



# **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

доцент, к.т.н. Пирогова  
Ольга Владимировна

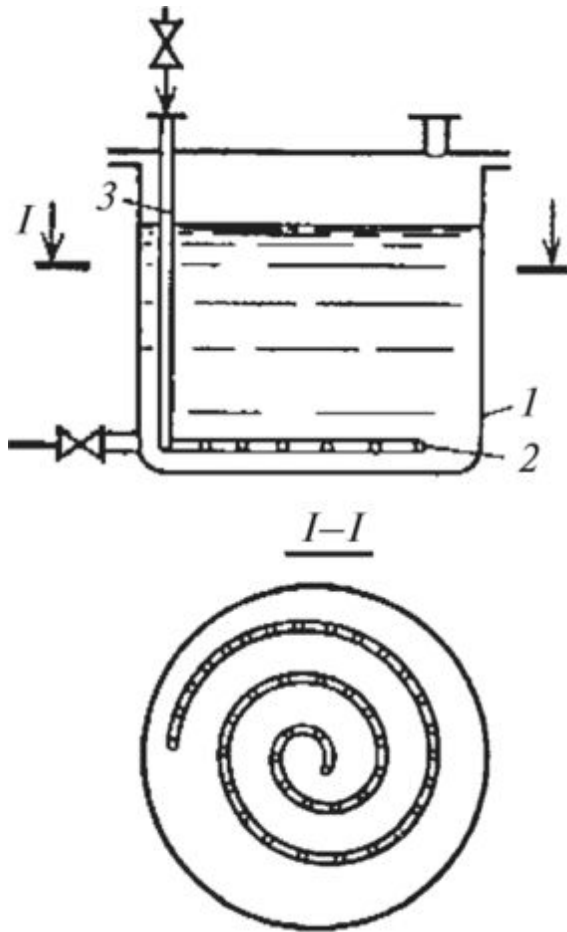
# Нагревание

- - 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).

# Нагревание водяным паром

- Применяют преимущественно насыщенный водяной пар давлением до 10-12 атмосфер.
- **Достоинства процесса:**
  - выделение большого количества тепла при конденсации пара;
  - высокий коэффициент теплоотдачи;
  - равномерность обогрева;
  - пожаробезопасность.
- **Недостатки процесса:**
  - верхний предел нагрева 170-180 °С

# Нагревание «острым» паром



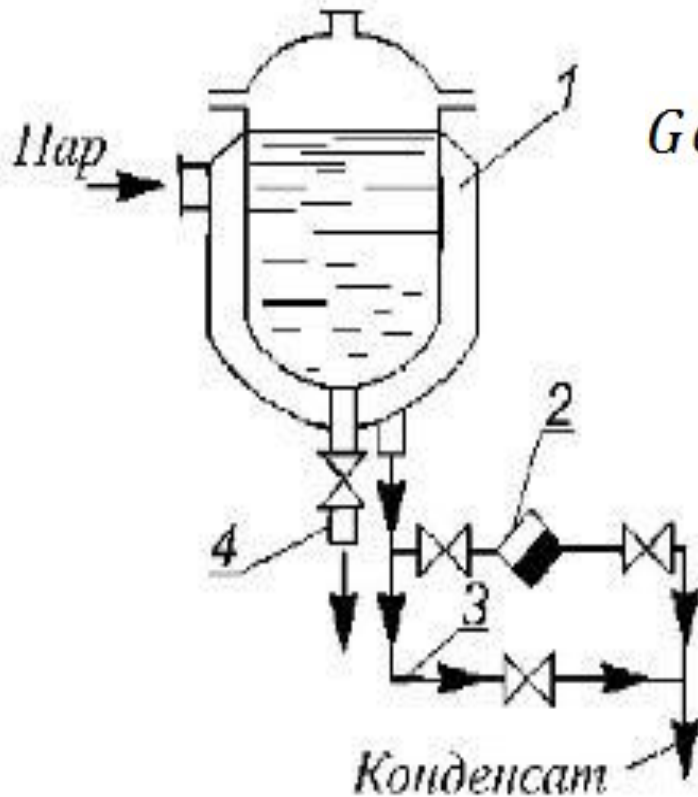
Тепловой баланс (ТБ):

$$Gc_B t_H + DH = (G + D)c_B t_K + Q_{\Pi}$$

Расход пара:

$$D = \frac{Gc_B(t_K - t_H)}{H - c_B t_K}$$

# Нагревание «глухим» паром



ТБ:

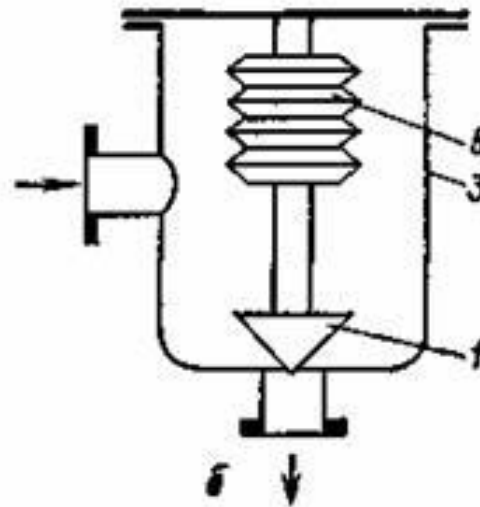
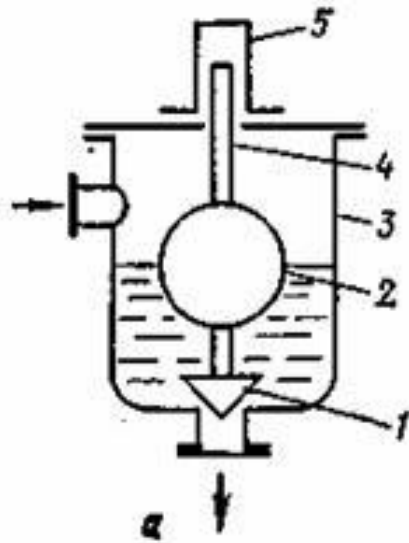
$$Gc_{\text{ж}}t_{\text{н}} + DH = Gc_{\text{ж}}t_{\text{к}} + Dc_{\text{в}}t_{\text{в}} + Q_{\text{п}}$$

Расход пара:

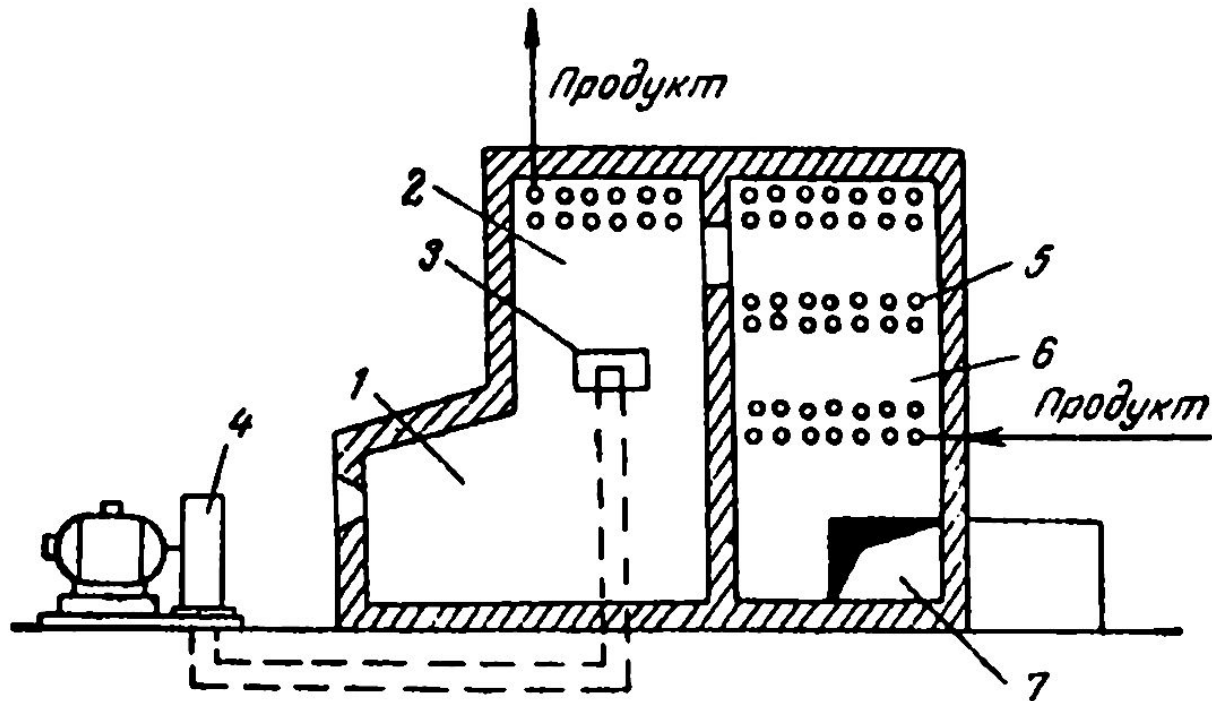
$$D = \frac{Gc_{\text{ж}}(t_{\text{к}} - t_{\text{н}})}{H - c_{\text{в}}t_{\text{в}}}$$

# Конденсатоотводчики

Приспособления для быстрого автоматического удаления конденсата из парового пространства аппарата без потери пара.

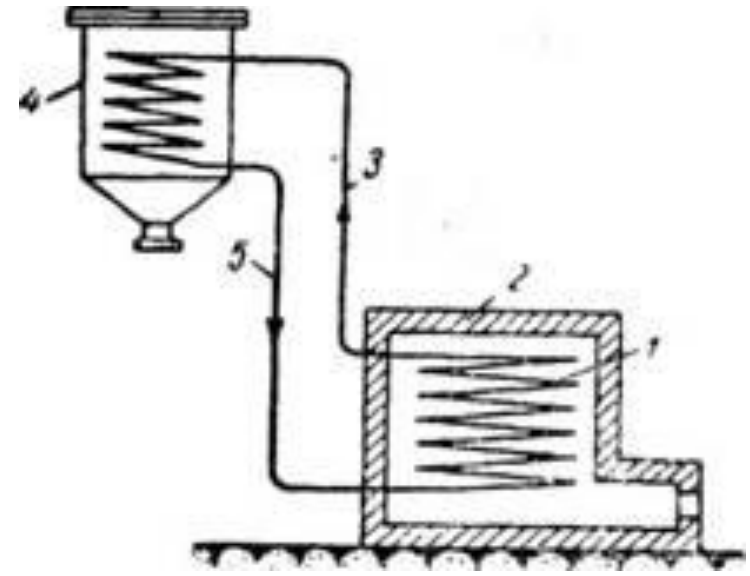
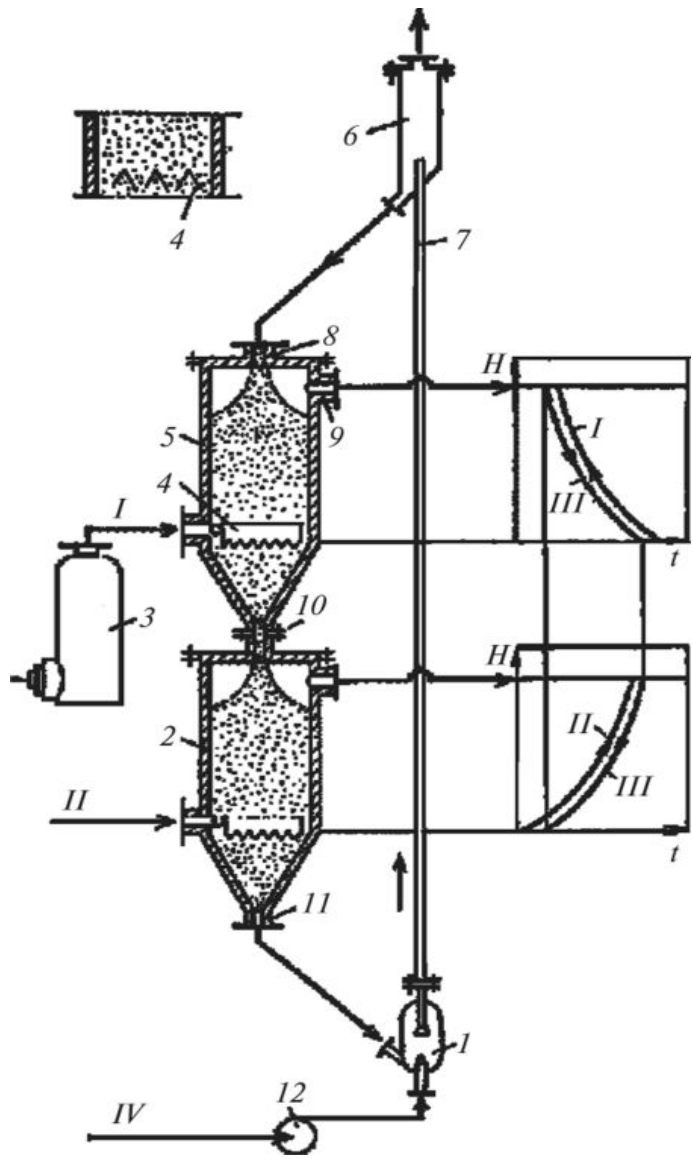


# Нагревание топочными (дымовыми) газами



$$Gc_{\text{Ж}}t_{\text{Н}} + Q_{\text{о}} = Gc_{\text{Ж}}t_{\text{К}} + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{\text{П}}$$

# Нагревание промежуточными теплоносителями





# Нагревание электрическим ТОКОМ

- Осуществляется в электрических печах.
- По способу превращения электрической энергии в тепловую различают:
  1. электрические печи сопротивления (прямого и косвенного действия);
  2. индукционные печи;
  3. дуговые печи.

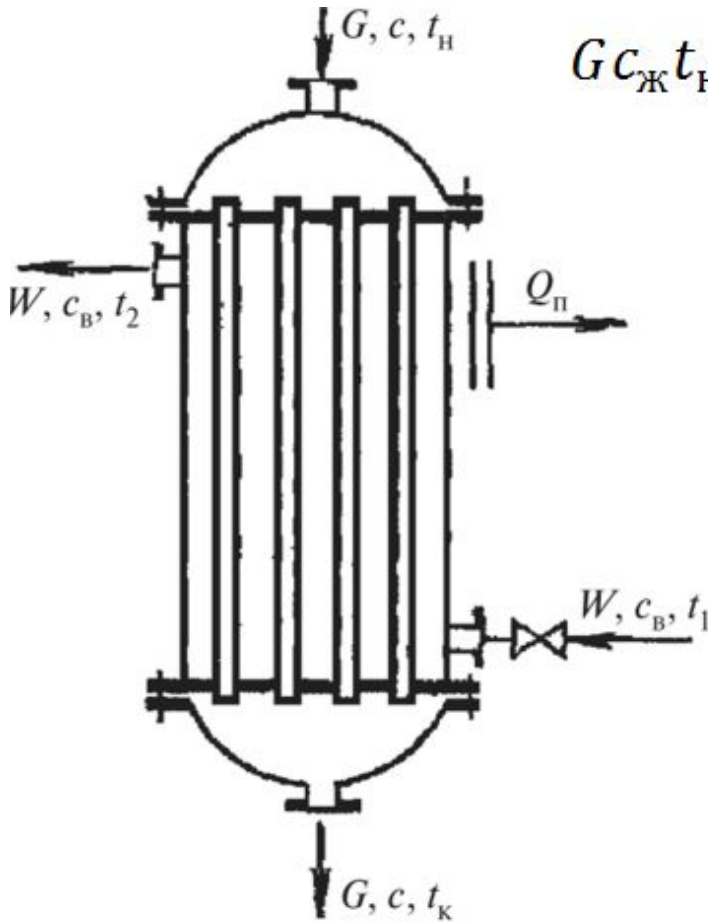
# Охлаждение до обычных температур

- 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

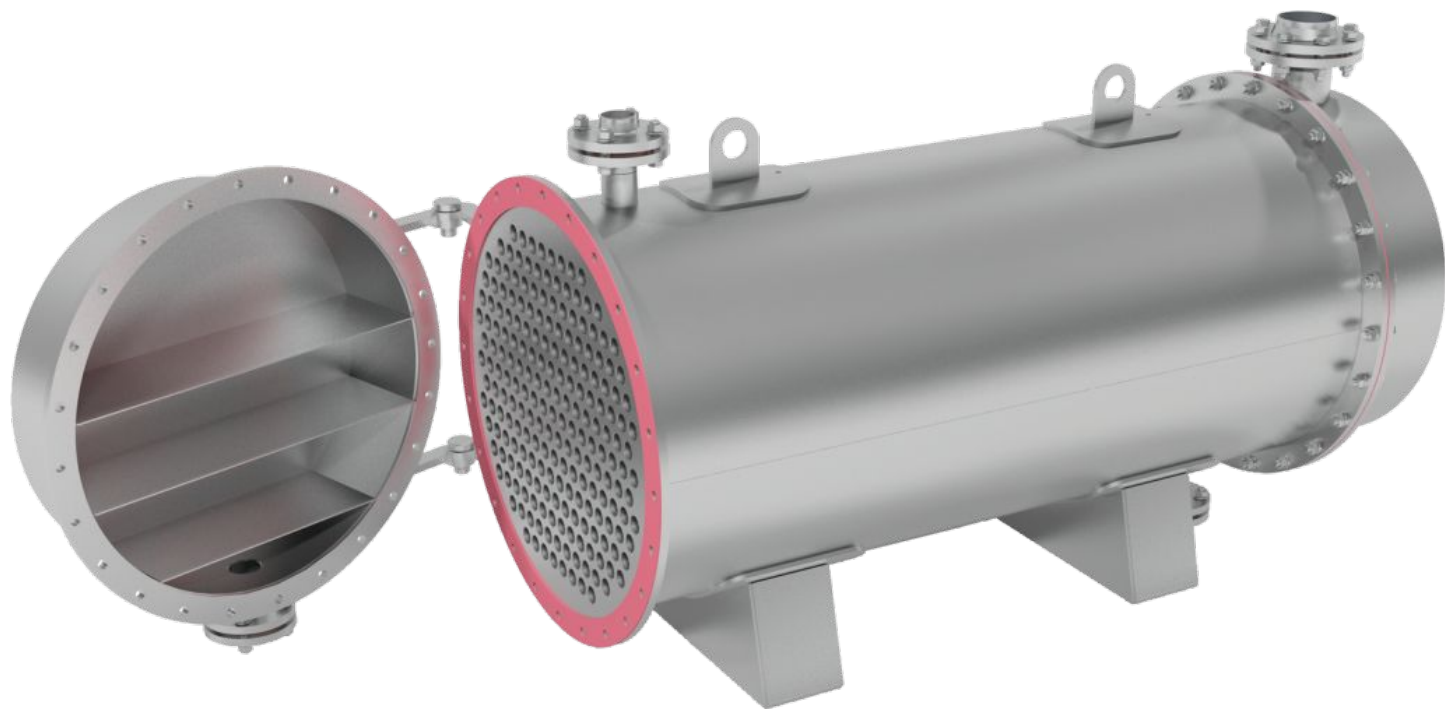
ТБ:

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

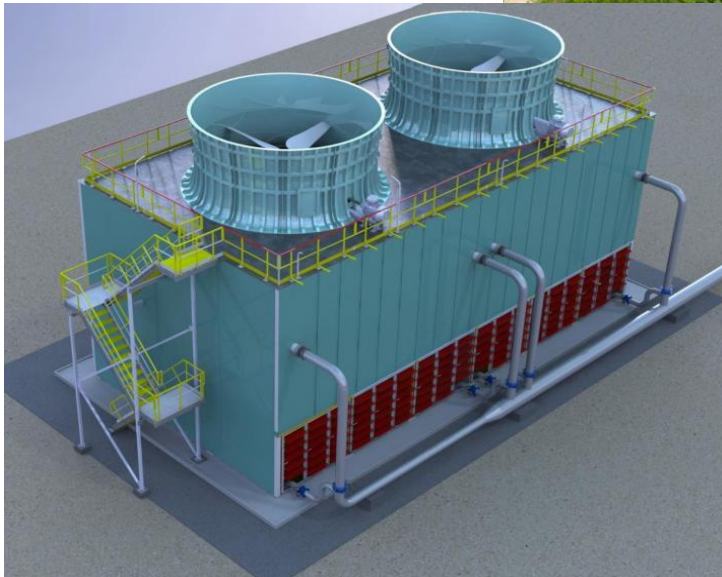


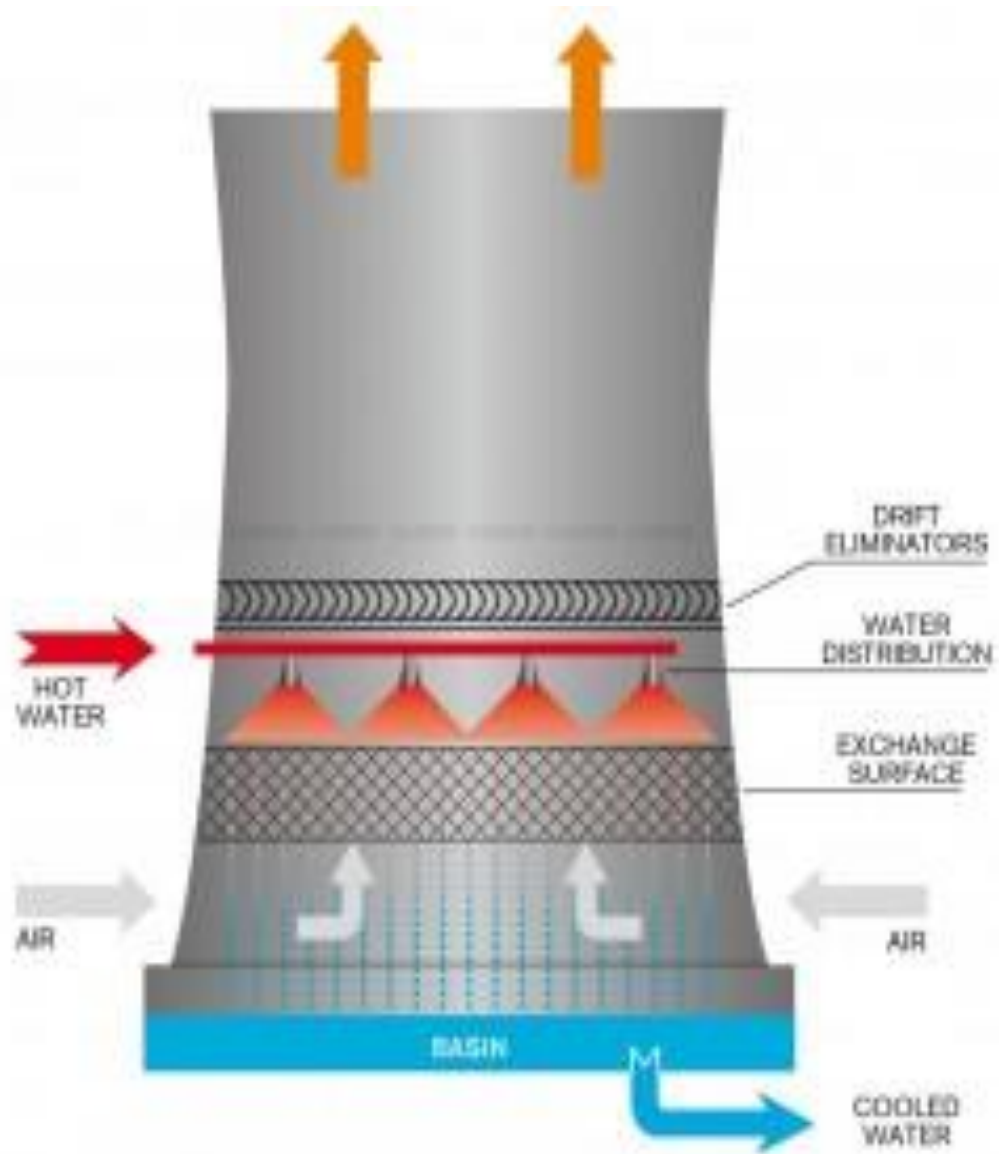
Расход охлаждающей  
ВОДЫ:

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



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

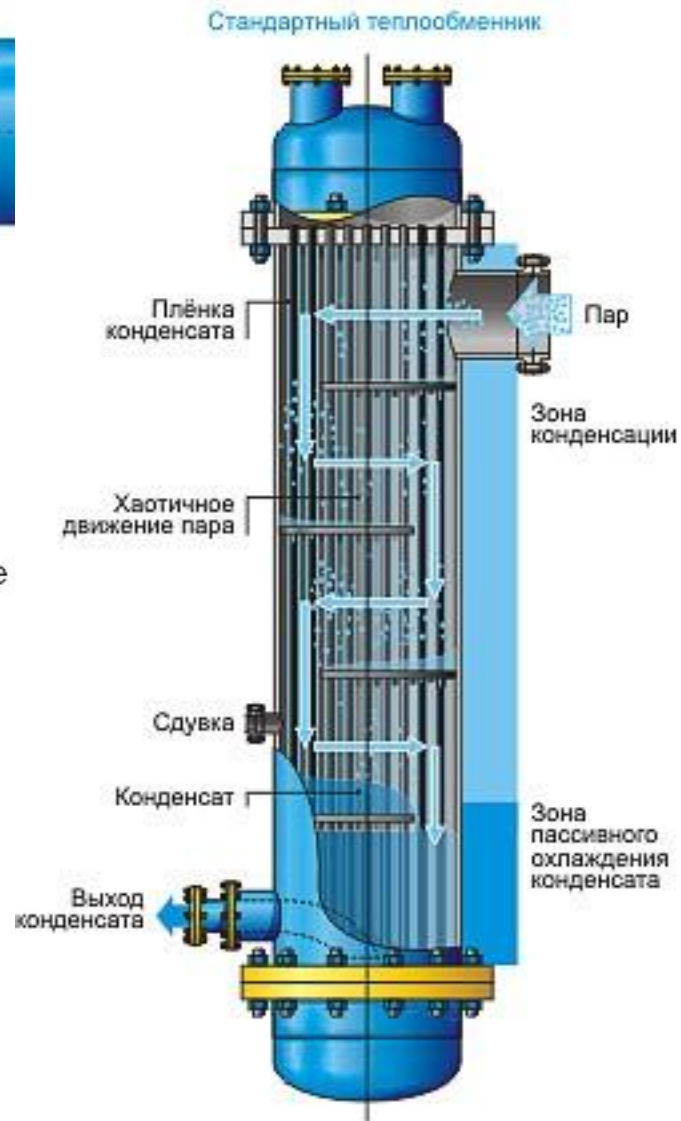
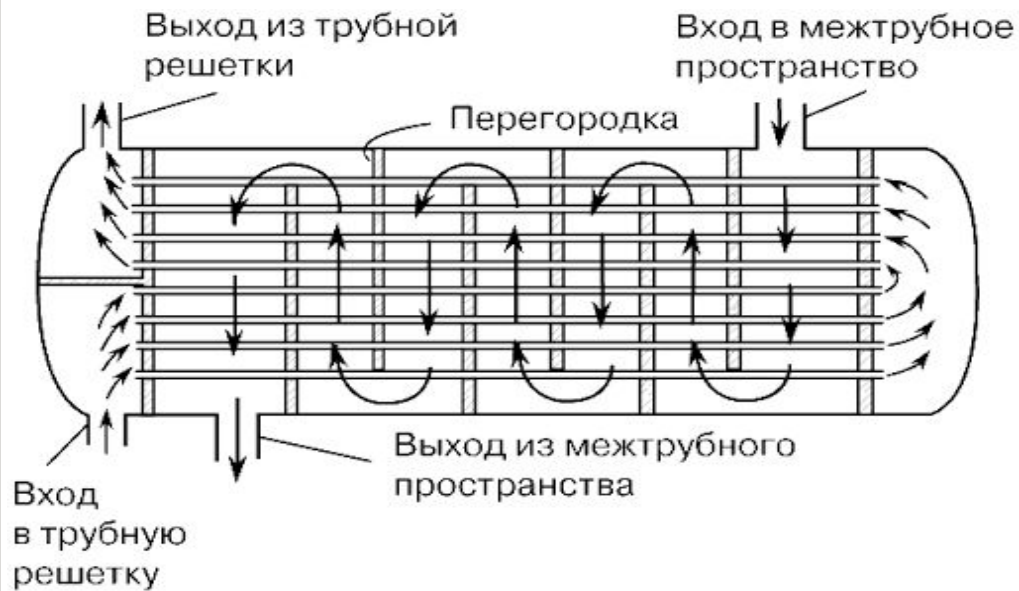
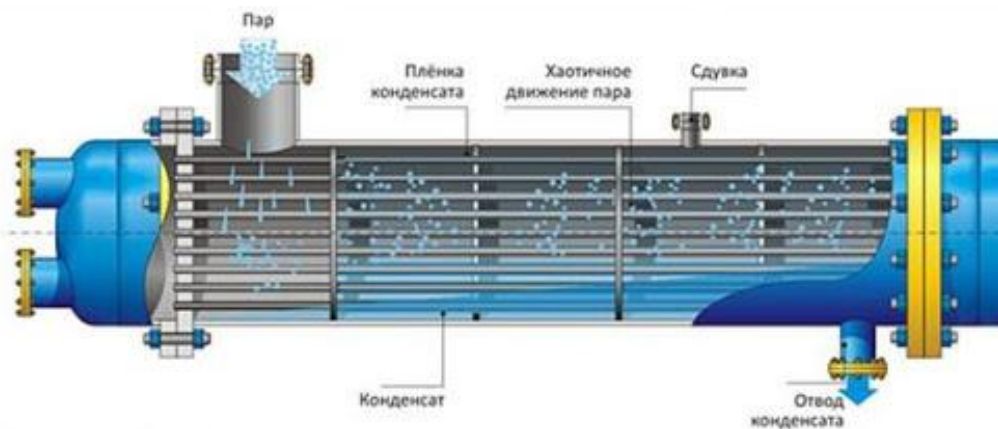
- Расход воды на конденсацию:

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

- В общем случае в теплообменник поступает перегретый пар.

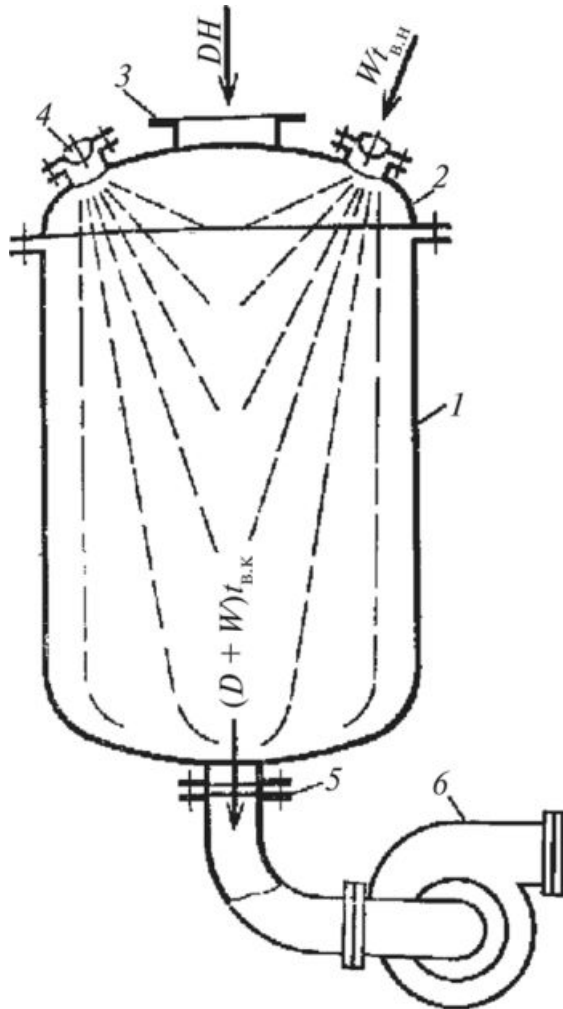
$$H = c_{\Pi} (t_{\Pi} - t_{нас}) + r + c_{Ж} (t_{нас} - t_{Ж})$$





# Конденсация смешением

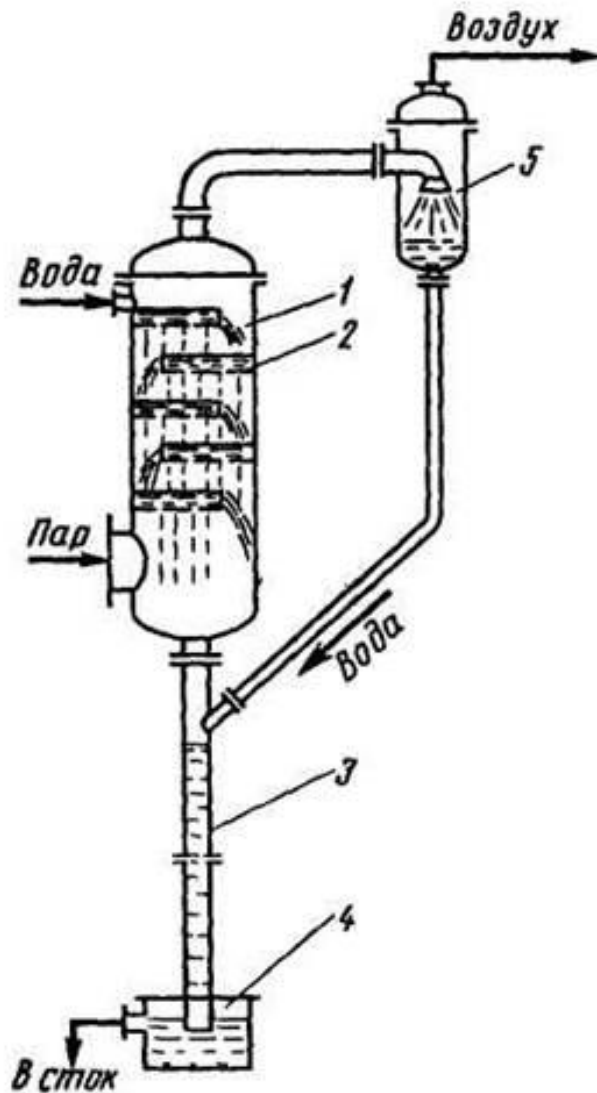
Мокрый прямоточный конденсатор смешения



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

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

# Барометрический конденсатор смешения



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

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

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

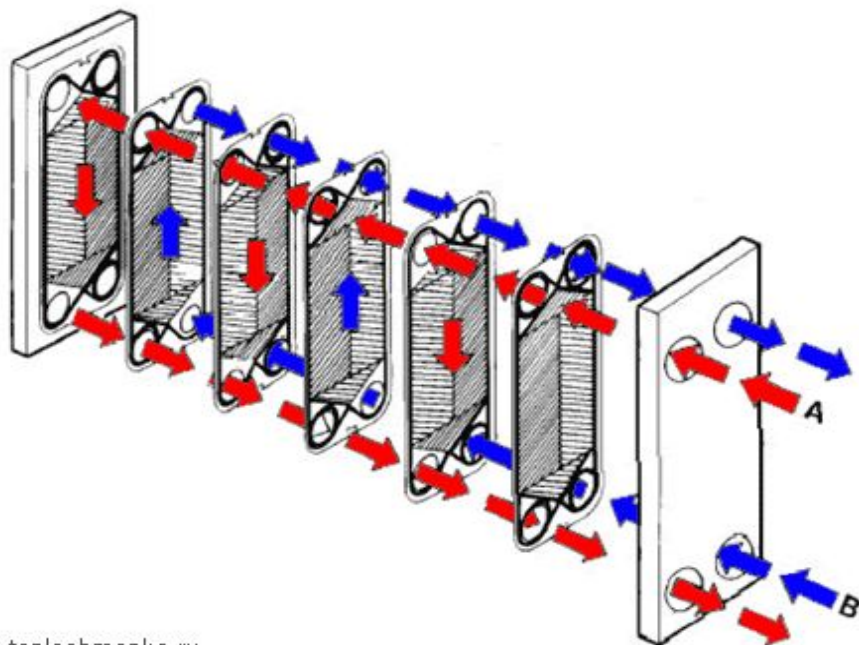
$$d_{\text{бт}} = \sqrt{\frac{4(D + W)}{\pi \rho_{\text{в}} w_{\text{в}} 3600}}$$

# Теплообменная аппаратура

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



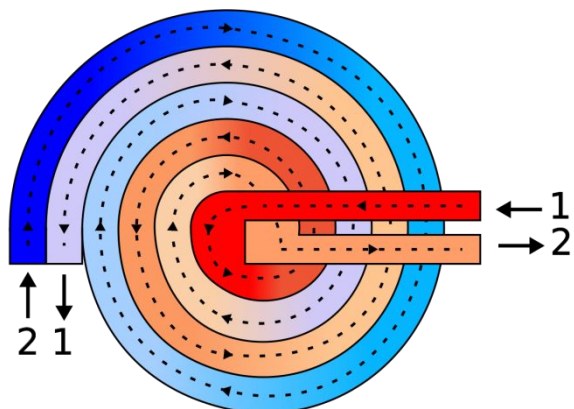
# Пластинчатые теплообменники



© teploobmenka.ru



# Спиральные теплообменники



# Компенсаторы температурных удлинений

