

# НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Сухоцкий Альберт Борисович

- 1. Тепловое аккумулирование.**
- 2. Расчет водяного аккумулятора с косвенным аккумулированием паром.**
- 3. Расчет водяного аккумулятора с косвенным аккумулированием горячей водой.**

# Тепловое аккумулярование энергии

$$\begin{aligned} (u + p\nu)_{вх} dm_{вх} + dQ - (u + p\nu)_{вых} dm_{вых} = \\ = d(um)_{ак} + p_{ак} dV_{ак} \end{aligned}$$

$$h_{вх} dm_{вх} + dQ - h_{вых} dm_{вых} = d(um)_{ак} + p_{ак} dV_{ак}$$

$$dm_{вх} - dm_{вых} = dm_{ак}$$

По виду аккумулирующей и теплообменной среды аккумулярование бывает:

- прямое,
- косвенное.

Аккумуляторы также могут быть с постоянной или переменной

- массой,
- объемом,
- давлением.

## **Требования к аккумулирующей среде:**

- обладать высокой теплоемкостью,
- обладать высокой теплоотдачей,
- не изменять ни температуру, ни удельный объем (давление) при зарядки и разрядки.

# Типы тепловых аккумуляторов:

## 1. аккумулятор с насыщенной жидкостью

$$h_{вх} dm_{вх} + dQ - h_{вых} dm_{вых} = d(um)_{ак}$$

Зарядка аккумулятора может осуществляться:

- введением горячего пара (прямое аккумулялирование),
- введением горячей воды (прямое аккумулялирование),
- через теплообменник (косвенное аккумулялирование).

Достоинства – незначительное изменение температуры, низкая стоимость.

Недостаток – изменение давление, высокое давление при высокой температуре.

## 2. аккумулятор с ненасыщенной жидкостью под давлением

$$h_{вх} dm_{вх} + dQ - h_{вых} dm_{вых} = d(hm)_{ак}$$

В качестве рабочей среды применяют: воду, смеси воды и этиленгликоля ( $C_2H_6O_2$ ), воды и NaOH, теплопроводящие масло, расплавы солей ( $KNO_3$ ,  $NaNO_3$ ), жидкие металлы (Na, K).

Достоинство – простота эксплуатации, постоянное давление.

Недостаток – изменение температуры рабочей среды, высокая стоимость.



### 3. аккумулятор с твердым рабочим телом

В качестве рабочих сред используют металлы (чугун, сталь, медь, алюминий) и неметаллы (клинкер – огнеупорная глина, окислы алюминия  $Al_2O_3$ , окислы магния  $MgO$ , феоцит – спеченный порошок окиси железа, керамзит и др.).

Достоинство – высокие объемные теплоемкости рабочего тела (низкая стоимость) и возможность использования высоких температур.

## Недостатки:

- значительные гидравлические сопротивления при прокачке теплоносителя,
- насадки с произвольной засыпкой рабочего тела при частых температурных циклах могут быть подвержены усадке, а также радиальному расширению, которое может привести к повреждению обшивки сосуда.

## 4. аккумулятор с использованием тепла фазового перехода

Рабочее вещество –  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $T_{\text{ф}}=27,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ),  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , глауберова соль  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ( $T_{\text{ф}}=32 \text{ }^\circ\text{C}$ ) или  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

$$\Delta h_{\text{ф}} = 24T_{\text{ф}} / M$$

Достоинства – высокая объемная теплоемкость, постоянство температуры и низкое давление.

Недостатки: сложность подвода и отвода тепла от рабочего вещества, т.к. в твердом теле конвекция отсутствует, теплопроводность низкая, а объем при фазовом переходе меняется.

## 5) сорбционный аккумулятор

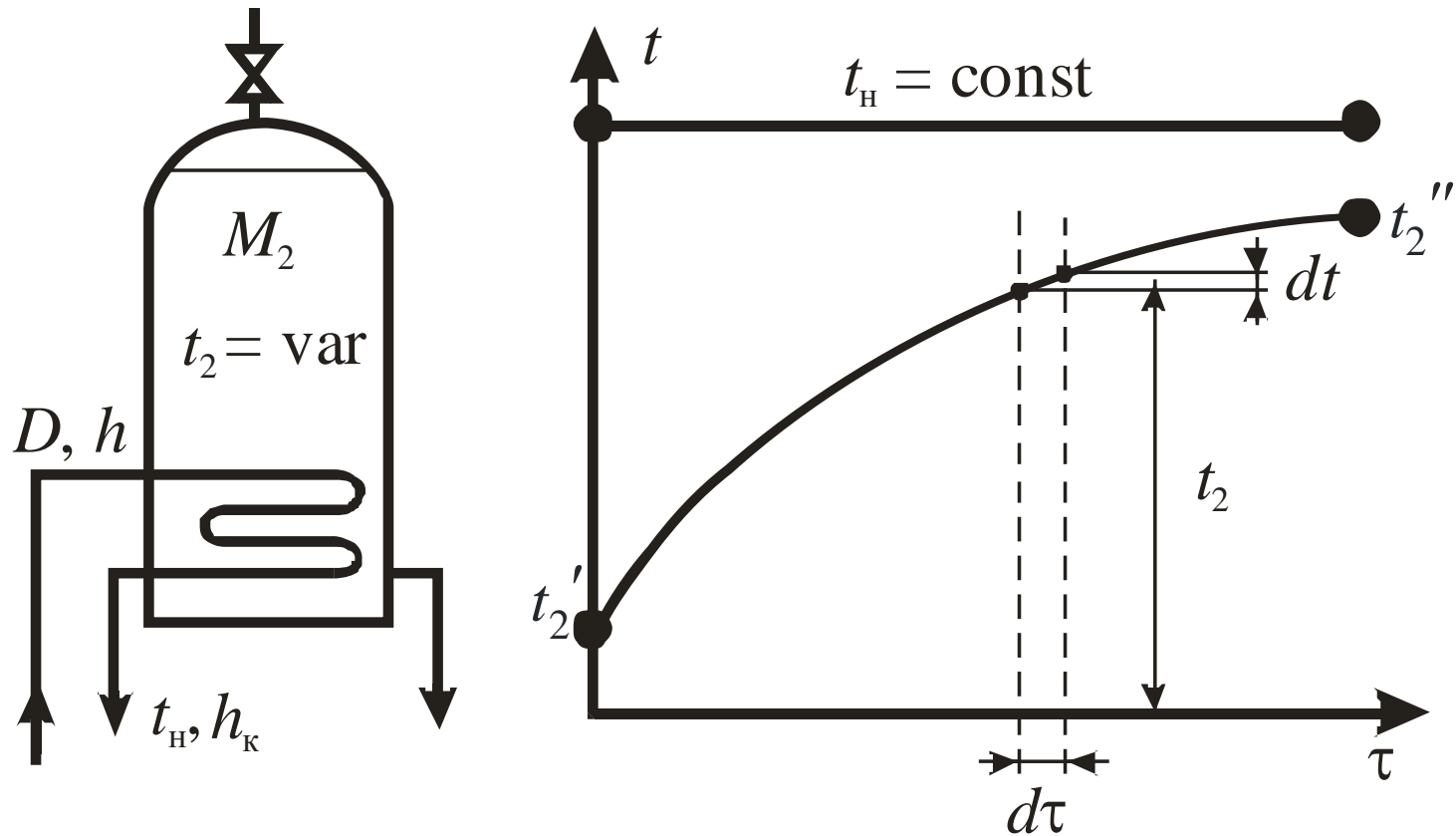
Сорбция – это процесс поглощения одного вещества другим с выделением тепла.

Например, абсорбент гидроксид натрия (NaOH) поглощает воду или CaCl<sub>2</sub> поглощает NH<sub>3</sub> с выделением тепла 745 кДж/кг.

$$\Delta h_c = (125 \div 150) T_c / M$$

Недостаток – абсорбирующий материал должен находиться в гранулированном состоянии для улучшения аккумулярования и ускорения реакции. Однако теплопроводность такого материала низкая, что усложняет подвод и отвод тепла.

# Расчет водяного аккумулятора с косвенным аккумулятированием паром



$$dQ = D(h - h_e) d\tau = kS \Delta t d\tau = M_2 c_2 dt$$

$$kS \Delta t d\tau = M_2 c_2 dt, \quad \Delta t = t_1 - t_2,$$

$$\int_0^\tau \frac{kS}{M_2 c_2} d\tau = \int_{t'_2}^{t''_2} \frac{dt}{t_H - t_2}, \quad \frac{kS}{M_2 c_2} \tau = \ln \frac{t_H - t'_2}{t_H - t''_2}, \quad kS = \frac{M_2 c_2}{\tau} \ln \frac{t_H - t'_2}{t_H - t''_2}.$$

Конечная температура нагреваемой воды

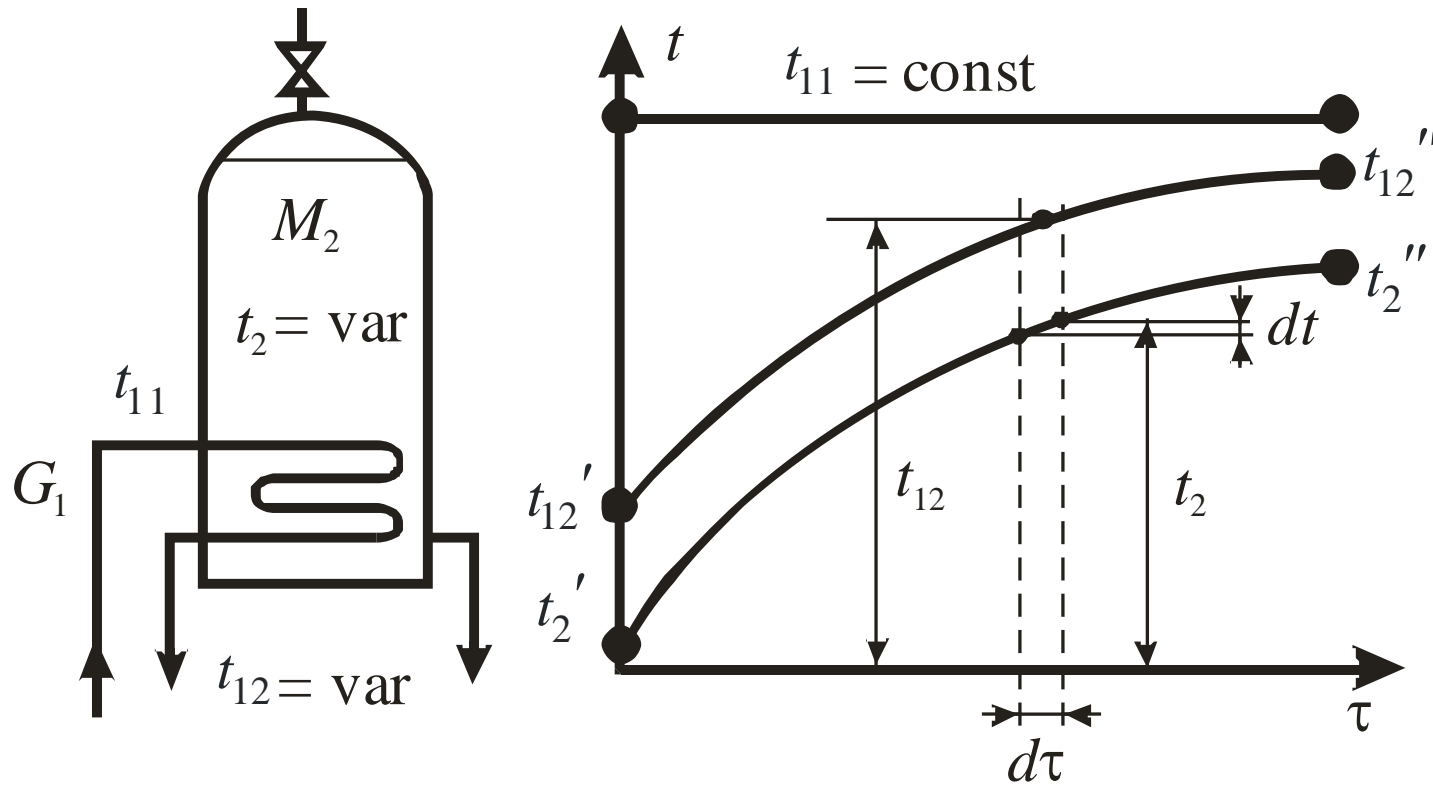
$$t''_2 = t_H - (t_H - t'_2) \exp\left(-\frac{kS\tau}{M_2 c_2}\right),$$

Расхода пара выражается из зависимости

$$D(h - h_{\hat{e}}) = kS \Delta t$$



# Расчет водяного аккумулятора с косвенным аккумулятированием водой



$$dQ = G_1 c_1 (t_{11} - t_{12}) d\tau = kS \Delta t d\tau = M_2 c_2 dt$$

$$G_1 c_1 (t_{11} - t_{12}) d\tau = kS \Delta t d\tau$$

$$kS \frac{t_{11} - t_{12}}{\ln \frac{t_{11} - t_2}{t_{12} - t_2}} = G_1 c_1 (t_{11} - t_{12}),$$

$$\frac{kS}{G_1 c_1} = \ln \frac{t_{11} - t_2}{t_{12} - t_2}, \quad \frac{t_{11} - t_2}{t_{12} - t_2} = \exp\left(\frac{kS}{G_1 c_1}\right),$$

Температура греющей воды на выходе из аппарата

$$t_{12} = t_2 + (t_{11} - t_2) \exp\left(-\frac{kS}{G_1 c_1}\right),$$

$$G_1 c_1 (t_{11} - t_{12}) d\tau = M_2 c_2 dt$$

$$t_{11} - t_{12} = (t_{11} - t_2) \left( 1 - \exp\left(-\frac{kS}{G_1 c_1}\right) \right),$$

$$\frac{G_1 c_1}{M_2 c_2} \left( 1 - \exp\left(-\frac{kS}{G_1 c_1}\right) \right) d\tau = \frac{dt}{t_{11} - t_2},$$

$$\int_0^\tau \frac{G_1 c_1}{M_2 c_2} \left( 1 - \exp\left(-\frac{kS}{G_1 c_1}\right) \right) d\tau = \int_{t'_2}^{t''_2} \frac{dt}{t_{11} - t_2},$$

$$\frac{G_1 c_1}{M_2 c_2} \left( 1 - \exp\left(-\frac{kS}{G_1 c_1}\right) \right) \tau = \ln \frac{t_{11} - t'_2}{t_{11} - t''_2},$$

## Конечная температуру нагреваемой воды

$$t_2'' = t_{11} - (t_{11} - t_2') \exp\left(\frac{G_1 c_1 \tau}{M_2 c_2} \left(1 - \exp\left(-\frac{kS}{G_1 c_1}\right)\right)\right),$$

# Тепловое солнечное аккумулирование в системах отопления

