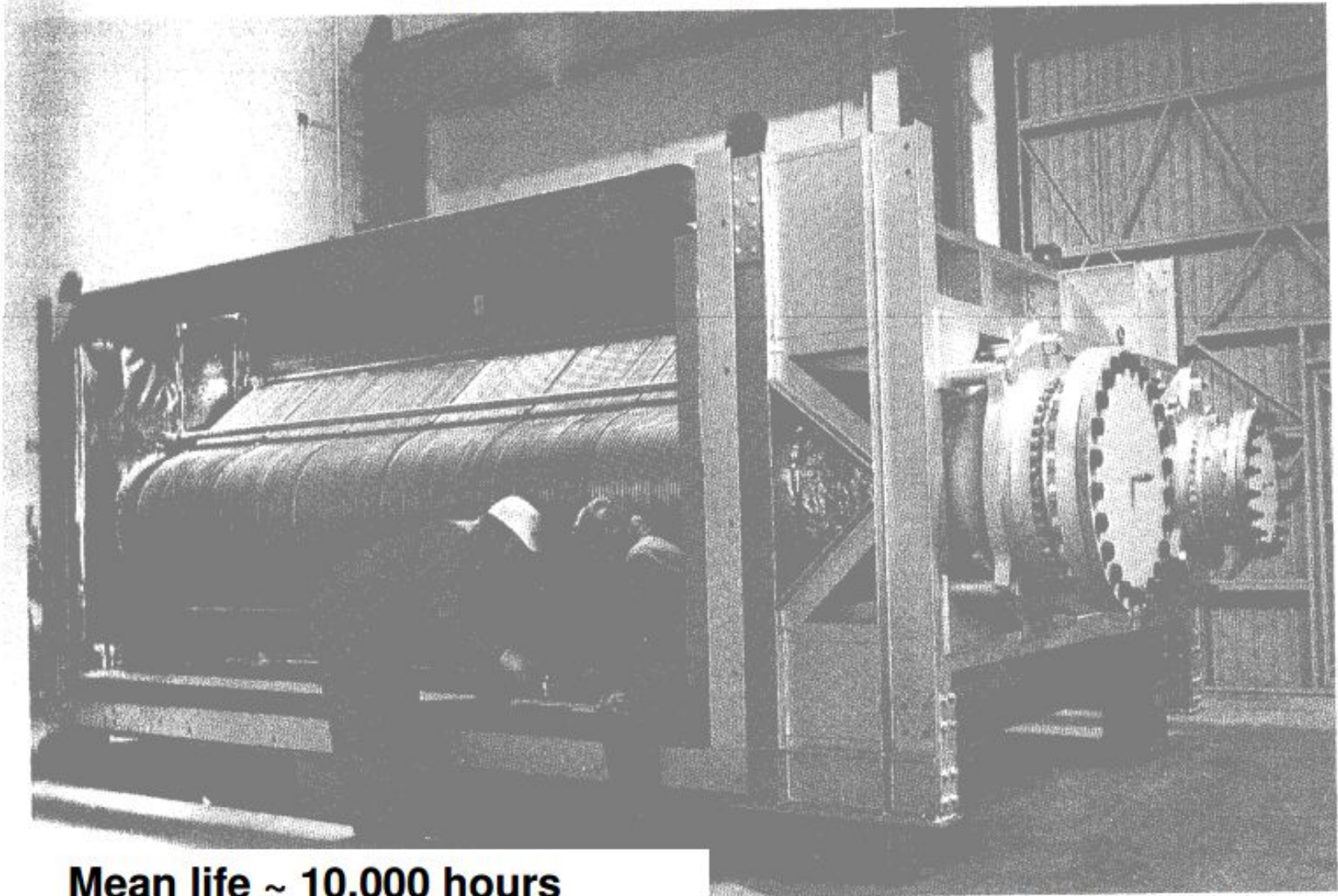


Figure 12. Folded tubes

Allied Signal Recuperator for GE Frame Engines over 1000 cores produced, > 1M hours in service



**Mean life ~ 10,000 hours
(sizable leakage was tolerated)**

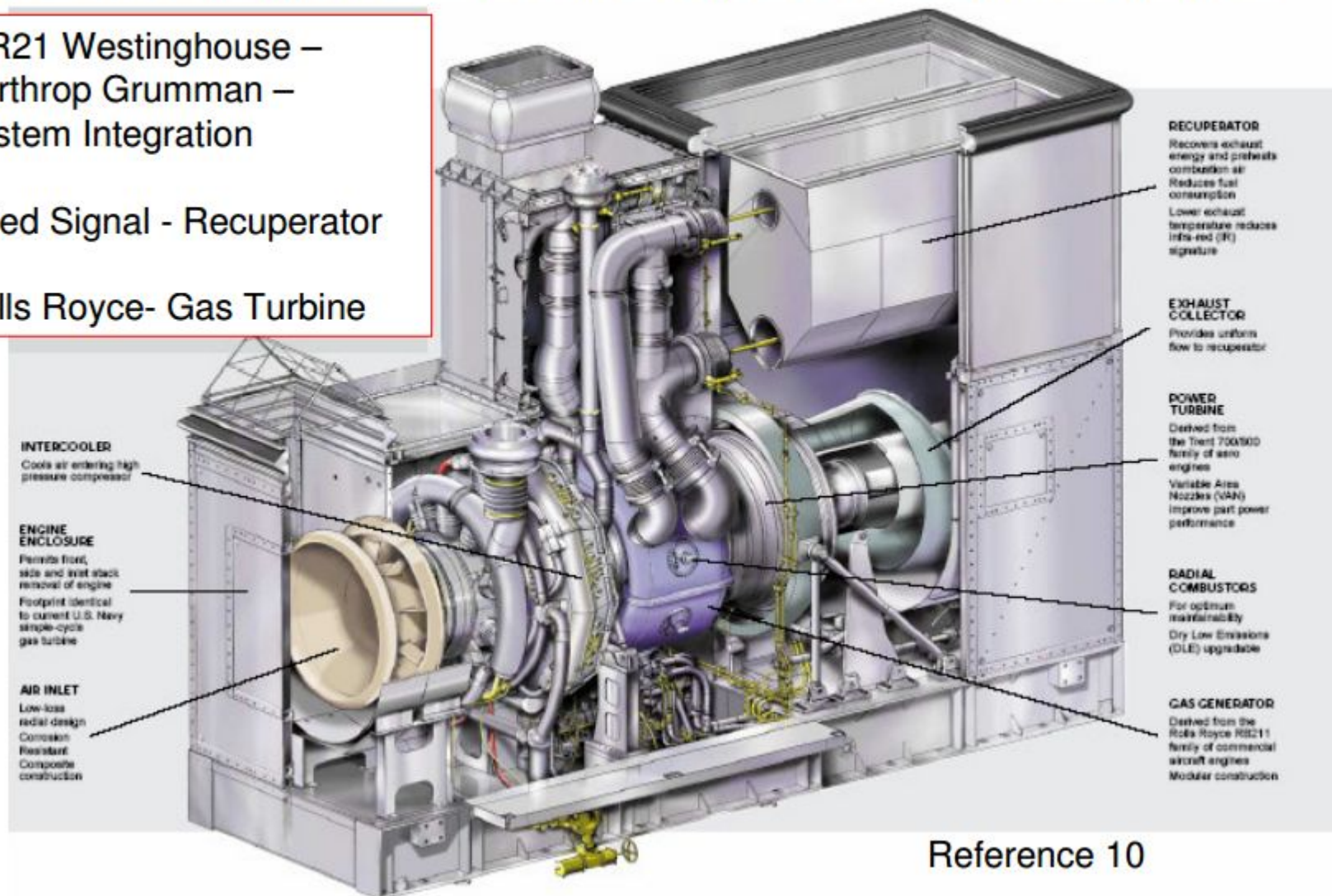
Reference 9

20 MW Navy Propulsion – the WR21 Intercooled Recuperated Gas Turbine

WR21 Westinghouse –
Northrop Grumman –
System Integration

Allied Signal - Recuperator

Rolls Royce- Gas Turbine



Reference 10

Solar Turbines Centaur-50,
The only commercial Industrial recuperated gas turbine engine

4 to 5 MW



