



# **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

доцент, к.т.н. Пирогова  
Ольга Владимировна

# Нагревание

- - процесс повышения температуры продуктов путем подвода к ним тепла.
- Способы нагрева:
  - водяным паром (до 170-180<sup>o</sup>C);
  - топочными газами (до 1000<sup>o</sup>C);
  - промежуточным теплоносителем (до 1000<sup>o</sup>C);
  - электрическим током (до 1800<sup>o</sup>C).

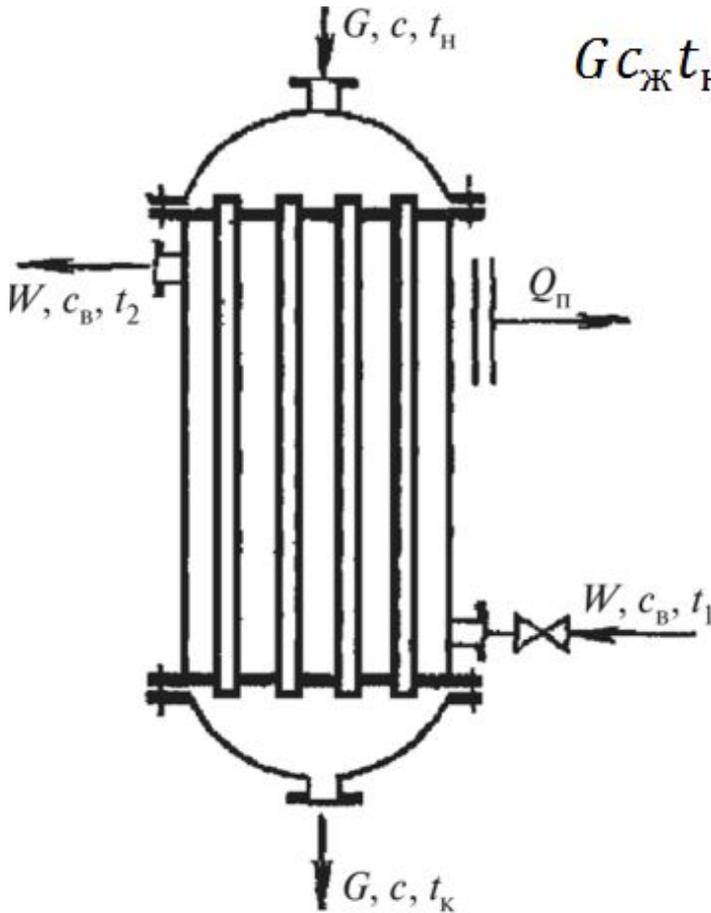
# Охлаждение до обычных температур

- Для охлаждения используют наиболее распространённые и доступные теплоносители – *воду и воздух*.
- Вода имеет более высокую теплоёмкость и теплоотдачу, что позволяет охлаждать до более низких температур.
- Вода – речная, озёрная, прудовая, артезианская и оборотная.

# Охлаждение водой

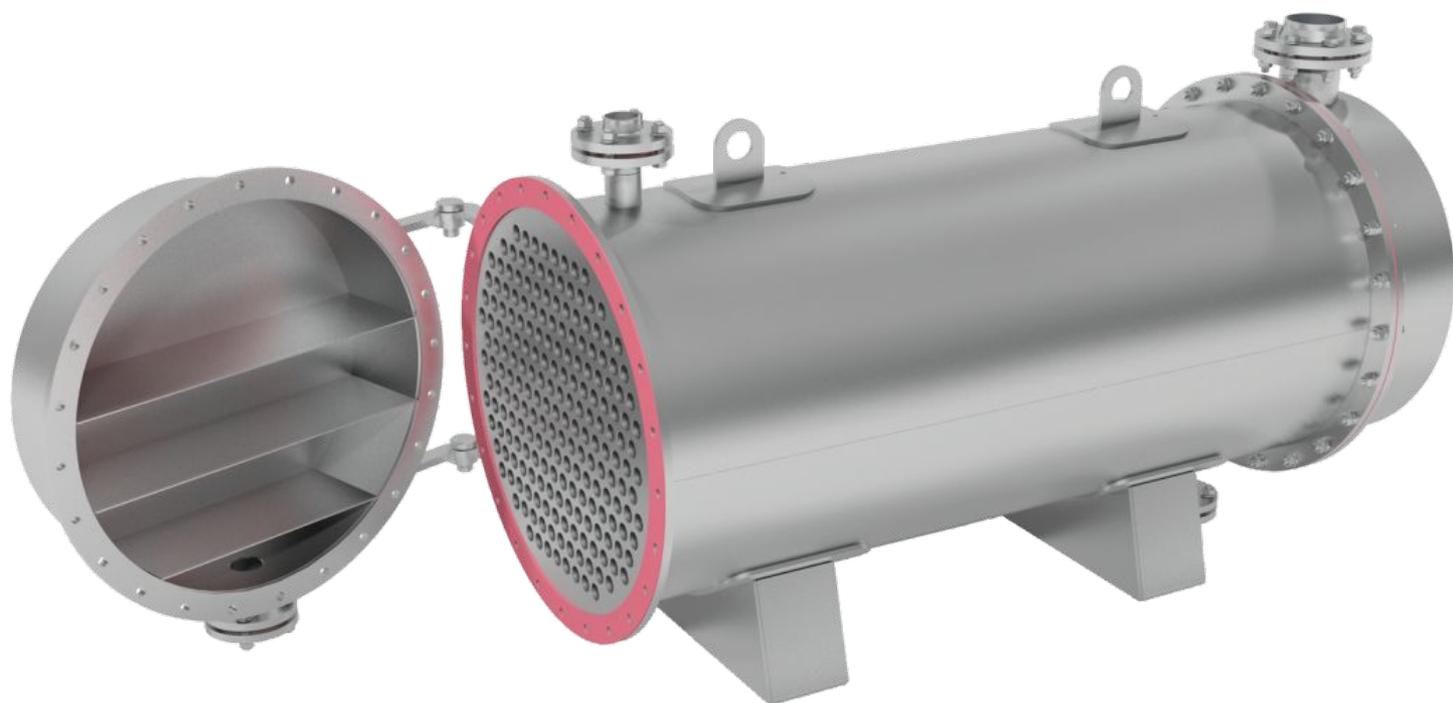
ТБ:

$$Gc_{\text{Ж}}t_{\text{Н}} + Wc_{\text{В}}t_{\text{ВН}} = Gc_{\text{Ж}}t_{\text{К}} + Wc_{\text{В}}t_{\text{ВК}} + Q_{\text{П}}$$



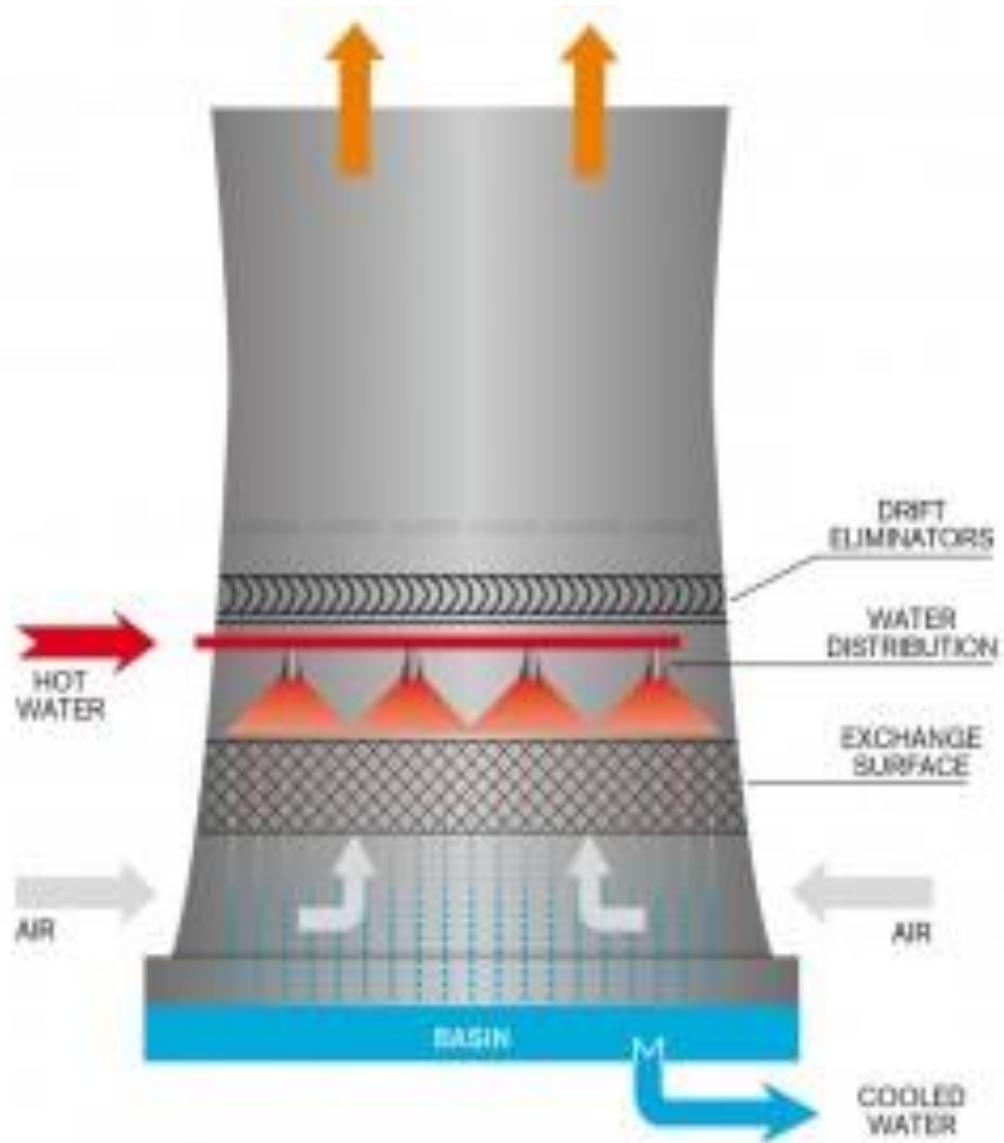
Расход охлаждающей  
ВОДЫ:

$$W = \frac{Gc_{\text{Ж}}(t_{\text{Н}} - t_{\text{К}})}{c_{\text{В}}(t_{\text{ВК}} - t_{\text{ВН}})}$$



# Охлаждение воздухом





# Конденсация

- - процесс сжижения паров различных веществ путем отвода от них тепла.
- Осуществляется в конденсаторах.
- Виды конденсации:
  - **поверхностная** – конденсирующиеся пары и охлаждающий агент разделены стенкой;
  - **конденсация смешением** – конденсирующиеся пары непосредственно соприкасаются с охлаждающим агентом.

# Поверхностная конденсация

- Осуществляется в теплообменниках – **поверхностных конденсаторах.**

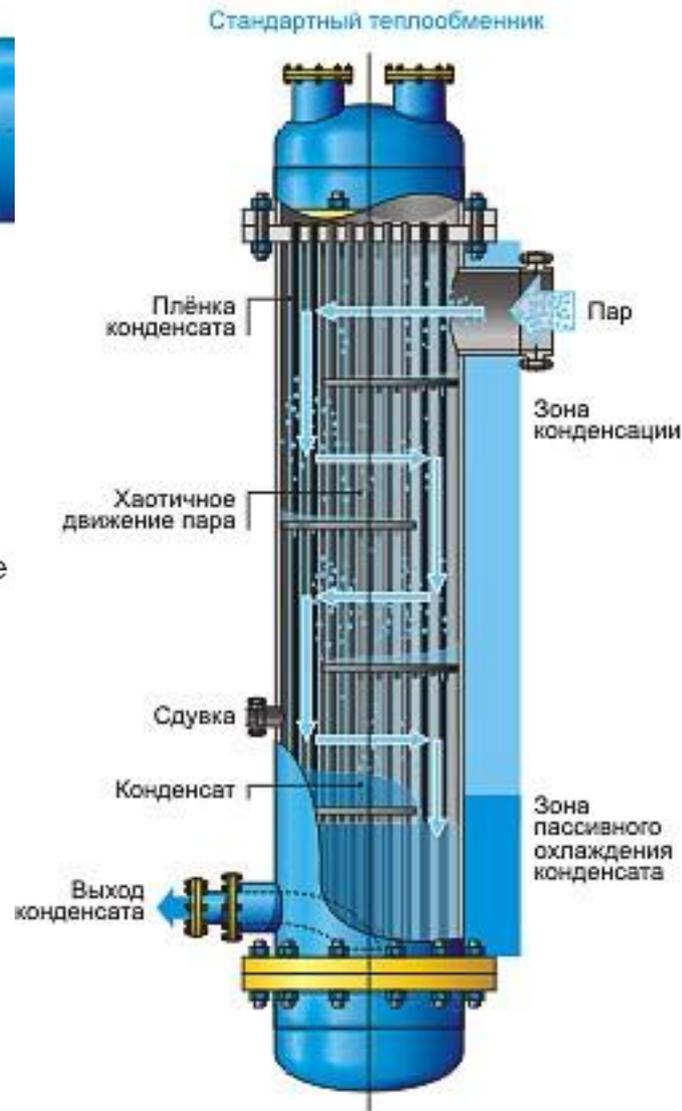
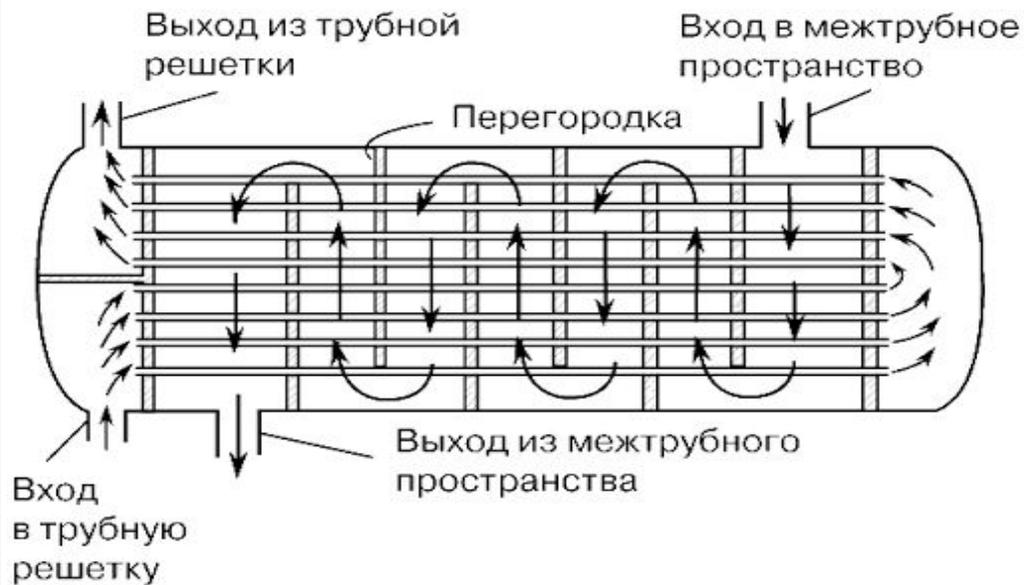
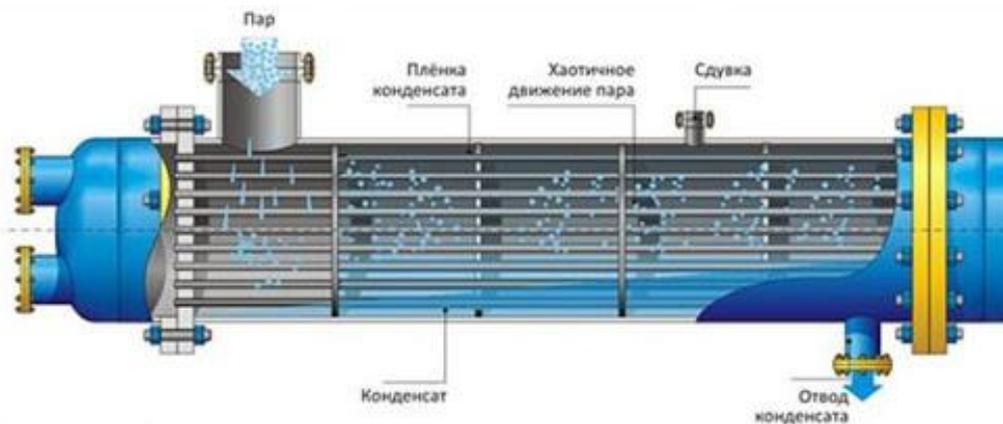
- ТБ:  $DH + Wc_B t_{BH} = Dc_{Ж} t_K + Wc_B t_{BK} + Q_{\Pi}$

- Расход воды на конденсацию:

$$W = \frac{D(H - c_{Ж} t_K)}{c_B (t_{BK} - t_{BH})}$$

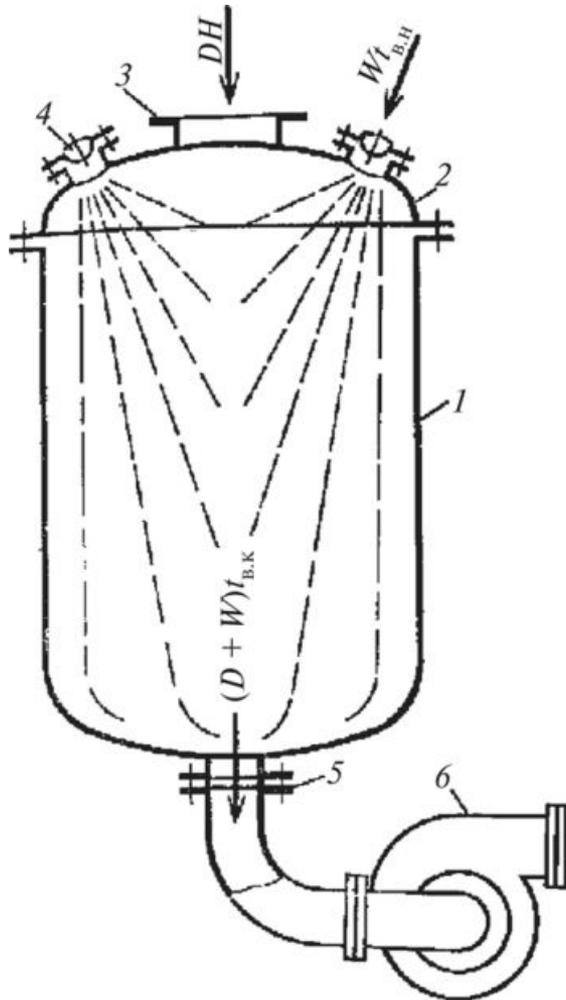
- В общем случае в теплообменник поступает перегретый пар.

$$H = c_{\Pi} (t_{\Pi} - t_{нас}) + r + c_{Ж} (t_{нас} - t_{Ж})$$



# Конденсация смешением

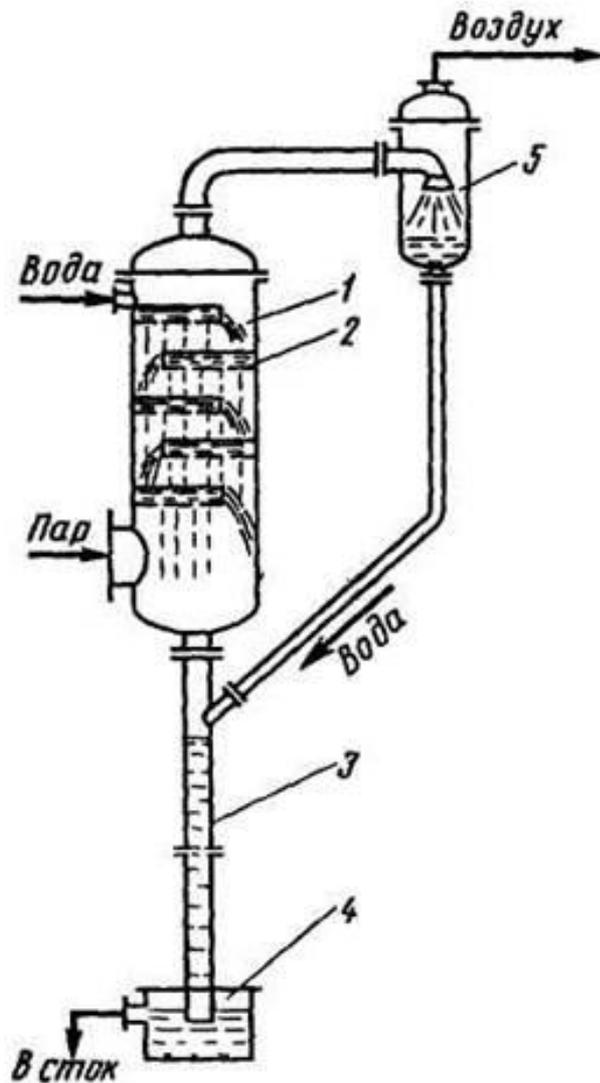
Мокрый прямоточный конденсатор смешения



$$DH + Wc_B t_{BH} = (D + W)c_B t_{BK}$$

$$W = \frac{D(H - c_B t_{BK})}{c_B (t_{BK} - t_{BH})}$$

# Барометрический конденсатор смешения



$$H_T = h_3 + h_D + 0,5$$

$$h_3 = 1,02 \cdot 10^{-4} (P_{\text{атм}} - P_{\text{бк}})$$

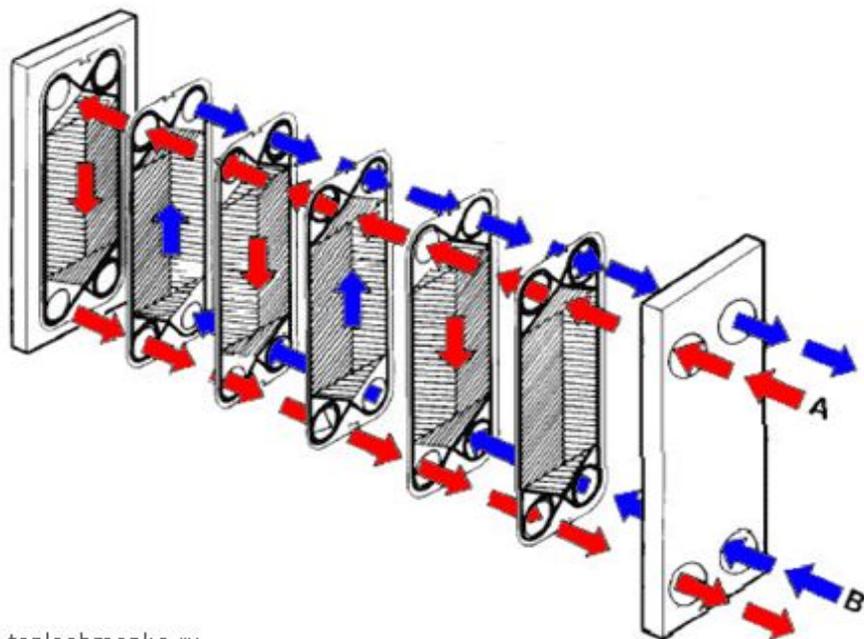
$$D_K = \sqrt{\frac{4D}{\pi \rho_{\text{п}} w_{\text{п}} 3600}}$$

$$d_{\text{бт}} = \sqrt{\frac{4(D + W)}{\pi \rho_{\text{в}} w_{\text{в}} 3600}}$$

# Теплообменная аппаратура

- По принципу действия:
  - рекуперативная (поверхностная);
  - регенеративная;
  - смешительная.
- По конструктивным особенностям:
  - кожухотрубные;
  - двухтрубные;
  - змеевиковые;
  - спиральные;
  - пластинчатые;
  - оросительные.

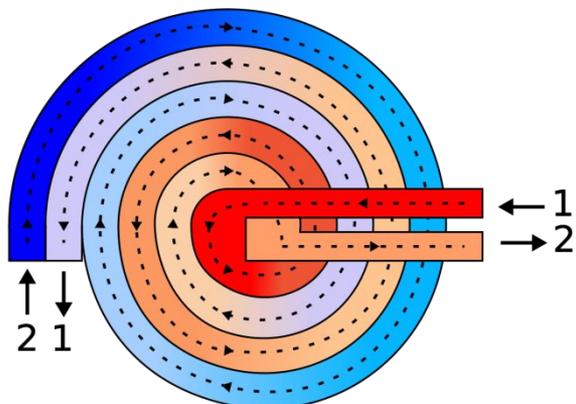
# Пластинчатые теплообменники



© teploobmenka.ru



# Спиральные теплообменники



# Компенсаторы температурных удлинений

