

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΜΠΔ

30 Ιανουαρίου 2015

Όνομα:

A.M.:

Εξάμηνο:

ΘΕΜΑΤΑ

ΘΕΜΑ 1 (25%)

Από το εσωτερικό ενός δωματίου με θερμοκρασία 22°C και πίεση 100 kPa διαφεύγει μέσω των χαραμάδων αέρας προς το εξωτερικό περιβάλλον με παροχή 100 m³/hr. Προς αντικατάσταση αυτού εισέρχεται στο δωμάτιο αέρας από το εξωτερικό περιβάλλον θερμοκρασίας 7 °C, με την ίδια παροχή. Να υπολογιστεί ο ρυθμός απωλειών ενέργειας σε kW.

ΘΕΜΑ 2 (25%)

10 kg αέρα εκτονώνονται από πίεση 1000 kPa και όγκο 1 m³ σε τελική κατάσταση με όγκο 5 m³, ακολουθώντας τη σχέση $P=1000/V^2$ (P σε kPa και V σε m³). Να υπολογιστούν: α) το έργο της διεργασίας, β) η θερμοκρασία του αερίου συναρτήσει της πίεσης. Να κατασκευαστεί ποιοτικά το διάγραμμα T-P, γ) η θερμότητα που αντιστοιχεί στη διεργασία.

ΘΕΜΑ 3 (25%)

Αέρας σε πίεση 300 kPa και θερμοκρασία 50°C εισέρχεται σε στρόβιλο με ταχύτητα 50 m/s μέσω διατομής εμβαδού 200 cm². Στην έξοδο η πίεση είναι 330 kPa, η θερμοκρασία 14 °C και η ταχύτητα 130 m/s. Εάν η ισχύς του στροβίλου είναι 100 kW, να προσδιοριστούν: α) η ροή μάζας σε kg/s, β) η μεταβολή της κινητικής ενέργειας σε watt, γ) η θερμότητα που μεταφέρεται κατά την διεργασία.

ΘΕΜΑ 4 (25%)

Ατμός εισέρχεται σε στρόβιλο σε πίεση 10 MPa και θερμοκρασία 600 °C. Στην έξοδο του στροβίλου η πίεση είναι 0.01 MPa. Να υπολογιστεί η θερμική απόδοση του στροβίλου εάν η ισεντροπική του απόδοση είναι 80% και ο ρυθμός παροχής μάζας είναι 110 Kg/min.

Δεδομένα

Σε όλες τις περιπτώσεις ο αέρας να θεωρηθεί ιδανικό αέριο με σταθερά $R=0.287$ kPa.m³/kg.K και $\gamma=5/3$.

Κορεσμένο νερό

P(kPa)	T _{sat} (°C)	v _f (m ³ /kg)	v _g (m ³ /kg)	h _f (kJ/kg)	h _g (kJ/kg)	s _f (kJ/kg.K)	s _g (kJ/kg.K)
10	45.81	0.001	14.7	191.8	2583.9	0.65	8.15
100	99.61	0.001	1.70	417.5	2675	1.30	7.35
1000	179.88	0.0011	0.19	762.5	2777	2.138	6.58
10,000	311	0.0014	0.018	1408	2725	3.36	5.62

Υπέρθερμο νερό

P(MPa)	T(°C)	h(kJ/kg)	u(kJ/kg)	v(m ³ /kg)	s(kJ/kg.K)
10	400	3097	2833	0.026	6.42
10	600	3625	3242	0.038	6.90
10	800	4114	3628	0.048	7.40

Διάρκεια εξέτασης 2.5 ώρες

Καλή επιτυχία

ΘΕΜΑ 1

Για νερόν $100 \text{ kPa} \rightarrow T_{\text{sat}} = 99.61^\circ\text{C}$

$$T < T_{\text{sat}}$$

$$V_f = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{V_f} = \frac{100 \text{ m}^3/\text{hr}}{0.001 \text{ m}^3/\text{kg}} = 100000 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \approx 27.8 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{E}_{\text{in}} = \dot{E}_{\text{out}}$$

$$\dot{m} h_1 = \dot{m} h_2 + \dot{Q}_{\text{out}}$$

$$\dot{Q}_{\text{out}} = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

$$\begin{aligned} \text{Πιν. A-17} \left\{ \begin{aligned} h_2 &= h_{@22^\circ\text{C}} = h_{@295\text{K}} = 295.17 \text{ kJ/kg} \\ h_1 &= h_{@7^\circ\text{C}} = h_{@280\text{K}} = 280.13 \text{ kJ/kg} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Ο ρυθμός απώλειών ενέργειας θα είναι:

$$\dot{Q}_{\text{out}} = 418.112 \text{ kW}$$

ΘΕΜΑ 2

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$P_1 = 1000 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 1 \text{ m}^3$$

$$P = \frac{1000}{V^2} \quad (P: \text{kPa}, V: \text{m}^3)$$

$$V_2 = 5 \text{ m}^3$$

$$a) W_{1-2} = \int_1^2 P dV = \int_1^2 \frac{1000}{V^2} dV \Rightarrow$$

$$W_{1-2} = 1000 \int_1^2 \frac{dV}{V^2} = 1000 \frac{V_2^{1-2} - V_1^{1-2}}{1-2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-2}$$

$$P_2 = \frac{1000}{V_2^2} = 40 \text{ kPa}$$

$$W_{1-2} = \frac{(40 \text{ kPa})(5 \text{ m}^3) - (1000 \text{ kPa})(1 \text{ m}^3)}{-1} = 800 \text{ kJ}$$

β) Θέλουμε τον αέρα σαν ιδίο αέριο ($PV = mRT$)

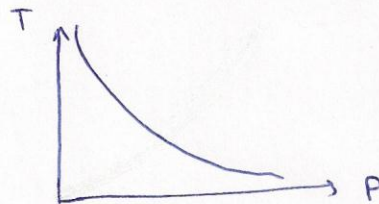
$$P = \frac{1000}{V^2} \Rightarrow V^2 = \frac{1000}{P} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{1000}{P}}$$

$$P \sqrt{\frac{1000}{P}} = mRT \Rightarrow P \frac{\sqrt{1000}}{P^{\frac{1}{2}}} = mRT$$

$$P \cdot P^{-\frac{1}{2}} \sqrt{1000} = mRT \Rightarrow P^{\frac{1}{2}} = \frac{mR}{\sqrt{1000}} T$$

$$P = 0.00824 T^2$$

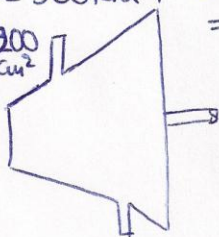
$$\gamma) Q = W = 800 \text{ kJ}$$



ΘΕΜΑ 3

$$P_1 = 300 \text{ kPa}, T_1 = 50^\circ\text{C}, V_1 = 50 \text{ m/s}$$

$$A_1 = 200 \text{ cm}^2$$



$$P_2 = 330 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 14^\circ\text{C} = 287 \text{ K}$$

$$V_2 = 130 \text{ m/s}$$

$$\dot{W}_{\text{out}} = 100 \text{ kW}$$

a)

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(0.287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}})(323 \text{ K})}{300 \text{ kPa}} = 0.309 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = \frac{1}{v_1} A_1 V_1 = \frac{1}{0.309 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} (200 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2) (50 \text{ m/s})$$

$$\dot{m} = 3.236 \text{ kg/s}$$

$$\text{b) } \Delta e_{\text{kin}} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} = \frac{(130 \text{ m/s})^2 - (50 \text{ m/s})^2}{2} \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right)$$

$$\Delta e_{\text{kin}} = 7.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Για να υπολογίσουμε σε Watt ποσότητα παροχής με την παροχή μάζας:

$$\Delta e_{\text{kin}} (\text{W}) = 7.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times 3.236 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 23.2992 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$= 23.2992 \text{ kW} = 23299.2 \text{ W}$$

γ) $\dot{Q} \approx 0$ Στους στροβίλους η μεταφορά θερμότητας είναι αμελητέα σε σχέση με το έργο της αντράκτου.

ΘΕΜΑ 4

$$\eta_T = 0.8$$

$$\dot{m} = 110 \text{ kg/min} = \frac{110}{60} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 1.83 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\eta_T = \frac{W_a}{W_s} \approx \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}}$$

$$P_1 = 10 \text{ MPa}$$

$$P_2 = 0.01 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 600^\circ\text{C}$$

$$\text{Κατάσταση 1: } \left. \begin{array}{l} P_1 = 10 \text{ MPa} \\ T_1 = 600^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 3625 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 6.90 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\text{Κατάσταση 2a: } P_{2a} = 0.01 \text{ MPa}$$

$$\text{Κατάσταση 2s: } \left. \begin{array}{l} P_{2s} = 0.01 \text{ MPa} \\ (s_{2s} = s_1) \end{array} \right\} \begin{array}{l} s_f = 0.65 \text{ kJ/kgK} \\ s_g = 8.15 \text{ kJ/kgK} \\ h_f = 191.8 \text{ kJ/kg}, h_g = 2583.9 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$s_{fg} = s_g - s_f = 7.5 \text{ kJ/kgK}, h_{fg} = h_g - h_f = 2392.1 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{2s} = s_f + x_{2s} s_{fg} \Rightarrow x_{2s} = \frac{s_{2s} - s_f}{s_{fg}} \Rightarrow x_{2s} = 0.833$$

$$h_{2s} = h_f + x_{2s} h_{fg} \Rightarrow h_{2s} = 2184.4 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_T = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}} \Rightarrow h_{2a} = h_1 - \eta_T (h_1 - h_{2s}) \Rightarrow$$

$$h_{2a} = 2472.52 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

$$\dot{m}h_1 = \dot{W}_{a,out} + \dot{m}h_{2a}$$

$$\dot{W}_{a,out} = \dot{m}(h_1 - h_{2a}) = 1.83 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left(3625 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2478.52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$\dot{W}_{a,out} = 2109.0384 \text{ kW} \quad \text{ισχύς στροβίλου}$$

$$\eta_{th} = \frac{\text{ισχύς στροβίλου } (\dot{W}_{a,out})}{\text{ολική θερμότητα που παρέχεται } (\dot{q}_{in})}$$

$$\dot{q}_{in} = \dot{m}h_1 = 6633.75 \text{ kW}$$

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{a,out}}{\dot{q}_{in}} = 0.318 \quad \text{ή} \quad 31.8\%$$