

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

① Основные понятия

$$U = E_k + E_n \rightarrow \text{если ид.газ, то } E_n = 0$$

$$U = \bar{E}_1 \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = \frac{3}{2} kT \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot RT \Rightarrow U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

② Способы изменения $U \rightarrow$ работа или теплопередача

③ Формулы для различных процессов

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta t \rightarrow \text{нагревание, охлаждение}$$

$$Q = q \cdot m \rightarrow \text{сгорание топлива}$$

$$Q = \lambda \cdot m \rightarrow \text{плавление, отвердевание}$$

$$Q = L \cdot m \rightarrow \text{парообразование, конденсация}$$

$$Q > 0 \rightarrow \text{при поглощении}$$

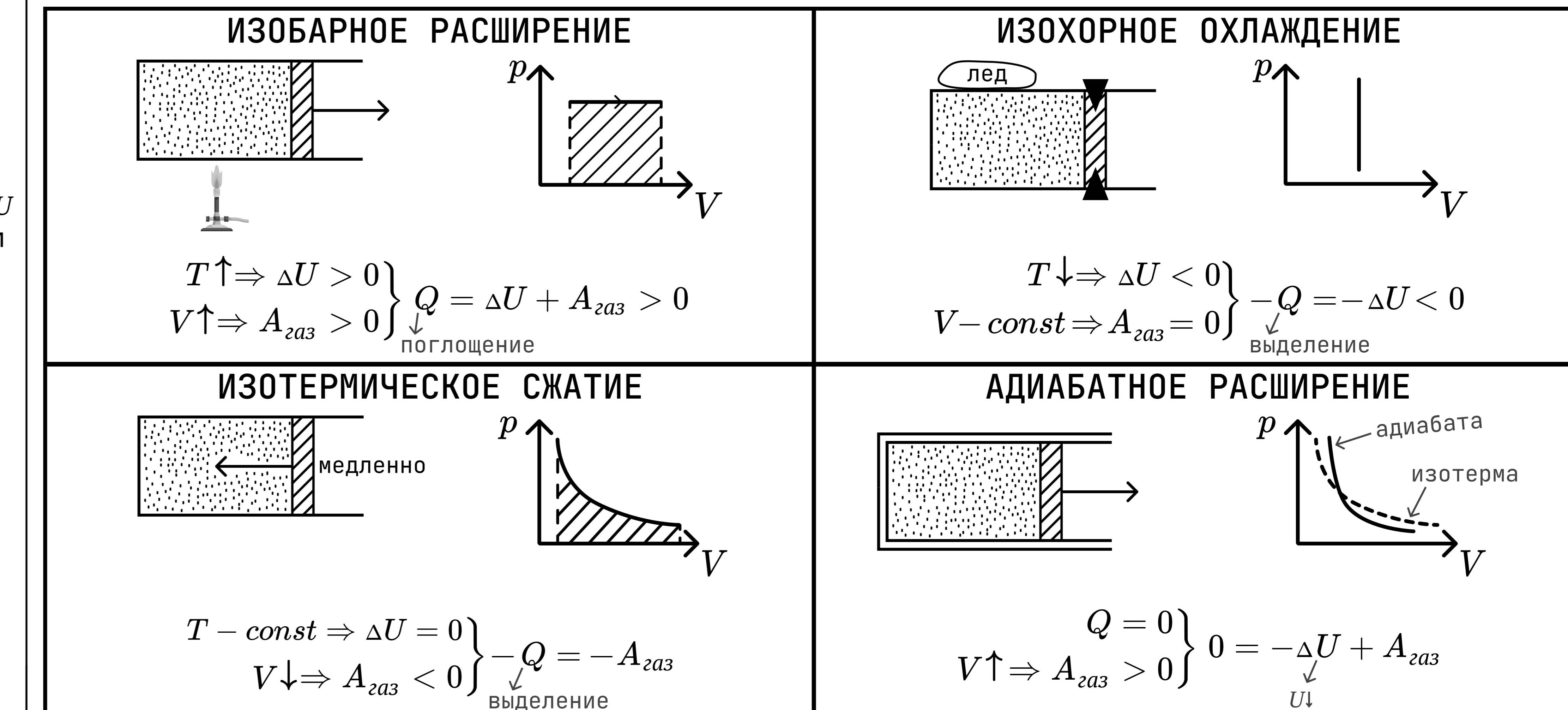
$$Q < 0 \rightarrow \text{при выделении тепла}$$

I ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

$$\Delta U = Q + A_{\text{внешн}} \quad \text{или} \quad \Delta U = Q - A_{\text{газ}}$$

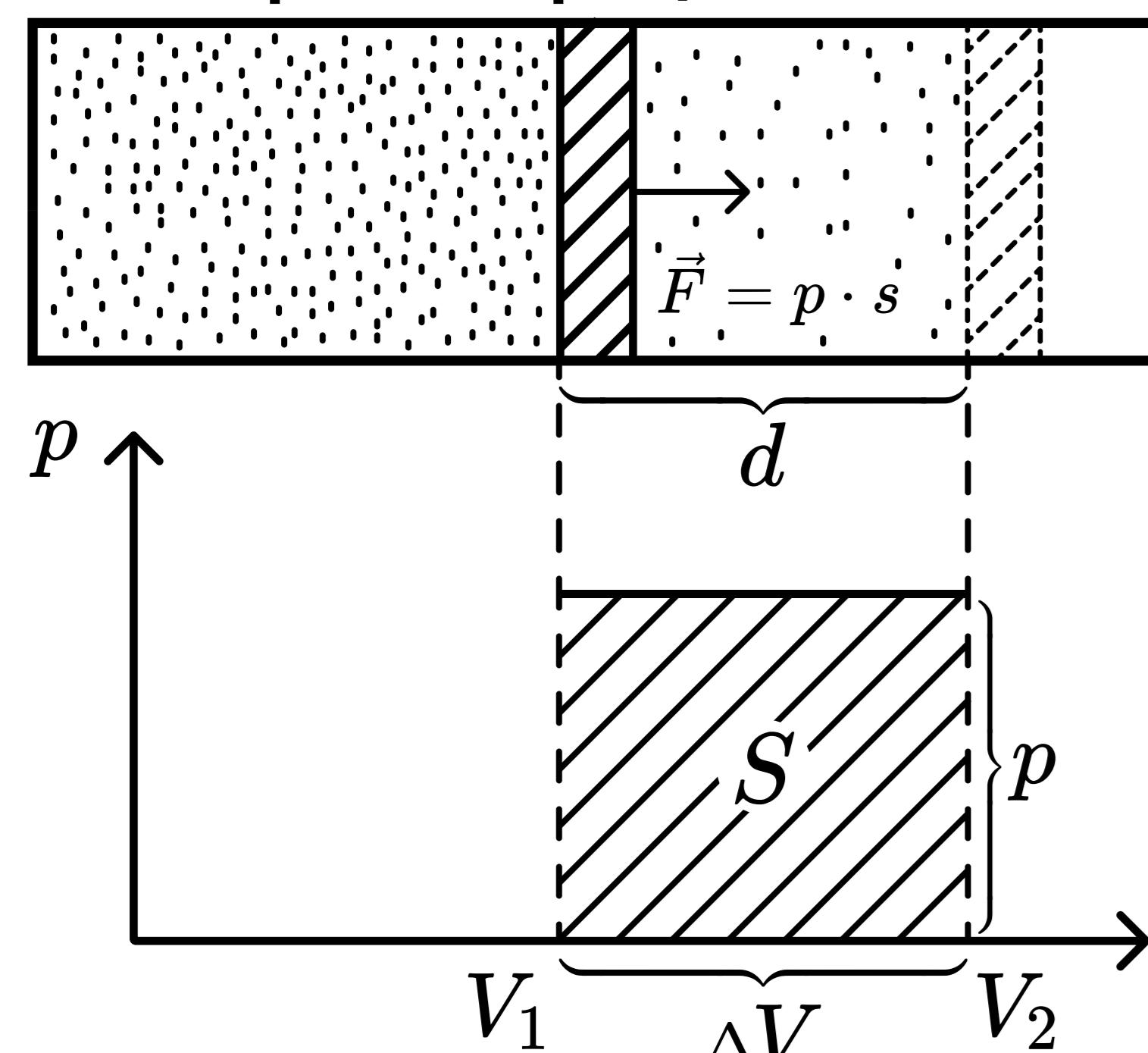
$$Q = \Delta U + A_{\text{газ}}$$

количество теплоты,
передаваемой системе



РАБОТА В ТЕРМОДИНАМИКЕ

① Изобарный процесс

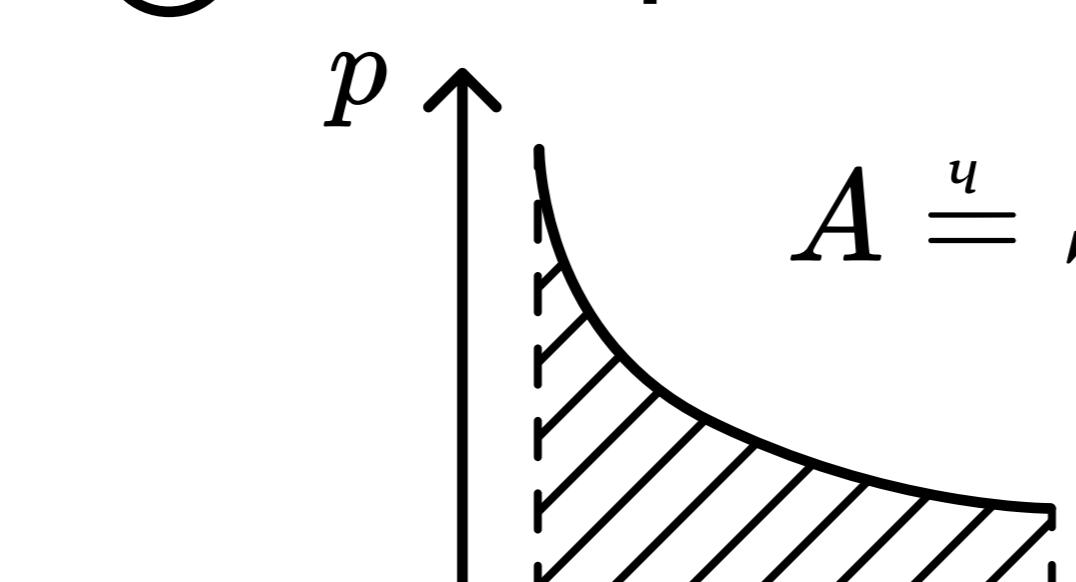


$$A = F \cdot d \cdot \cos(\vec{F}, d) = p \cdot S \cdot d = p \cdot \Delta V$$

$$A = p \cdot \Delta V \quad A > 0, \text{ если } V \uparrow \\ \text{частный случай} \quad A < 0, \text{ если } V \downarrow$$

$$A = p \cdot \Delta V \\ S = p \cdot \Delta V \Rightarrow A = S$$

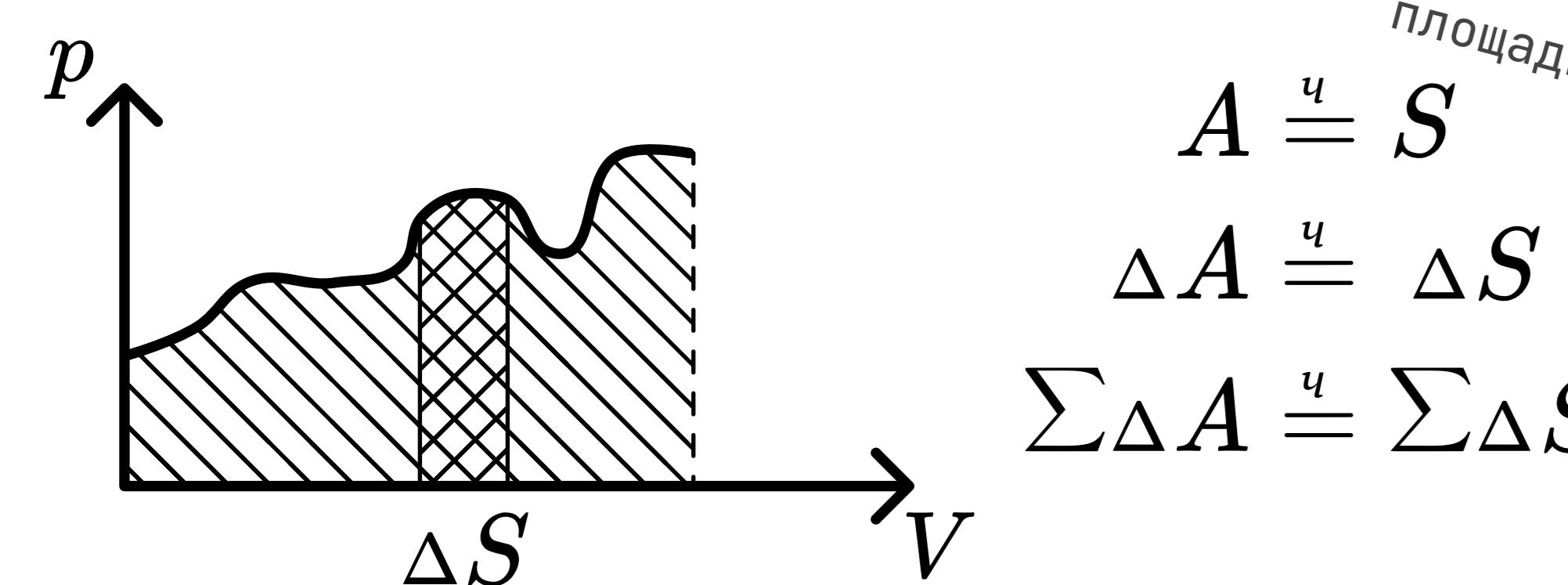
③ Изотермический процесс



④ Изохорный процесс

$$\Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$$

② В общем случае



$$A = S$$

$$\Delta A = \Delta S$$

$$\sum \Delta A = \sum \Delta S$$

примечание

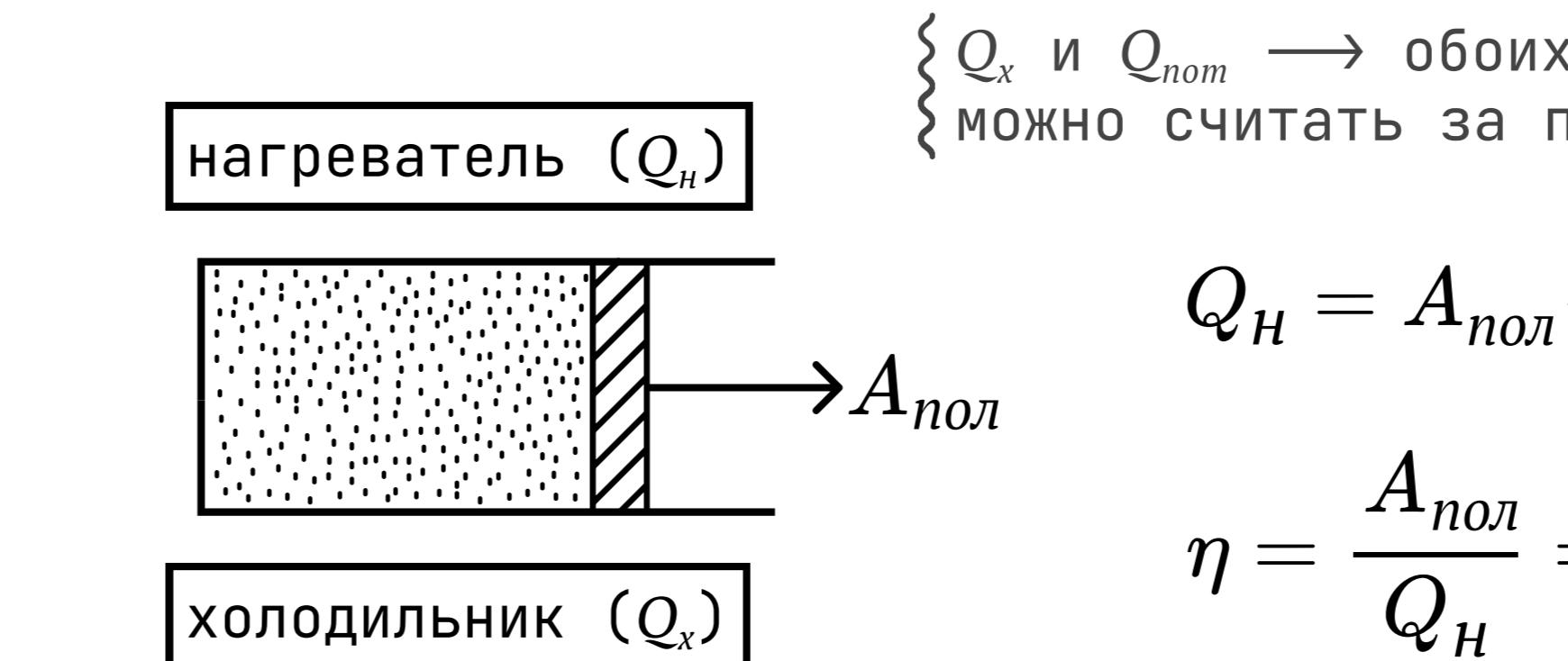
- $U \rightarrow$ внутренняя энергия
- $Q \rightarrow$ количество теплоты
- $C \rightarrow$ удельная теплоемкость на единицу массы

- $q \rightarrow$ удельная теплота сгорания
- $\lambda \rightarrow$ удельная теплота плавления
- $L \rightarrow$ удельная теплота парообразования

Тепловые двигатели (ТД) \rightarrow устройства, у которых часть $U \rightarrow A$

① Устройство ТД

- Основные виды: турбинные, поршневые, реактивные
- Используют работу (A) расширения г/п
- Состоят из нагревателя, рабочего тела (г/п) и холодильника

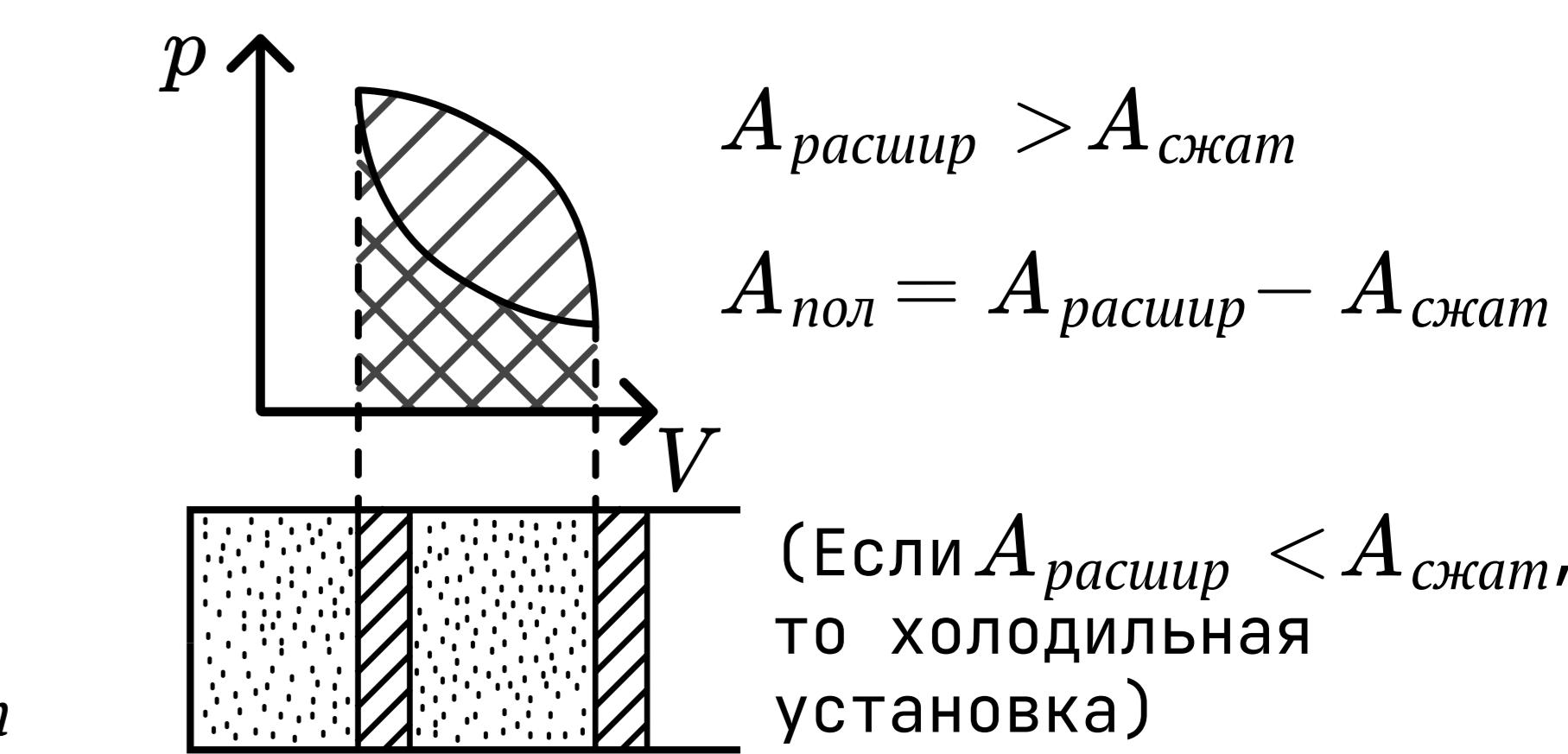


$$Q_H = A_{\text{пол}} + Q_X + Q_{\text{ном}}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_X - Q_{\text{ном}}}{Q_H}$$

② Холодильник

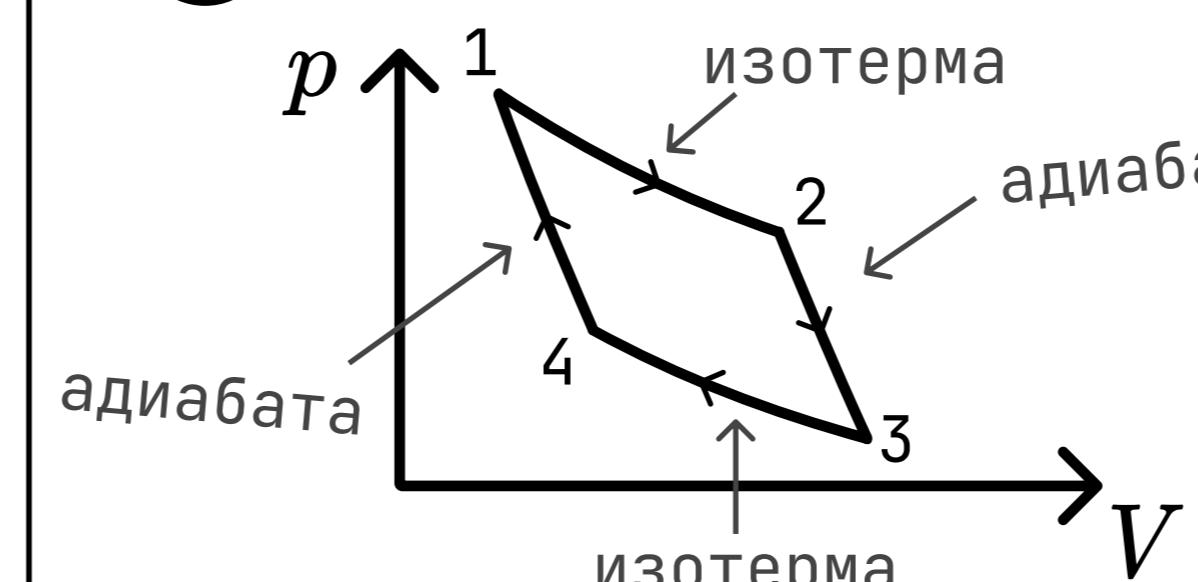
Холодильник нужен для цикличности ТД



$$A_{\text{расшир}} > A_{\text{сжат}}$$

$$A_{\text{пол}} = A_{\text{расшир}} - A_{\text{сжат}}$$

(Если $A_{\text{расшир}} < A_{\text{сжат}}$, то холодильная установка)

③ Идеальная тепловая машина \rightarrow Сади карно (фр. / 1824г)

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} = 1 - \frac{T_X}{T_H} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

примечание

- г/п \rightarrow газ или пар
- РТ (рабочее тело) \rightarrow г/п
- ТД \rightarrow тепловой двигатель

- $Q_X / T_X \rightarrow$ холодильника
- $Q_H / T_H \rightarrow$ нагревателя
- $Q_{\text{ном}} \rightarrow$ потери