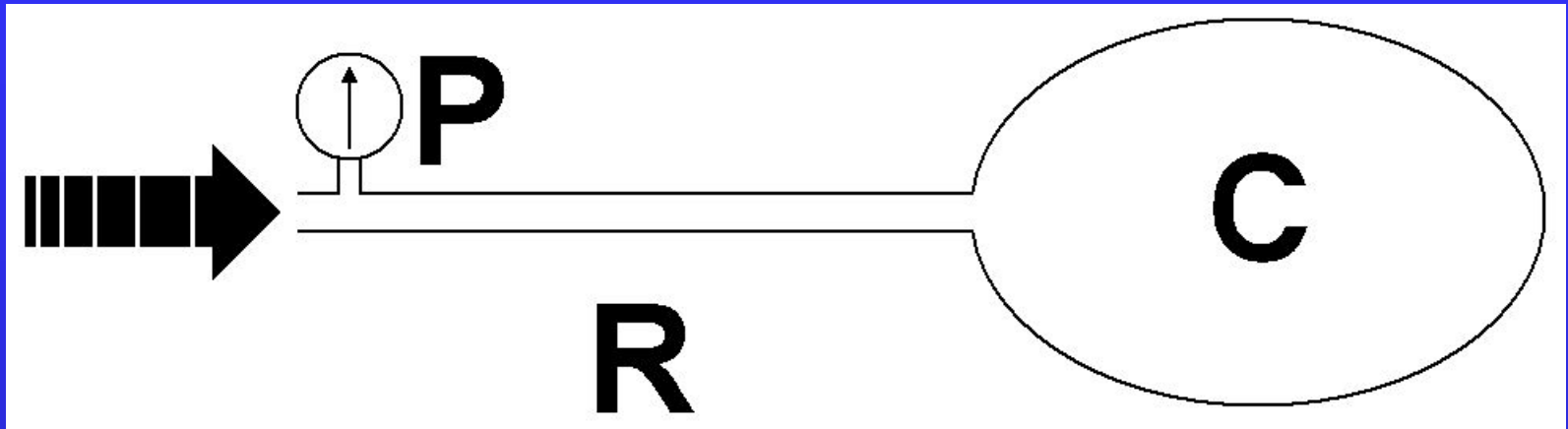


Биомеханика внешнего дыхания и его протезирования



К.М. Лебединский, СПб МАПО

Двухкомпонентная модель



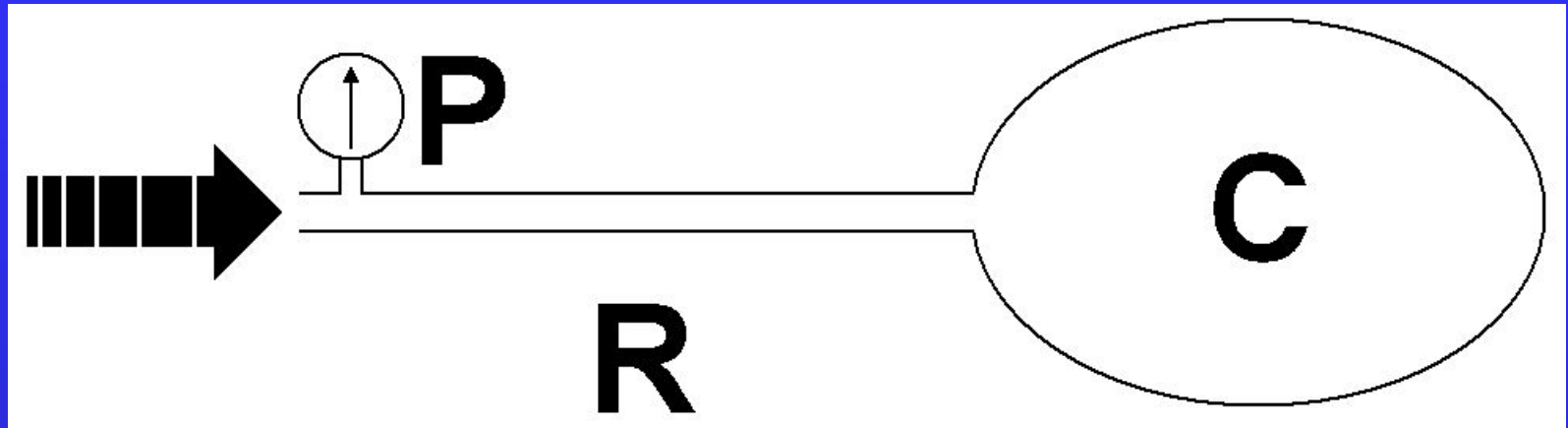
Полное давление: $P = P_{\text{ЕЕХР}} + P_{\text{ДИН}} + P_{\text{СТАТ}}$

Динамический компонент: $P_{\text{ДИН}} = R \cdot F;$

Статический компонент: $P_{\text{СТАТ}} = V/C;$

$P = P_{\text{ЕЕХР}} + R \cdot F + V/C$

Двухкомпонентная модель

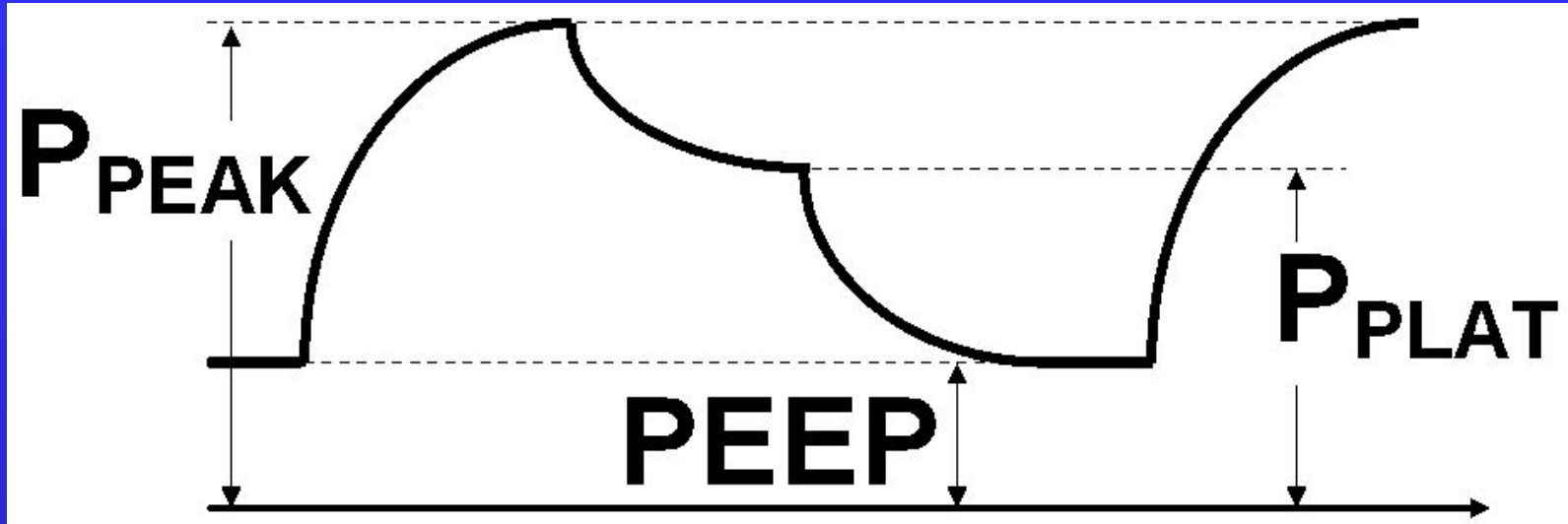


$$P = P_{EEXP} + R \cdot F + V/C$$

$$F = dV/dt \Rightarrow P = P_{EEXP} + R dV/dt + V/C$$

$$V = \int F(t) dt \Rightarrow P = P_{EEXP} + R \cdot F + (\int F(t) dt)/C$$

Расчет растяжимости С



$$P_{PLAT} = P_{PEAK} - P_{ДИН} = P_{СТАТ} + P_{ЕЕХР}$$

$$P_{СТАТ} = V/C = P_{PLAT} - P_{ЕЕХР}$$

$$C = V/(P_{PLAT} - P_{ЕЕХР})$$

Нормальные значения S

Здоровые взрослые: $80\text{--}100 \text{ мл} \cdot \text{см вод. ст.}^{-1}$

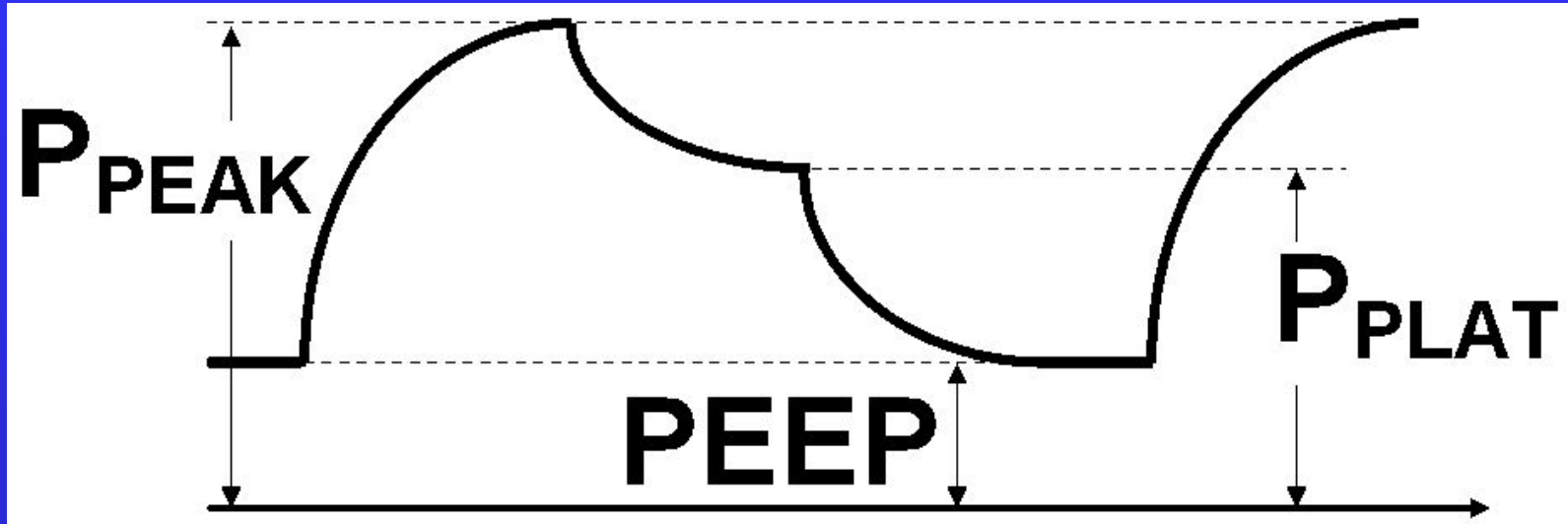
Взрослые на ИВЛ: $50\text{--}100 \text{ мл} \cdot \text{см вод. ст.}^{-1}$
($0,5\text{--}1 \text{ л} \cdot \text{кПа}^{-1}$)

Длительная ИВЛ: $50\text{--}60 \text{ мл} \cdot \text{см вод. ст.}^{-1}$

Грубая патология: $<30 \text{ мл} \cdot \text{см вод. ст.}^{-1}$

S контура S_C : $2\text{--}5 \text{ мл} \cdot \text{см вод. ст.}^{-1}$

Расчет сопротивления R



$$P_{ДИН} = R \cdot F = P_{PEAK} - P_{PLAT}$$

$$R = (P_{PEAK} - P_{PLAT}) / F;$$

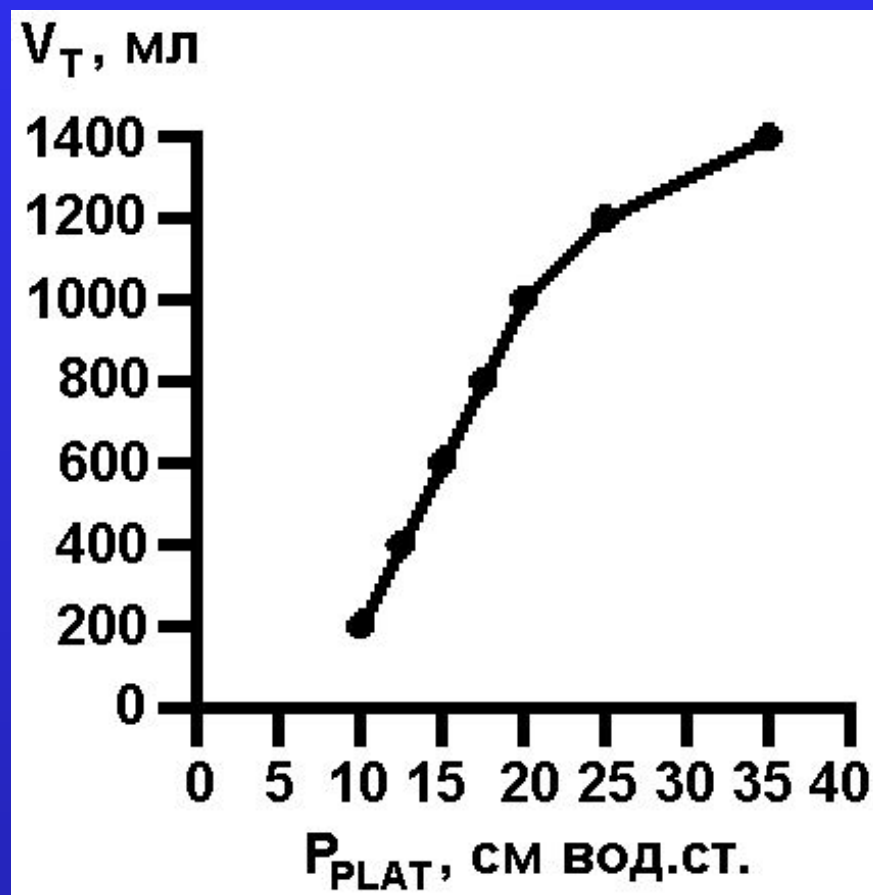
но при $dF/dt = 0$, $F = V_T / T_I$

$$R = (P_{PEAK} - P_{PLAT}) \cdot T_I / V_T$$

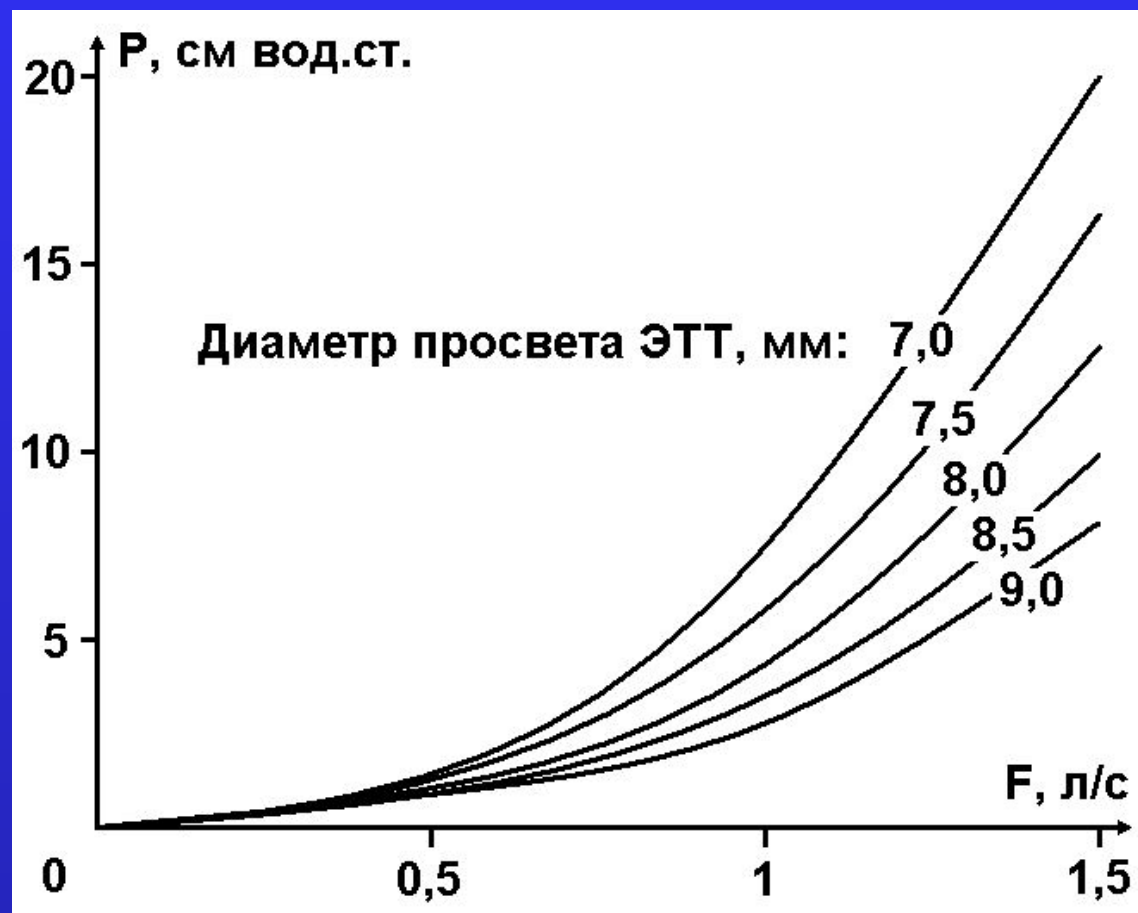
Нормальные значения R

Женщины: · мин · л ⁻¹	0,033±0,012 см вод. ст. (0,2±0,07 кПа · с · л ⁻¹)
Мужчины: · мин · л ⁻¹	0,028±0,012 см вод. ст. (0,17±0,07 кПа · с · л ⁻¹)
На фоне ИВЛ:	≤0,2 см вод. ст. · мин · л ⁻¹ (≤1,2 кПа · с · л ⁻¹)
Явная обструкция:	>0,33 см вод. ст. · мин · л ⁻¹ (>2 кПа · с · л ⁻¹)

Ограничение линейной зависимости $P_{PLAT}(V_T)$

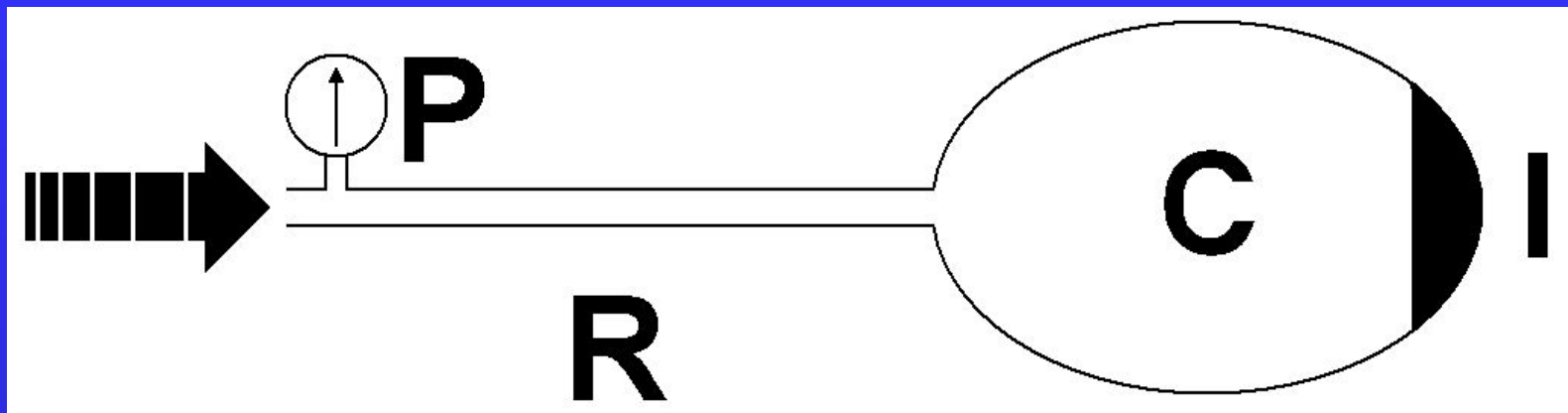


Ограничение линейной зависимости $P_{\text{дин}}(F)$



$$P_{\text{дин}} = K_1 \cdot F/r^4 + K_2 \cdot F^2/r^5$$

Трехкомпонентная модель



Инерционный компонент: $P_{\text{ИН}} = I \cdot dF/dt$

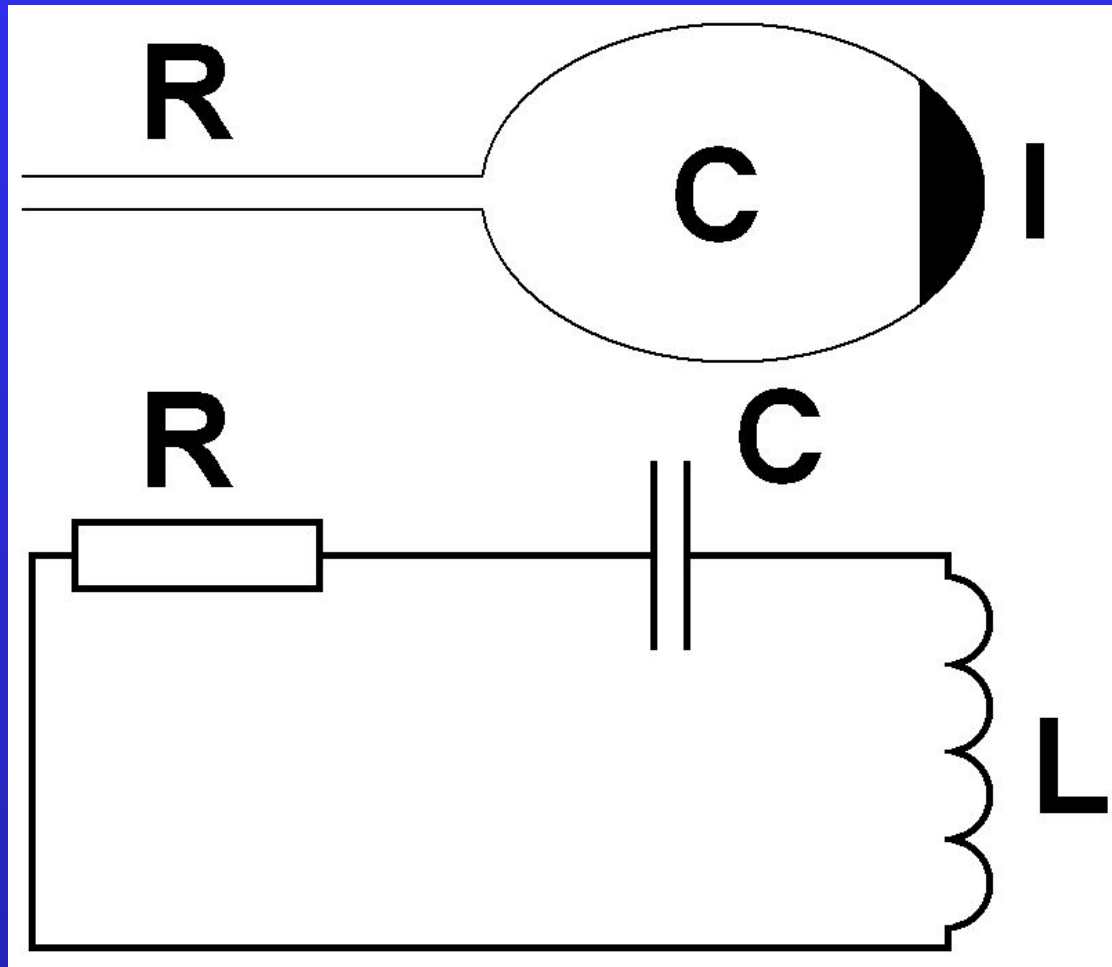
$$P = P_{\text{ЕЕХР}} + P_{\text{ДИН}} + P_{\text{СТАТ}} + P_{\text{ИН}}$$

$$P = P_{\text{ЕЕХР}} + R \cdot F + V/C + I \cdot dF/dt$$

$$P = P_{\text{ЕЕХР}} + R dV/dt + V/C + I \cdot d^2V/dt^2$$

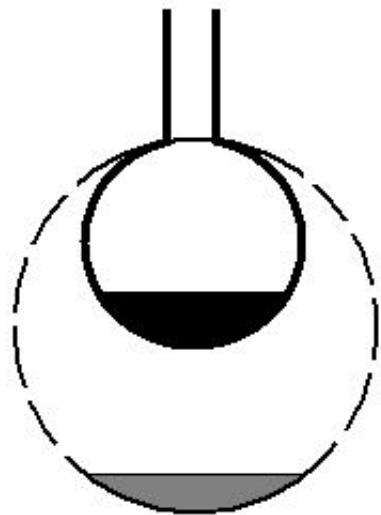
$$P = P_{\text{ЕЕХР}} + R \cdot F + (\int F(t) dt)/C + I \cdot dF/dt$$

Система внешнего дыхания как колебательный контур

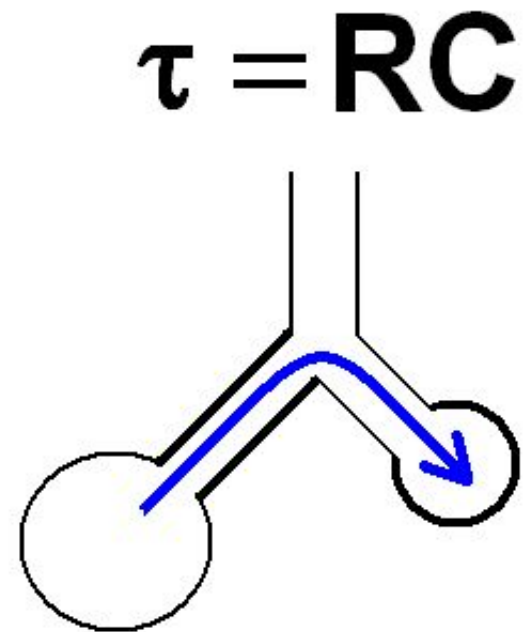
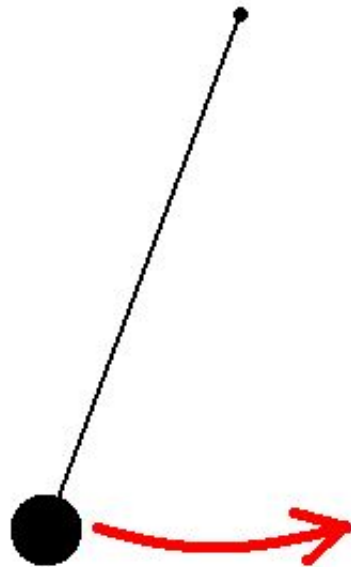


Система внешнего дыхания как колебательный контур

$$\nu = \sqrt{1/IC}$$



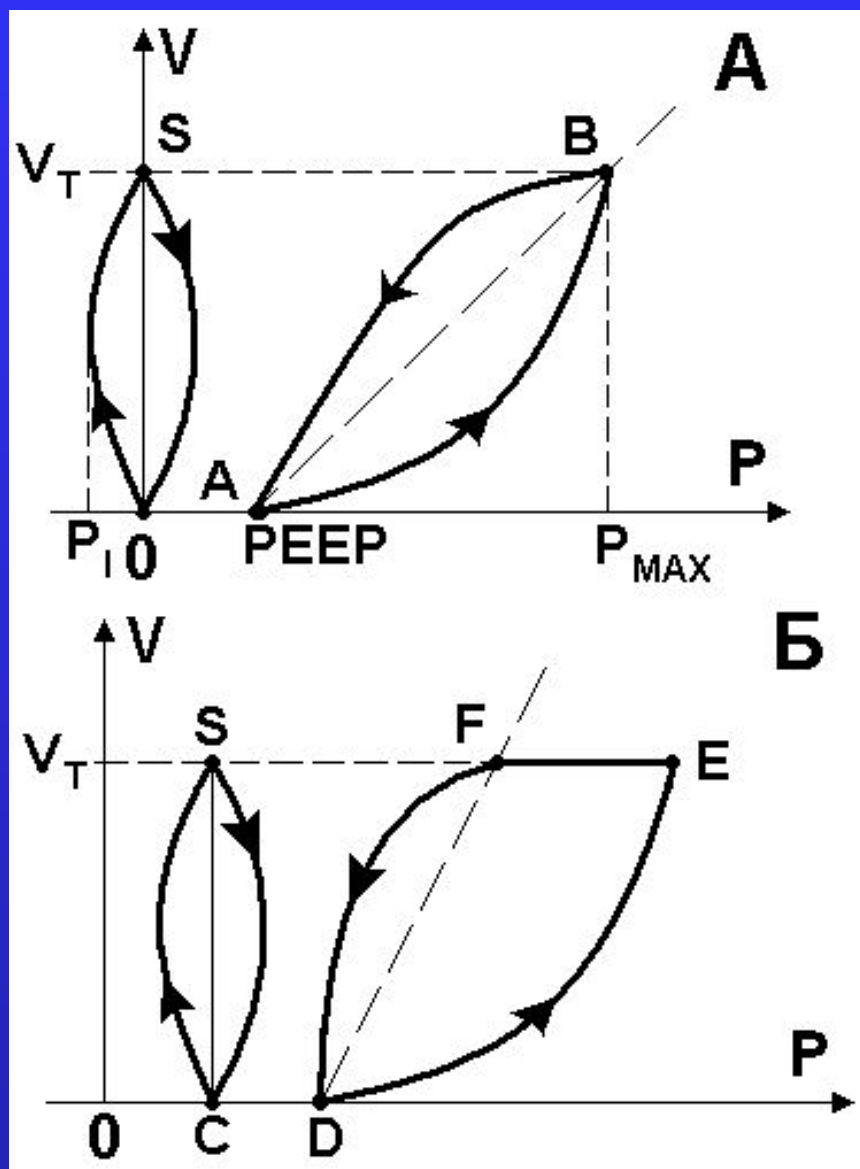
Резонанс



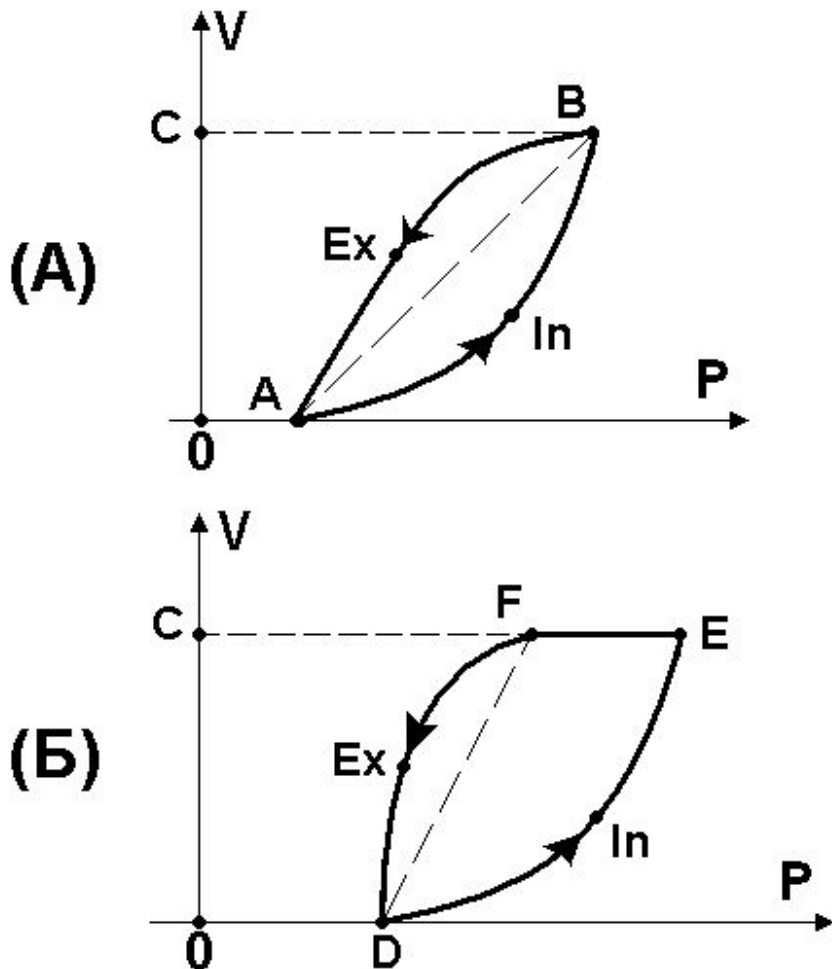
$$\tau = RC$$

$$\tau_1 > \tau_2$$

Петля «давление – объем»



Работа дыхания W

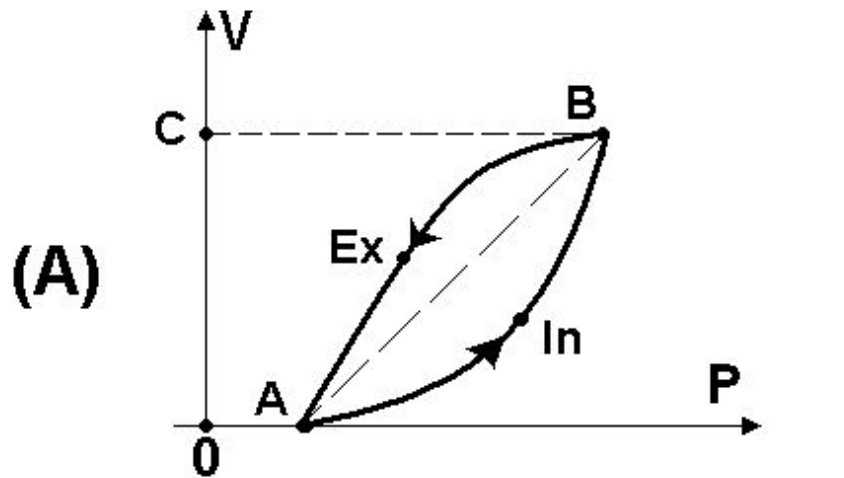


$$W = P \cdot V$$

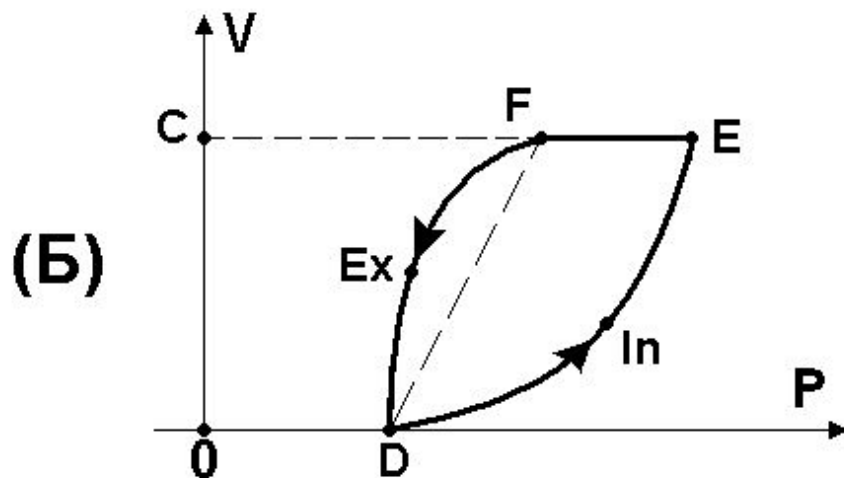
$$W = P(V) \cdot V = \sum_{i=1}^{\infty} P(V) \cdot V$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

Работа дыхания W

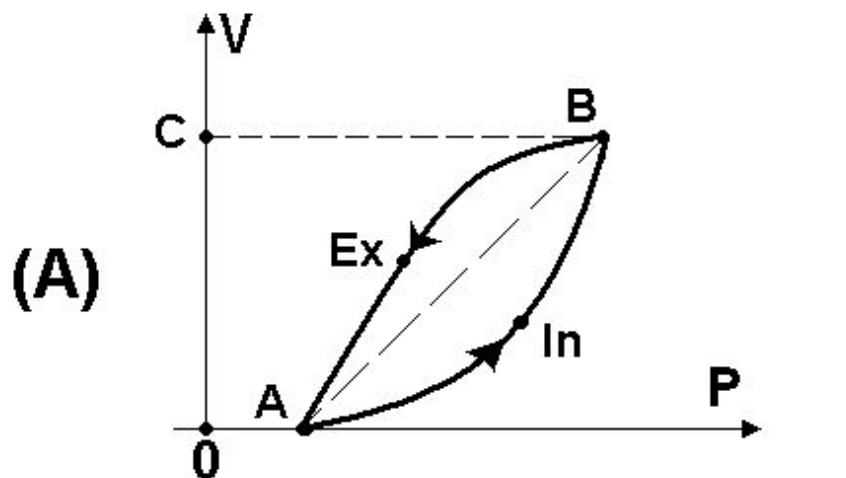


$$W_A = \text{OAIInBC}$$

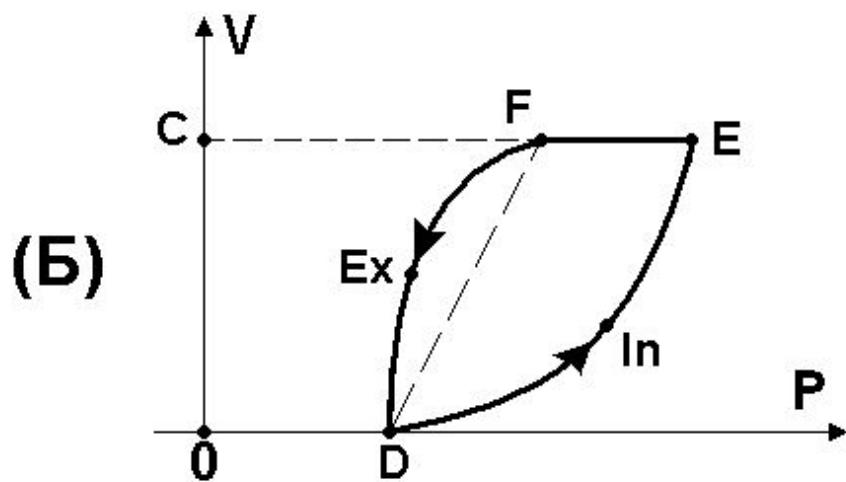


$$W_B = \text{ODInEFC}$$

Работа дыхания W



$$W_{\text{выд}} = \text{ABEx}$$

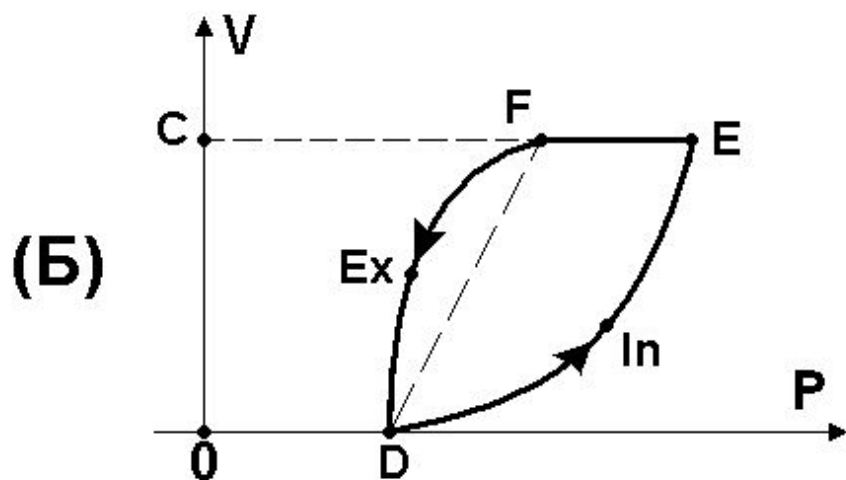
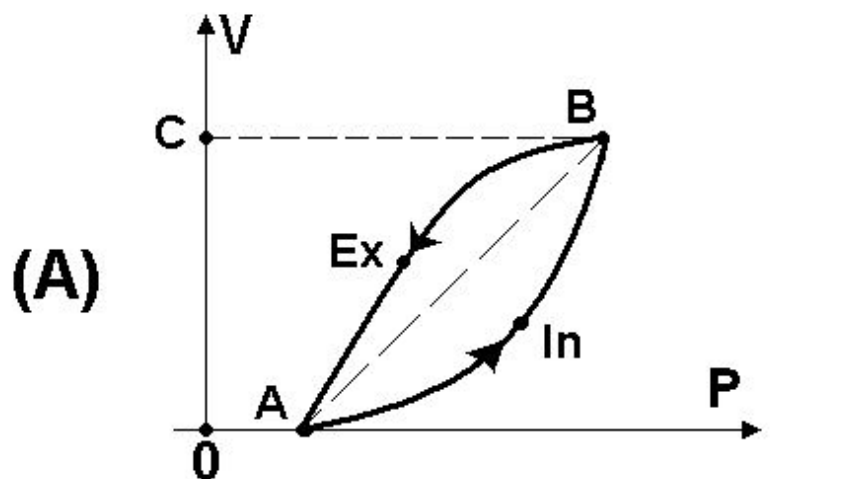


$$W_{\text{выд}} = \text{DFEx}$$

$$W_{\text{эл}} = \text{ODFC}$$

$$W_{\text{рез}} = \text{DInEF}$$

Работа дыхания W

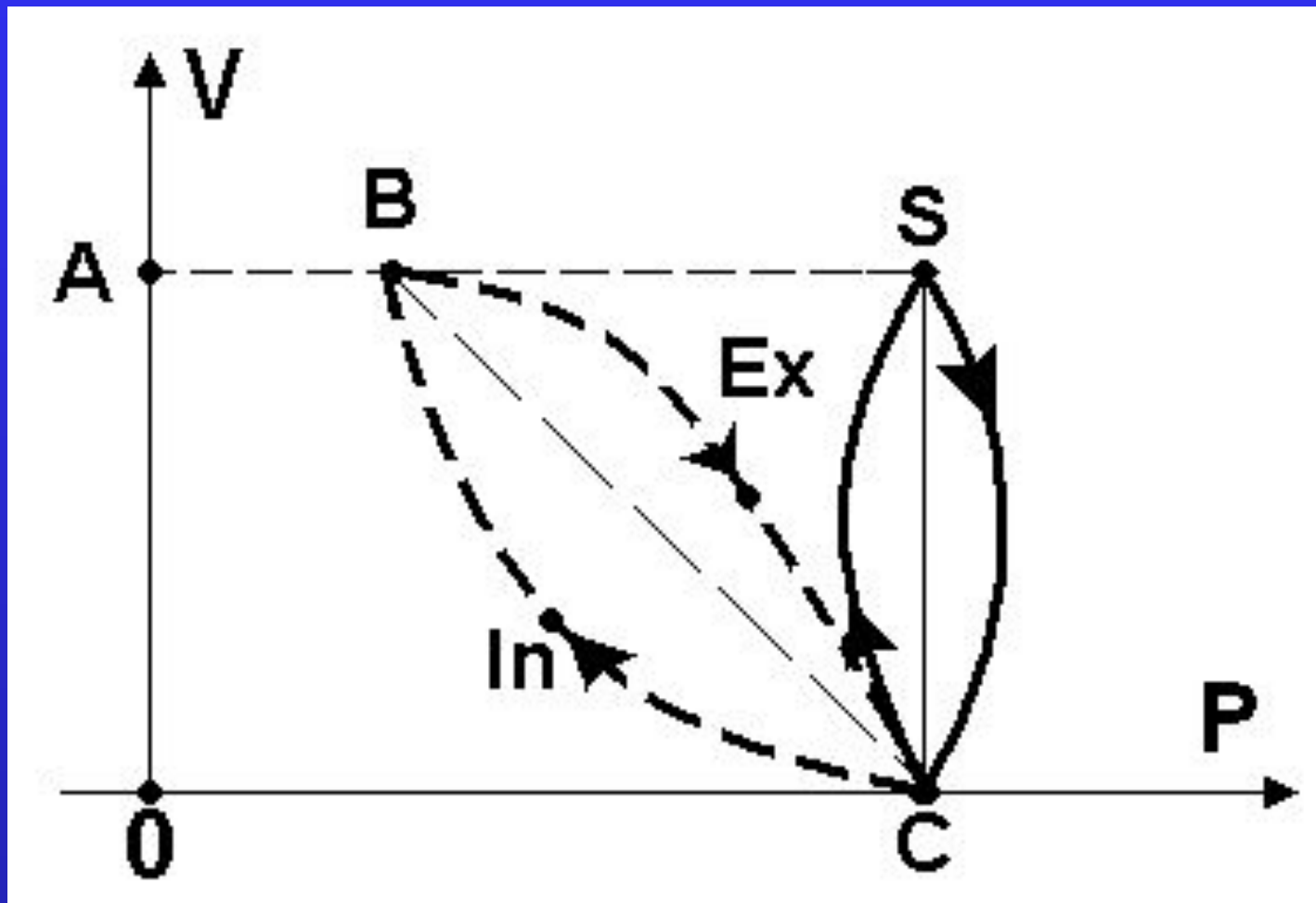


$$W = 0,7 - 1 \text{ Дж/л}$$

$$W_{\text{эл}} \approx 70\%$$

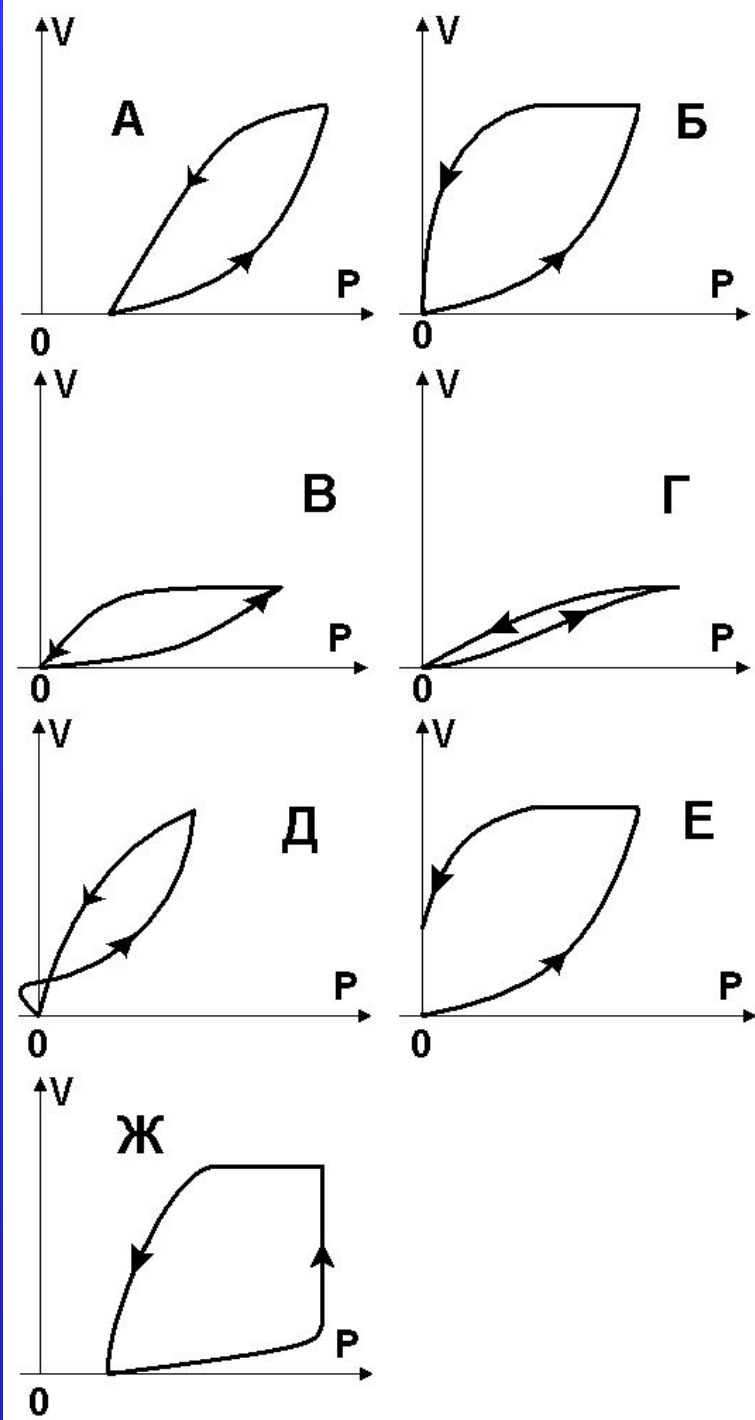
$$W_{\text{PEЗ}} \approx 30\%$$

Работа самостоятельного дыхания



Семиотика петли
«давление – объем»:

что может дать
визуальный анализ
кривой?



ВОПРОСЫ?