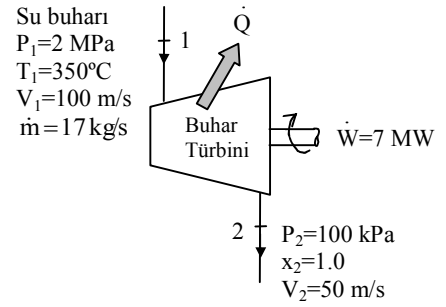
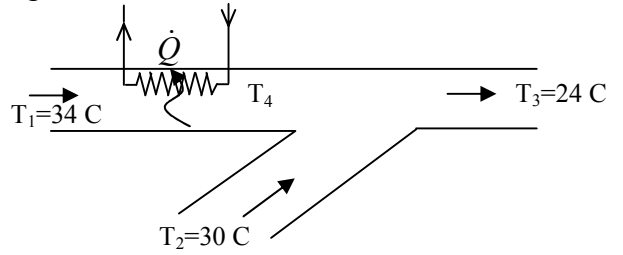


Soru 1-) Su buharı sürekli akışlı bir türbine 2 MPa basınç, 350°C sıcaklık ve 100 m/s hızla girmekte, 100 kPa basınçta doymuş buhar olarak 50 m/s hızla çıkmaktadır. Türbinin giriş kısmı, çıkış kısmından 3 m daha yüksektir. Buharın kütle debisi 17 kg/s ve türbinde üretilen güç 7 MW'dır. **(a)** Türbin giriş kesit alanını, **(b)** entalpi değişimini, kinetik enerji ve potansiyel enerji değişimlerini (kJ/kg), **(c)** çevreye birim zamanda olan ısı geçişini (kW) hesaplayınız. (Yer çekimi ivmesini 9.81 m/s² alınız.)



Soru 2-) Bir iklimlendirme sisteminde 34 C sıcaklıkta ve 1.25 kg/s debisindeki hava soğutulduktan sonra başka kanaldan gelen 30 C sıcaklıktaki hava ile karıştırılarak 24 C sıcaklıkta ve 2 kg/s debide kullanım yerine gönderilmektedir. Bütün hava girişleri 110 kPa basınçta olup soğutma ve karışmada meydana gelen basınç düşüşü ihmal edilebilir. **(a)** havadan çekilen ısı miktarını ve soğutucu çıkışındaki hava sıcaklığını (T₄) hesaplayın, **(b)** havadan çekilebilecek ısı miktarı 20 kW olduğuna göre debiler ve diğer hava sıcaklıkları (T₁ ve T₃) aynı kalırken 2. koldan gelen karıştırma havası sıcaklığının en yüksek değeri nedir? **(c)** çıkış kanal boyutu 0.6 m x 0.4 m olduğuna göre çıkış kanalındaki ortalama hava hızını hesaplayın.



Soru 3-) Bir piston silindir sistemi içinde bulunan hava politropik bir hal değişimiyle $Pv^{1.3} = \text{sabit}$ $P_1=100$ kPa basınç ve $T_1=22^\circ\text{C}$ sıcaklıktan $P_2=500$ kPa basınca sıkıştırılmaktadır. Hava mükemmel gaz ve özgül ısılar sabit kabul edilebilir.

- (a)** Hal değişimi sonunda özgül hacmi ve sıcaklığı hesaplayınız,
(b) Hal değişimi sırasında birim kütle başına iş ve ısı alışverişlerini hesaplayınız ve yönlerini belirleyiniz.
(c) Son haldeki şartlarda havanın mükemmel gaz kabul edilip edilemeyeceğinin analizini yapınız.

Soru 4-) İki çok iyi yalıtılmış bir A tankı ile 0.3 m³ hacmindeki B tankı bir vana ile birbirine bağlıdır. Başlangıçta vana kapalı olup, A tankında 300 kPa basınç, 200 C şartlarında su buharı, B tankında 800 kPa basınç, 0.95 kuruluk derecesinde doymuş sıvı-buhar karışımı su bulunmaktadır. Daha sonra vana açılmakta ve bir süre sonra her iki tank içindeki madde kızgın buhar fazında dengeye gelmekte ve basıncı 400 kPa olmaktadır. Son haldeki sıcaklığı ve A tankının hacmini bulunuz. (Not: İterasyonun gerekli olması durumunda en fazla bir defa iterasyon yaparak çözüm yöntemini gösteriniz.)

Süre : 120 dakika / Ders notları ve kitaplar kapalıdır. Sınavda kullanılacak Tablolar size verilecektir.

B A Ş A R I L A R

Bölüm 1-2: $v = V / m = 1 / \rho$, $\bar{v} = V / n$, $m = Mn$, $E = U + \frac{1}{2} m |\mathbf{V}|^2 + mgz = me$, $h = u + Pv$, $x = \frac{m_g}{m}$, $v = v_f + x(v_g - v_f)$

$$Z = Pv / RT, P_R = P / P_{kr}, T_R = T / T_{kr}$$

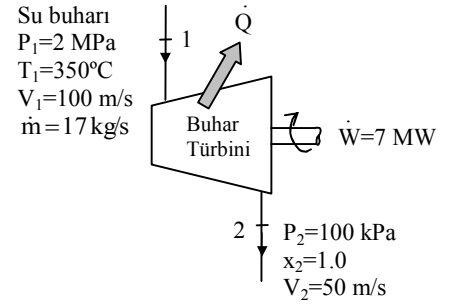
Bölüm 3 : $W_e = VI\Delta t$, $W = \int_1^2 P dV$, $W = \int_1^2 P_K dV$, $W_{yay} = \frac{1}{2} k_{yay} (x_2^2 - x_1^2)$, $Pv^n = \text{sabit} \rightarrow W = \int_1^2 P(V) dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n}$,

$$dE = \delta Q - \delta W, E_2 - E_1 = Q_{12} - W_{12}, c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v, c_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p, \Delta u = u_2 - u_1 = \int_1^2 c_v(T) dT \quad (\cong c_{vo} (T_2 - T_1)),$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \int_1^2 c_p(T) dT \quad (\cong c_{po} (T_2 - T_1)), c_{po} = c_{vo} + R, k = c_{po} / c_{vo}$$

Bölüm 4 : $\dot{m} = \rho AV = \frac{AV}{v} = \rho \dot{V}$, $\left(\frac{dm}{dt} \right)_{KH} + \sum_{CIKAN} \dot{m} - \sum_{GIREN} \dot{m} = 0$, $\left(\frac{dE}{dt} \right)_{KH} + \sum_{CIKAN} \dot{m}(e + Pv) - \sum_{GIREN} \dot{m}(e + Pv) = \dot{Q} - \dot{W}$

Soru 1-) Su buharı sürekli akışlı bir türbine 2 MPa basınç, 350°C sıcaklık ve 100 m/s hızla girmekte, 100 kPa basınçta doymuş buhar olarak 50 m/s hızla çıkmaktadır. Türbinin giriş kısmı, çıkış kısmından 3 m daha yüksektedir. Buharın kütle debisi 17 kg/s ve türbinde üretilen güç 7 MW'dır. **(a)** Türbin giriş kesit alanını, **(b)** entalpi değişimini, kinetik enerji ve potansiyel enerji değişimlerini (kJ/kg), **(c)** çevreye birim zamanda olan ısı geçişini (kW) hesaplayınız. (Yer çekimi ivmesini 9.81 m/s² alınız.)



Çözüm:

Açık sistem : Buhar Türbini (SASA)

Giriş hali : $P_1=2 \text{ MPa}$, $T_1=350^\circ\text{C}$, $V_1=100 \text{ m/s}$

Çıkış hali : $P_2=100 \text{ kPa}$, $x_2=1.0$, $V_2=50 \text{ m/s}$

Su buharı tablolarından,

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 2 \text{ MPa} \\ T_1 = 350^\circ\text{C} \end{array} \right\} v_1 = 0.13860 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad h_1 = 3137.7 \text{ kJ/kg} \quad (\text{kızgın buhar})$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 100 \text{ kPa} \\ x_2 = 1.0 \end{array} \right\} h_2 = h_{g,100\text{kPa}} = 2675 \text{ kJ/kg} \quad (\text{doymuş buhar})$$

a) Bir giriş ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için kütle korunumu $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Türbin giriş kesit alanı:

$$\dot{m}_1 = \frac{V_1 A_1}{v_1} \Rightarrow A_1 = \frac{\dot{m} v_1}{V_1} = \frac{17 \times 0.13860}{100} = 0.02356 \text{ m}^2$$

b) Entalpi değişimi

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 2675 - 3137.7 = -462.7 \text{ kJ/kg}$$

Kinetik enerji değişimi

$$\Delta ke = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{(50^2 - 100^2)}{2} \times 10^{-3} = -3.75 \text{ kJ/kg}$$

$z_1 - z_2 = 3 \text{ m}$ olduğundan

Potansiyel enerji değişimi

$$\Delta pe = g(z_2 - z_1) = 9.81 \times (-3) \times 10^{-3} = -0.03 \text{ kJ/kg}$$

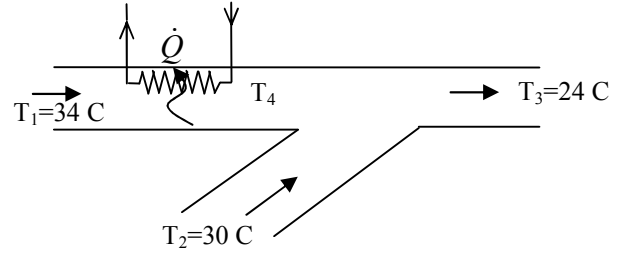
c) Bir giriş ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistem için enerjinin korunumu

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}(\Delta h + \Delta ke + \Delta pe)$$

$$\dot{Q} = \dot{W} + \dot{m}(\Delta h + \Delta ke + \Delta pe)$$

$$\dot{Q} = 7000 + 17 \times (-462.7 - 3.75 - 0.03) = -930 \text{ kW}$$

Soru 2-) Bir iklimlendirme sisteminde 34 C sıcaklıkta ve 1.25 kg/s debisindeki hava soğutulduktan sonra başka kanaldan gelen 30 C sıcaklıktaki hava ile karıştırılarak 24 C sıcaklıkta ve 2 kg/s debide kullanım yerine gönderilmektedir. Bütün hava girişleri 110 kPa basınçta olup soğutma ve karışmada meydana gelen basınç düşüşü ihmal edilebilir. (a) havadan çekilen ısı miktarını ve soğutucu çıkışındaki hava sıcaklığını (T_4) hesaplayın, (b) havadan çekilebilecek ısı miktarı 20 kW olduğuna göre debiler ve diğer hava sıcaklıkları (T_1 ve T_3) aynı kalırken 2. koldan gelen karıştırma hava sıcaklığının en yüksek değeri nedir? (c) çıkış kanal boyutu 0.6 m x 0.4 m olduğuna göre çıkış kanalındaki ortalama hava hızını hesaplayın.



Çözüm:

Kontrol hacmi: soğutma ünitesi ile birlikte karışım bölgesi (SASA)

Giriş halleri: $T_1=34$ C, $T_2=30$ C

Çıkış hali: $T_3=24$ C

1-2 dengesiz hal değişimi

Hava MG kabul edilsin

Özgül ısılar sabit alınabilir

Kütlenin korunumu $\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 \rightarrow \dot{m}_2 = 2 - 1.25 = 0.75$ kg / s

Termo. 1. yasa

$$\dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_2 h_2 = \dot{Q} \rightarrow \dot{Q} = \dot{m}_1 (h_3 - h_1) + \dot{m}_2 (h_3 - h_2) = \dot{m}_1 c_{po} (T_3 - T_1) + \dot{m}_2 c_{po} (T_3 - T_2)$$

$$\dot{Q} = 1.005[1.25(24 - 34) + 0.75(24 - 30)] = -17.085 \text{ kW}$$

Kontrol hacmi olarak soğutucu ünite alınırsa 1. yasa

$$\dot{Q} = \dot{m}_1 (h_4 - h_1) = \dot{m}_1 c_{po} (T_4 - T_1) \rightarrow T_4 = T_1 + \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_1 c_{po}} = 34 + \frac{-17.085}{(1.25)(1.005)} = 20.4^\circ \text{ C}$$

$$(b) \dot{Q} = \dot{m}_1 c_{po} (T_3 - T_1) + \dot{m}_2 c_{po} (T_3 - T_2) \rightarrow T_2 = T_3 + \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} (T_3 - T_1) - \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_2 c_{po}}$$

$$T_2 = 24 + \frac{1.25}{0.75} (24 - 34) - \frac{-20}{(0.75)(1.005)} = 33.87^\circ \text{ C}$$

$$(c) v_3 = \frac{RT_3}{P_3} = \frac{0.287 \times (24 + 273.15)}{110} = 0.7753 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$V_3 = \dot{m}_3 v_3 / A = \frac{(2)(0.7753)}{(0.6)(0.4)} = 6.461 \text{ m / s}$$

Soru 3-) Bir piston silindir sistemi içinde bulunan hava politropik bir hal değişimiyle $Pv^{1.3} = \text{sabit}$ $P_1=100$ kPa basınç ve $T_1=22^\circ\text{C}$ sıcaklıktan $P_2=500$ kPa basınca sıkıştırılmaktadır. Hava mükemmel gaz ve özgül ısılar sabit kabul edilebilir.

- Hal değişimi sonunda özgül hacmi ve sıcaklığı hesaplayınız,
- Hal değişimi sırasında birim kütle başına iş ve ısı alışverişlerini hesaplayınız ve yönlerini belirleyiniz.
- Son haldeki şartlarda havanın mükemmel gaz kabul edilip edilemeyeceğinin analizini yapınız.

Çözüm:

Sistem (Kontrol kütlesi) : PS içindeki hava kütlesi

İlk hal : $P_1=100$ kPa, $T_1=22^\circ\text{C}$

Son hal: $P_2=500$ kPa

1-2 Politropik hal değişimi-Sanki dengeli hal değişimi

Hava MG ve özgül ısılar sabit $R=0.287$ kJ/kgK, $c_v=0.718$ kJ/kgK, $c_p=1.005$ kJ/kgK

$$P_1 v_1 = RT_1 \quad v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.287 \times 295}{100} = 0.8467 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_1 v_1^{1.3} = P_2 v_2^{1.3} \quad 100(0.8467)^{1.3} = 500 v_2^{1.3} \quad v_2 = 0.2455 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_2 v_2 = RT_2 \quad T_2 = \frac{P_2 v_2}{R} = \frac{500 \times 0.2455}{0.287} = 427.7 \text{ K}$$

Politropik hal değişimi için $Pv^n = C$

$$w = \int_1^2 P dv = \int_1^2 \frac{C}{v^n} dv = C \left[\frac{v^{1-n}}{1-n} \right]_1^2 = C \frac{v_2^{1-n} - v_1^{1-n}}{1-n} = \frac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n}$$

$$w = \frac{500 \times 0.2455 - 100 \times 0.8467}{1 - 1.3} = -126.93 \text{ kJ/kg} \quad \text{Sistem üzerinde iş yapılmıştır.}$$

Kapalı sistem için 1. Yasa,

$$q - w = \Delta u$$

$$q = w + (u_2 - u_1) = w + C_v(T_2 - T_1) = -126.93 + 0.718(427.7 - 295)$$

$$q = -31.65 \text{ kJ/kg} \quad \text{Sistemden çevreye ısı geçişi olmuştur.}$$

(c) Hava için $P_{kr}=3.77$ MPa, $T_{kr}=132.5$ K

$$P_{R1} = \frac{500}{3770} = 0.1326, \quad T_{R1} = \frac{427.7}{132.5} = 3.2279 \rightarrow Z_1 \cong 1 \quad \text{olduğu için bu halde hava MG alınabilir}$$

Soru 4-) İki çok iyi yalıtılmış bir A tankı ile 0.3 m^3 hacmindeki B tankı bir vana ile birbirine bağlıdır. Başlangıçta vana kapalı olup, A tankında 300 kPa basınç, 200 C şartlarında su buharı, B tankında 800 kPa basınç, 0.95 kuruluk derecesinde doymuş sıvı-buhar karışımı su bulunmaktadır. Daha sonra vana açılmakta ve bir süre sonra her iki tank içindeki madde kızgın buhar fazında dengeye gelmekte ve basıncı 400 kPa olmaktadır. Son haldeki sıcaklığı ve A tankının hacmini bulunuz. (Not: İterasyonun gerekli olması durumunda en fazla bir defa iterasyon yaparak çözüm yöntemini gösteriniz.)

Çözüm :

Kapalı sistem : A ve B tanklarındaki su

İlk hal (A) $P_{1A}=300 \text{ kPa}$, $T_{1A}=200 \text{ C}$

$P_{1B}=800 \text{ kPa}$, $x_{1B}=0.95$, $V_B=0.03 \text{ m}^3$

Son hal $P_2=400 \text{ kPa}$

12 Dengesiz hal değişimi

$$\left. \begin{array}{l} P_{1A} = 300 \text{ kPa} \\ T_{1A} = 200 \text{ C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_{1A} = 0.71643 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_{1A} = 2651 \text{ kJ/kg} \end{array} \quad \text{ve} \quad \left. \begin{array}{l} P_{1B} = 800 \text{ kPa} \\ x_{1B} = 0.95 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_f = 0.001115 \quad v_g = 0.24035 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_f = 719.97 \quad u_{fg} = 1856.1 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$v_{1B} = v_f + x_{1B}(v_g - v_f) = 0.001115 + (0.95)(0.24035 - 0.001115) = 0.228388 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_{1B} = u_f + x_{1B}u_{fg} = 719.97 + (0.95)(1856.1) = 2483.265 \text{ kJ/kg}$$

$$m_B = V_B / v_{1B} = 0.3 / 0.228388 = 1.313551 \text{ kg}$$

Termo 1. Yasa $W_{12} = 0$, $\Delta KE = 0$, $\Delta PE = 0$, $Q_{12} = 0$ olduğundan

$$mu_2 - (m_A u_{1A} + m_B u_{1B}) = 0 \quad \text{ve} \quad m = m_A + m_B \rightarrow \frac{V_A + V_B}{v_2} = \frac{V_A}{v_{1A}} + \frac{V_B}{v_{1B}} \rightarrow \frac{V_A}{v_{1A}} \left(\frac{v_{1A}}{v_2} - 1 \right) = \frac{V_B}{v_{1B}} \left(1 - \frac{v_{1B}}{v_2} \right)$$

$$m_A = m_B \frac{\left(1 - \frac{v_{1B}}{v_2} \right)}{\left(\frac{v_{1A}}{v_2} - 1 \right)} \quad \text{ve} \quad m_A(u_2 - u_{1A}) + m_B(u_2 - u_{1B}) = 0 \quad \text{olup} \quad \frac{\left(1 - \frac{v_{1B}}{v_2} \right)}{\left(\frac{v_{1A}}{v_2} - 1 \right)} (u_2 - u_{1A}) + (u_2 - u_{1B}) = 0$$

denklemi bulunur. Son hal için ayrıca $P_2=400 \text{ kPa}$ ve kızgın buhar olduğu verilmiştir. Buna göre deneme yanılma yoluyla

1. İterasyon

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 400 \text{ kPa} \\ T_2 = 150 \text{ C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_2 = 0.47088 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_2 = 2564.4 \text{ kJ/kg} \end{array} \rightarrow \frac{1 - \frac{0.228388}{0.42088}}{\frac{0.71643}{0.42088} - 1} (2564.4 - 2651) + (2564.4 - 2483.265) = -5.762 \neq 0$$

2. İterasyon

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 400 \text{ kPa} \\ T_2 = 200 \text{ C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_2 = 0.53434 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_2 = 2647.2 \text{ kJ/kg} \end{array} \rightarrow \frac{1 - \frac{0.228388}{0.53434}}{\frac{0.71643}{0.53434} - 1} (2647.2 - 2651) + (2647.2 - 2483.265) = +206.95 \neq 0$$

olduğundan son hal 150 C ve 200 C arasındadır.

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 400 \text{ kPa} \\ T_2 = 151.35 \text{ C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_2 = 0.4726 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_2 = 2566.643 \text{ kJ/kg} \end{array} \rightarrow \frac{1 - \frac{0.228388}{0.4726}}{\frac{0.71643}{0.4726} - 1} (2566.643 - 2651) + (2566.643 - 2483.265) = -1.46 \neq 0$$

bulunur. Bu sonuca göre

$$m_A = m_B \frac{\left(1 - \frac{v_{1B}}{v_2} \right)}{\left(\frac{v_{1A}}{v_2} - 1 \right)} \cong 1.313551 \frac{1 - \frac{0.228388}{0.4726}}{\frac{0.71643}{0.4726} - 1} = 1.3156 \text{ kg} = \frac{V_A}{v_{1A}} \rightarrow V_A \cong 0.9425 \text{ m}^3$$