

TERMODINAMIČKI PROCESI VELIKE ENERGETSKE EFIKASNOSTI (**VEĆE** NEGO KOD CARNOTOVIH TERMODINAMIČKIH PROCESA)

A. Dobijanje toplote adijabatskim spuštanjem vazduha

• **Dva dejstva u procesa adijabatskog spuštanja vazduha.** Dobijanje toplote se ostvaruje time što se vazduh spuštanjem dovodi od niskog pritiska H na visini pod **veći** pritisak p_0 pri tlu. **Bitno za ovaj način dobijanja toplote je to što spuštanje ostvaruju dva dejstva:** (1) dejstvo krilno-klipne pumpe i (2) dejstvo težine vazduha koji se spušta. Energetska dobit se ostvaruje time što se, adijabatskim spuštanjem kroz cev, u toplotu transformišu i gravitaciona potencijalna energija mgH vazduha koji se spušta i rad pumpe. Pošto samostalno spontano spuštanje vazduha u stabilnoj atmosferi nije moguće, proces spuštanja vazduha kroz cevi 1 održava se dejstvom krilno-klipne pumpe. Zato je donji kraj cevi 1 postavljen na ulazni otvor pumpe. Vazduh se spušta pod svod 4 (zvonast sud sa otvorom dole) čiji rub je na vrlo malom odstojanju od tla.

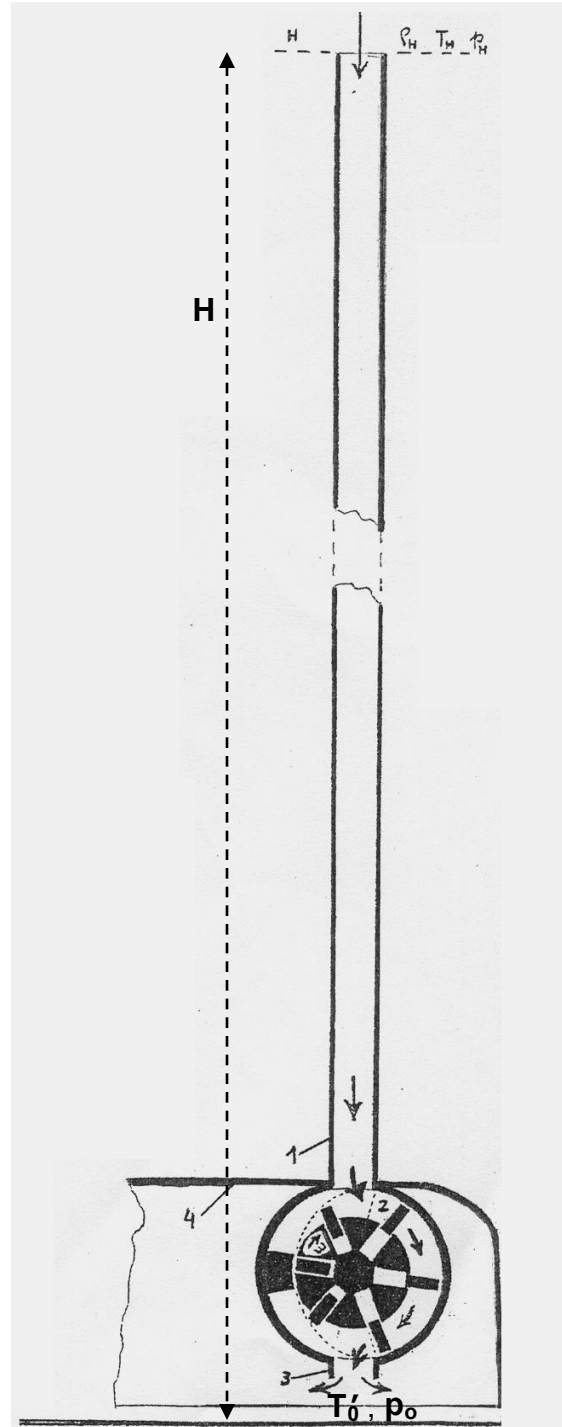
• Oznake: p pritisak okolnog vazduha, p' pritisak vazduha u cevi 1, p_H i T_H pritisak i temperatura vazduha na gornjem kraju cevi, A_p rad pumpe, A ukupni rad ($A_p + mgH$), T'_0 temperatura rezultat transformacije ukupnog rada A , tj. temperatura vazduha na izlazu iz pumpe, T_0 prizemna ($h=0$) temperatura okolnog vazduha.

• Cev 1: idealni termoizolator, unutrašnja površina cevi idealno glatka (spuštanje adijabatsko). Gradijent k' temperature T' vazduha u cevi, $k' = |dT'/dh| = g/C_p$.

• Stabilna atmosfera. Linearna zavisnost temperature od visine h ($0 \leq h \leq H$). Uzimamo da je gradijent k temperature T okolnog vazduha $k = |dT/dh|$

• Za konkretni primer uzimamo ove vrednosti: $k=0,006K/m$, $k'=g/C_p$, $H=1000m$, $p_0=10^5N/m^2$, $T_0=288K$, $R=287J/kgK$, $C_p = 1004.5 J/Kkg$ (ne treba da stvara zabunu to što se sa m označava i *masa* i *metar*).

• Radom A (spuštanjem vazduha kroz cev 1 i pumpu), pritisak se povećava od p_H na p_0 , a temperatura od T_H na T'_0 , gde je $T'_0 = T_H(p_0/p_H)^{0,4/1,4} = T_H + k'H$. (1)



POSTROJENJE ZA
SPUŠTANJE VAZDUHA

RAČUNANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI

$$P_H = p_o(1 - kH/T_o)^{g/kr} \quad p_H/p_o = 0.88697506269036466593987997397496 \quad (2)$$

$$p_H = 88697.5062690364665939879973974 = 88697.51 \text{ N/m}^2 \text{ (na dve decimale)}$$
$$(T'_{0c}/T_H)^{3.5} = p_{0c}/p_H \cdot 1.1265482070535254481673944035188 = p_{0c}/p_H$$

$$T'_{0c} = 291.76605276256844201095072175212$$

$$p_{0c} = 99922.016657501864833453027005854$$

$$T'_0 = 291.83109363490332824841385571636$$

$$A_p = m C_p(T'_0 - T_H) - mgH = 65.33355626039322553171806702335 \text{ J/kg}$$

$$A_p = m C_p(T'_0 - T'_{0c}) = 65.333556260393225531718067099501 \text{ J/kg}$$

$$Q = m C_p(T'_0 - T_0) = 3.7660527625684420109507217521 \text{ J/kg}$$

$$Q/A_p = 57.902863651298676690965105251539$$

Q/A_p = 57.9 koeficijent efikasnosti

Akademik Vladan Đorđević je pre nekih dvadesetak godina napisao dva izveštaja o procesu koji je predstavljen na sl.1. U drugom izveštaju navodi, kao interesantnu, činjenicu da taj proces u stručnoj literaturi do tada nije bio tretiran.

B. ZEMLJA KAO TERMODINAMIČKA MAŠINA

Kinetičke energije svih dešavanja u atmosferi potiču od toka Sunčeve energije ka Zemlji. Razmotrimo samo jedan detalj iz postojanja Zemlje kao termodinamičke mašine, poređenje snage toka Sunčeve energije i snage vetra brzine **100km/h**.

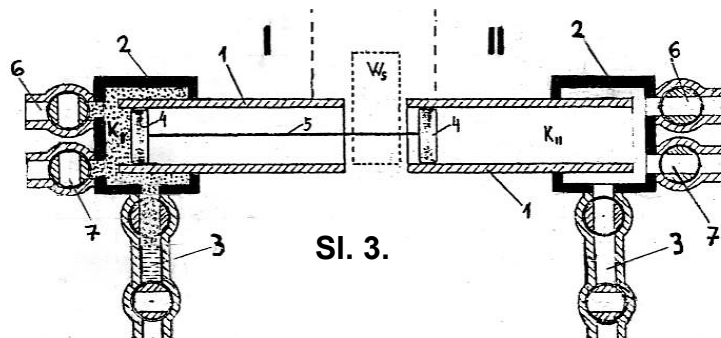
Snaga toka Sunčeve energije na ulazu u atmosferu je oko **1500W/m²**.

Snaga (kinetička energija) vetra brzine **100km/h** je oko **30000W/m²**.

Od **1500W/m²** snage dolaznog toka Sunčeve energije u atmosferi se utroši oko **500W/m²**. U oblastima gde je koeficijet apsorpcije visok, preostalih oko **1000W/m²** se, na površini kopna i mora, apsorbuje i transformiše u toplotu.

Za ovo upoređivanje je važna činjenica da je uzročnik (procesni starter) vetra snage **30000W/m²** upravo taj deo Sunčeve energije, **1000W/m²** apsorbovanih i transformisanih u toplotu (tj. utrošenih na zagrevanje površinskih slojeva mora i kopna). Dakle, u ovom slučaju, **koeficijent efikasnosti je 30.**

C. MEHANIČKO ISPUMPAVANJE TOPLOTE IZ VAZDUHA (NOVA TEORIJSKA OSNOVA TERMODINAMIKE)



Sl. 3.

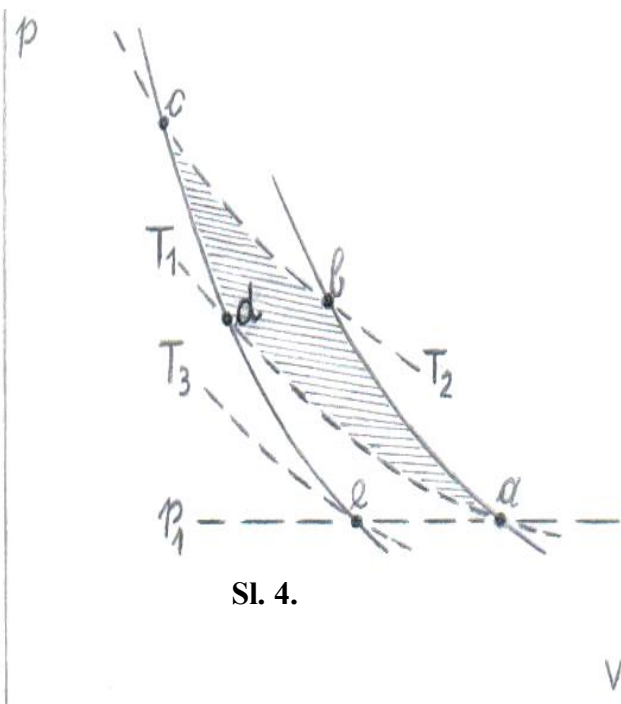
Dva identična pneumatska uređaja (I i II) sa zajedničkom pogonskom klipnjačom (5) čine složeni uređaj za ispumpavanje toplote iz vazduha procesom pneumatske transformacije mehaničkog rada u toplotu...

U uređajima I i II se, naizmeničnim kretanjem ORGANA 4-5-4 ulevo-udesno izvršavaju (istovremeno i naizmenično) komprimiranje i ekspanzija vazduha. Jedan uređaj ima ulogu kompresora. Drugi uređaj ima ulogu pneumatskog motora. Pneumatski motor je unutrašnji pogonski uređaj. Na pogonsku klipnjaču 4 je priključen i spoljašnji pogonski uređaj W_s (što na slici simbolički predstavlja jedan isprekidano ucrtani pravougaonik).

U kompresoru se izvršava komprimiranje **doze m** vazduha. Bitno je to što komprimiranje izvršavaju dva pogonska dejstva na ORGAN 4-5-4, spoljašnje

pogonsko dejstvo uređajem W_s i unutrašnje pogonsko dejstvo pneumatskim motorom.

Iz komprimirane **doze m** se, kroz termoprovodni zid komore 2, kondukcijski odvodi jedan deo (Q) od komprimiranjem stvorene toplote. Zatim ORGAN 4-5-4 menja smer kretanja; time se menjaju uloge; kompresor postaje pneumatski motor... Pošto je iz komprimirane **doze m** odveden deo Q komprimiranjem stvorene toplote, u pneumatskom motoru doza m vrši ekspanzioni rad, delimično (U') na račun svoje unutrašnje energije koju je imala pre ulaska u kompresor (tj. rashlađujući se).



Sl. 4.

Na Sl. 4. je mehaničko ispumpavanje toplote iz vazduha predstavljeno dijagramom **a-b-c-d-e**. U stvari, taj dijagram predstavlja dva procesa koji se izvršavaju istovremeno. Proces **a-b-c** je u kompresoru, a proces **c-d-e** je u pneumatском motoru. Kako je nared na samom početku rečeno, ti procesi se izvršavaju "naizmeničnim kretanjem ORGANA 4-5-4 ulevo-udesno".

U nastavku razmatranja biće korištene konkretne vrednosti veličina procesa **a-b-c-d-e**, uz idealizaciju da je vazduh bez vodene pare i bez zagađivača.

Proces počinje (**a**) i završava (**e**) na na pritisku okoline, $p_1 = p_a = p_e$. Zadane vrednosti: $T_1 = 280\text{K}$, $T_2 = 400\text{K}$ i $p_a = 100000\text{N/m}^2$, a iz ovih vrednosti izračunavamo, uz pretpostavku da je kompresija **a-b** adijabatska: $p_b = 348463\text{N/m}^2$. Izotermna kompresija **b-c** se vrši do pritiska $p_c = 1045389\text{N/m}^2$.

Adijabatskom kompresijom **a-b** se kompresioni rad, tj. ORGANOM 4-5-4 objedinjeni kompresioni rad pogona W_s i pneumatскоg motora (označimo ga sa A_K), transformiše u toplotu, $A_K = 120540\text{J/kg}$. Pošto su procesi **a-b** i **c-d** između istih izoterma, i adijabatski ekspanzioni rad $A_{c-d} = 120540\text{J/kg}$.

U toku izotermne kompresije **b-c** se iz doze **m** vazduha kondkcijski odvede kompresionim radom (A_q) stvorena toplota (Q), $A_q = Q = 126121\text{J/kg}$.

Ekspanzioni rad doze **m** vazduha u pnematskom motoru (tj. prces **c-d-e**) se završava na temperaturi $T_e = 204.57\text{K}$, a utrošena energija je $A_E = mC_p(T_2 - T_e)$. Deo $U' = mC_p(T_1 - T_e)$ od A_E , $U'/m = 75776.978\text{J/kg}$, je doza **m** posedovala pre ulaska u kompresor (tj. na T_1).

Energetska dobit je u tme što je niskotemperaturna unutrašnja energija U' transformisana u deo visokotemperaturne toplote Q .

RAČUNANJE ENERGRTSKE EFIKASNOSTI

$$\text{Eks. a-b-c-d-e: } T_e = T_2 (p_1/p_c)^{0,4/1,4} = 204.57\text{K}$$

$$A_{c-d-e} = A_E = mC_p(T_2 - T_e) = A_K + U'. \quad \underline{A_E = A_K + U'}. \quad \underline{A = A_K + A_q}$$

$$A_S = A - A_E = (A_K + A_q) - (A_K + U') = A_q - U' = Q - U'$$

$$\text{Koeficijent efikasnosti: } Q/A_S = Q/(Q - U') = 1/(1 - U'/Q) > 1. \\ 2.5051832370484821415341030956962$$

Dakle, u ovom slučaju, **koeficijent efikasnosti je 2,51.**

11. oktobra 2018.

O. B.