

**Termotehnică, mașini și instalații termice.
Culegere de probleme și aplicații**

Mădălina Călbureanu

Raluca Malciu

TERMOTEHNICĂ, MAȘINI ȘI INSTALAȚII TERMICE.

CULEGERE DE PROBLEME ȘI APLICAȚII



EDITURA UNIVERSITARIA

Craiova, 2017

Referenți științifici:

Prof.univ.dr.ing. Mihnea MARIN

Conf.univ.dr.ing. Mihai ȚĂLU

Copyright © 2017 Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria Craiova

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

CĂLBUREANU, MĂDĂLINA

Termotehnică, mașini și instalații termice : culegere de probleme și aplicații / Călbureanu Mădălina, Malciu Raluca. -

Craiova : Universitaria, 2017

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1218-1

I. Malciu, Raluca Anda

PREFAȚĂ

Termotehnica sau termodinamica tehnică fiind o ramură a științelor tehnice, are ca obiect studiul legilor de transformare a energiei sub formă de căldură și lucru mecanic, în cadrul mașinilor și instalațiilor termice.

Termotehnica se ocupă în principal cu producerea, transportul, transformările și utilizarea căldurii în diverse ramuri ale tehnicii.

Termotehnica, având ca subdomenii Termostatica - studiază procesele de echilibru fără să ia în considerare forțele termodinamice care le declanșează, Termodinamica - studiază procesele energetice pe baza forțelor termodinamice care le generează și Termocinetica - studiază procesele de propagare a căldurii și aplicațiile lor tehnice, ajunge să acopere o întreagă gamă de probleme ale naturii ce se doresc rezolvate, aprofundate și cercetate în amănunțime.

Lucrarea se adresează tuturor studenților de la facultățile tehnice și vine cu un aport diversificat de aplicații din practică.

Autoarele

GAZE IDEALE

1. O incintă de volum $V=20$ l conține aer la presiunea atmosferică $p_0=2 \cdot 10^5$ N/m² și temperatura $T=300$ K. În incinta se pompează aer cu un compresor al cărui volum util este $v=0,2$ l și care funcționează cu turația $n=100$ rot/min. Datorită unei fisuri apărute după 5 minute de funcționare, presiunea din incintă nu se mai modifică. Să se afle:

- a) presiunea maximă atinsă de gazul din incintă;
- b) debitul masic al pierderilor de gaz;
- c) care va fi presiunea maximă a aerului din incintă la 5 minute de la creșterea turației compresorului la valoarea $n_1=120$ rot/min, considerând debitul pierderilor constant?

Se dă: $M=29$ kg/kmol.

Soluție:

- a) Avem ecuația:

$$p_0(V + nvt_1) = p_{\max} V;$$
$$p_{\max} = p_0 \left(1 + \frac{nvt_1}{V} \right) = 12 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

- b) Pentru calculul debitului se scrie ecuația de stare de mai jos:

$$p_0 v n \Delta t = \frac{\Delta m}{M} RT;$$
$$D_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{p_0 v n M}{RT} = 7.621 \text{ kg/s}$$

- c) Conservarea numărului de kmoli se scrie:

$$N_f = N_i + N_{\text{pompat}} - N_{\text{pierdut}};$$

Din ecuația de stare corespunzătoare rezultă:

$$p'_m \cdot V = p_m \cdot V + p_0 n_1 v t_2 - p_0 n v t_2$$
$$p'_m = p_0 \left[1 + n \frac{V}{V} t_1 + (n_1 - n) \frac{V}{V} t_2 \right] = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

Compresor:

Un compresor este o mașină termică folosită pentru mărirea presiunii unui gaz închis într-un recipient, prin micșorarea volumului său. Compresoarele comprimă aerul de la o presiune inițială de intrare (de obicei presiunea atmosferică), până la presiunea de refulare, superioară.



Principalele caracteristici tehnico-funcționale ale unui compresor cu piston sunt presiunea de refulare și debitul.

Raportul dintre presiunea finală și presiunea inițială a gazului comprimat se numește raport de comprimare.

2. O butelie de gaz metan are volumul $V=25 \text{ l}$. Butelia este prevăzută cu un reductor de presiune care permite evacuarea și umplerea buteliei, prin limitarea debitului la valori corespunzătoare unei presiuni $p_1=5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$. Presiunea maximă la care rezistă butelia

este $p_2=5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Când presiunea gazului din butelie atinge valoarea p_1 reductorul nu mai permite evacuarea gazului în atmosferă. Se cere:

- cât timp durează umplerea buteliei până la presiunea p_2 de la o conductă cu debitul $D=5 \text{ l/s}$, la temperatura $T=300 \text{ K}$;
- cât timp durează umplerea buteliei în aceleași condiții ca la punctul a), dacă temperatura este numai $T_1=250 \text{ K}$;
- ce masă de gaz se introduce în plus în cea de-a doua situație.

Se consideră presiunea atmosferică $p_0=10^5 \text{ Pa}$ și temperatura exterioară $T_0=273 \text{ K}$. Se cunoaște $R_M=8310 \text{ J/kgK}$ și $M=16 \text{ kg/kmol}$.

Soluție:

a) Conservarea numărului de kmoli se scrie:

$$n_f = n_i + n_{\text{ext}},$$

unde:

$$n_f = \frac{p_2 V}{R_M T}, \quad n_i = \frac{p_1 V}{R_M T},$$

$$p_0 D t_1 = n_{\text{ext}} R_M T_0 \Rightarrow n_{\text{ext}} = \frac{p_0 D t_1}{R_M T_0}$$

$$\text{Se obține: } t_1 = \frac{p_2 - p_1}{p_0} \frac{T_0}{T_1} \frac{V}{D} = 4.5045 \text{ s}.$$

b) Relația de mai sus devine:

$$t_2 = \frac{p_2 - p_1}{p_0} \frac{T_0}{T_1} \frac{V}{D} = 5.405 \text{ s}.$$

$$\text{c) } \Delta m = M \Delta n = M \frac{p_0 D}{R_M T_0} (t_2 - t_1) = 3.173 \text{ g}.$$

3. O incintă legată la un tub manometric de secțiune S constantă conține o cantitate $m=2$ kg de apă. Incinta este închisă și izolată termic. Deasupra apei se află un strat format din $n=2 \cdot 10^{-4}$ kmoli de aer. Inițial mercurul din cele două ramuri ale tubului manometric se află la același nivel. Aerul și apa se află în echilibru la temperatura $T_0=300$ K. Se introduce în apă o bară metalică având temperatura $T_2 = 400$ K și capacitatea calorică $C=8365,25$ J/K. Sistemul ajunge la echilibru termic la temperatura $T_1=350$ K, aerul ajungând la presiunea $p_1=1.1 \cdot 10^5$ Pa. Să se afle:

- lucrul mecanic efectuat de aer, considerat gaz perfect, în transformarea de la T_0 la T_1 ;
- valoarea p_0 a presiunii atmosferice dacă pentru reechilibrarea mercurului în cele două ramuri ale tubului manometric se toarnă în ramura A o coloană de apă de înălțime $h=5/3$ m (se consideră că temperatura aerului rămâne aceeași);
- secțiunea tubului manometric.

Se cunosc: $g=10$ m/s², $R_M=8310$ J/kmolK, $\rho_{\text{apă}}=10^3$ kg/m³; căldura specifică a apei $c=4180$ J/kgK; $\rho_{\text{Hg}}=13.6 \cdot 10^3$ kg/m³.

Soluție:

- a) Din primul principiu al termodinamicii avem:

$$L = Q - \Delta U; \quad Q = C(T_2 - T_1) - mc(T_1 - T_0) = 262.5 \text{ J}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_1 - T_0) = 124.65 \text{ J};$$

$$L = 137.85 \text{ J}.$$

- b) echilibrul presiunilor este:

$$p_2 = \rho_{\text{apa}} gh + p_0.$$