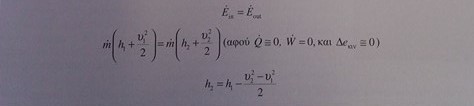
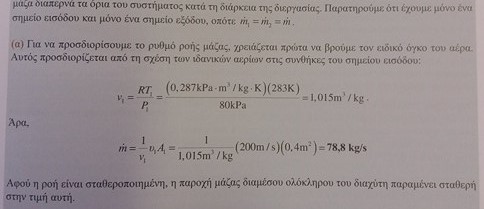
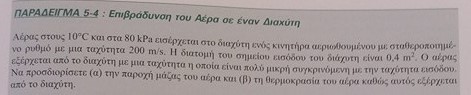
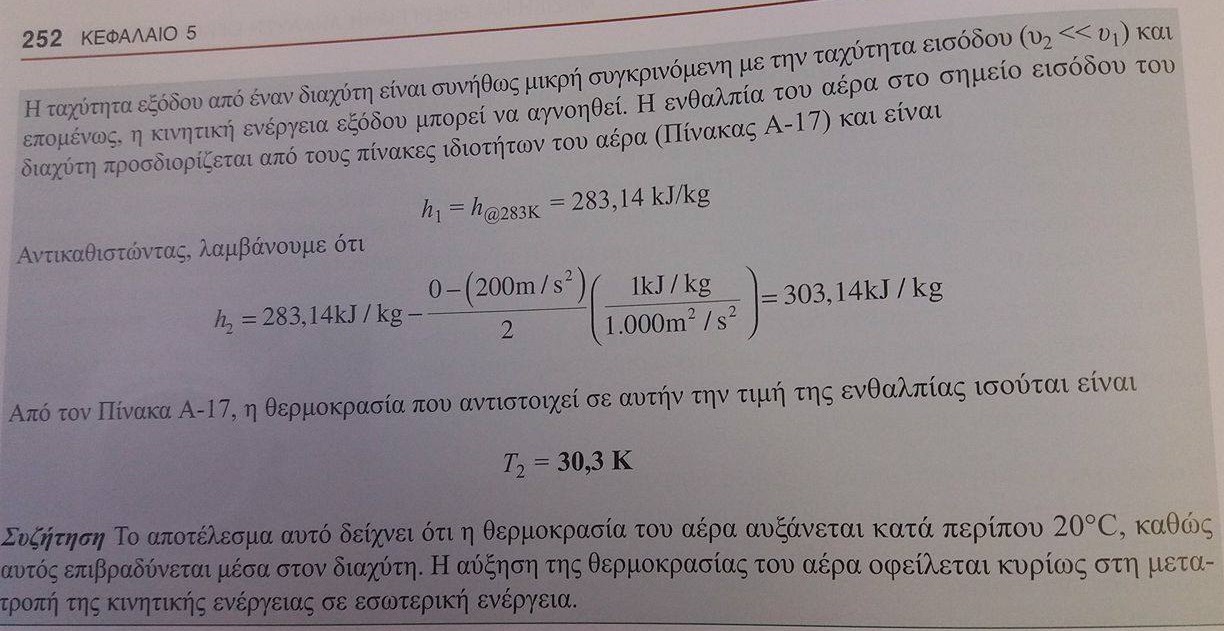
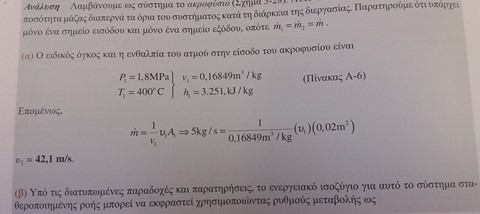
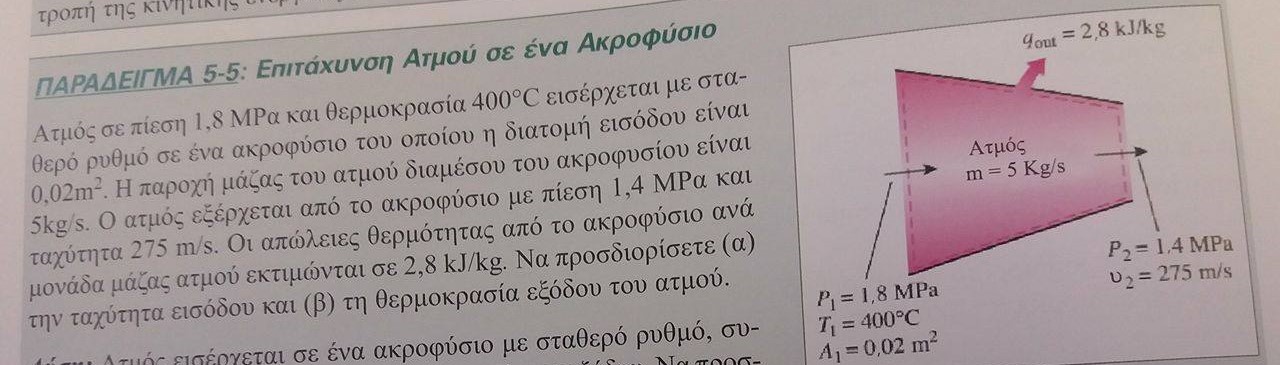
ΣΕ ΟΠΟΙΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ Η ΛΥΣΗ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕ ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ, ΕΙΝΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ. ΔΕΝ ΧΡΙΕΑΖΕΤΑΙ ΝΑ ΑΝΑΠΑΡΑΓΕΤΕ ΤΟ ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑ ΤΕΣΤ



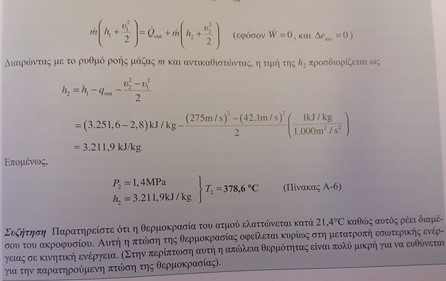


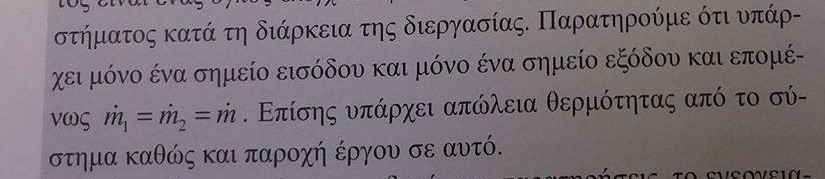
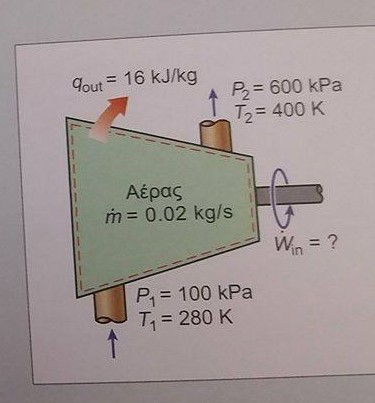
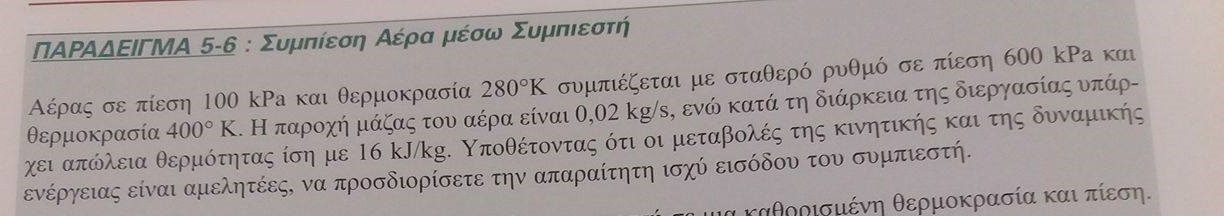
Παράδειγμα 5.4 (μονάδες).

Μετατροπή μονάδων Joule σε kJ:



Q’ – W’ = m’(h2 – h1 + (v22 – v12)/2) ⬄





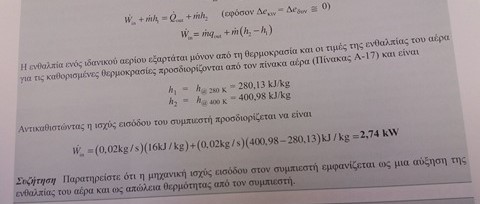
Q’ – W’ = m’(h2 – h1) ⬄ W’ = Q’ – m’(h2 – h1) = (-16 kJ/kg)\*(0,02 kg/s) – (0,02 kg/s)\*[(400,98 kJ/kg) – (280,13 kJ/kg)] =

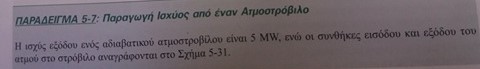
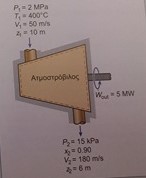
= (-0,32 kJ/sec) - (2,417 kJ/sec) = -2,737 kJ/s = -2,737 kW

\* η τιμή της θερμότητας (Q’) είναι αρνητική, γιατί είναι θερμότητα που φεύγει από το σύστημα (σύστημα θεωρείται ο αέρας, στον όγκο ελέγχου του συμπιεστή)

\* η τιμή του έργου (W’) βρίσκεται αρνητική, γιατί είναι έργο που δίνουμε εμείς στο σύστημα (στον αέρα του συμπιεστή)

\* τις τιμές h1 και h2, τις παίρνουμε από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα, αφού είναι δεδομένες οι θερμοκρασίες Τ1 και Τ2.



C:\Users\user\Desktop\57a.jpg

1ος Νόμος Q’ – W’ = m’(h2 – h1 + Δeκιν + Δeδυν) (1)

(Δeκιν = (v22 – v12)/2 και Δeδυν = g(z2 – z1))

Για απώλειες θερμότητας από τον στρόβιλο, δεν υπάρχει δεδομένο, άρα τον θεωρούμε αδιαβατικό, δηλαδή Q’= 0 kJ/s.

Για την Κατάσταση 1, από τον Πίνακα Κορεσμένου Νερού βλέπουμε ότι στα 2 MPa η θερμοκρασία ισορροπίας είναι 212,38 oC, άρα ο ατμός μας, που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία, για αυτή την πίεση), είναι στην είσοδο του στροβίλου, ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΣ. Από τον Πίνακα Υπέρθερμου Υδρατμού, βρίσκουμε h1 = 3248,4 kJ/kg.

Στην έξοδο του στροβίλου, έχουμε δεδομένο ποιότητας x, οπότε θα έχουμε κορεσμένο μίγμα ατμού/νερού σε P2 = 15 kPa:

h2f@15 kPa = 225,94 kJ/kg h2g@15 kPa = 2598,3 kJ/kg

h2 = x\*h2g + (1-x)\*h2f = 0,90\*2598,3+(1-0,9)\*225,94 = 2361,1 kJ/kg

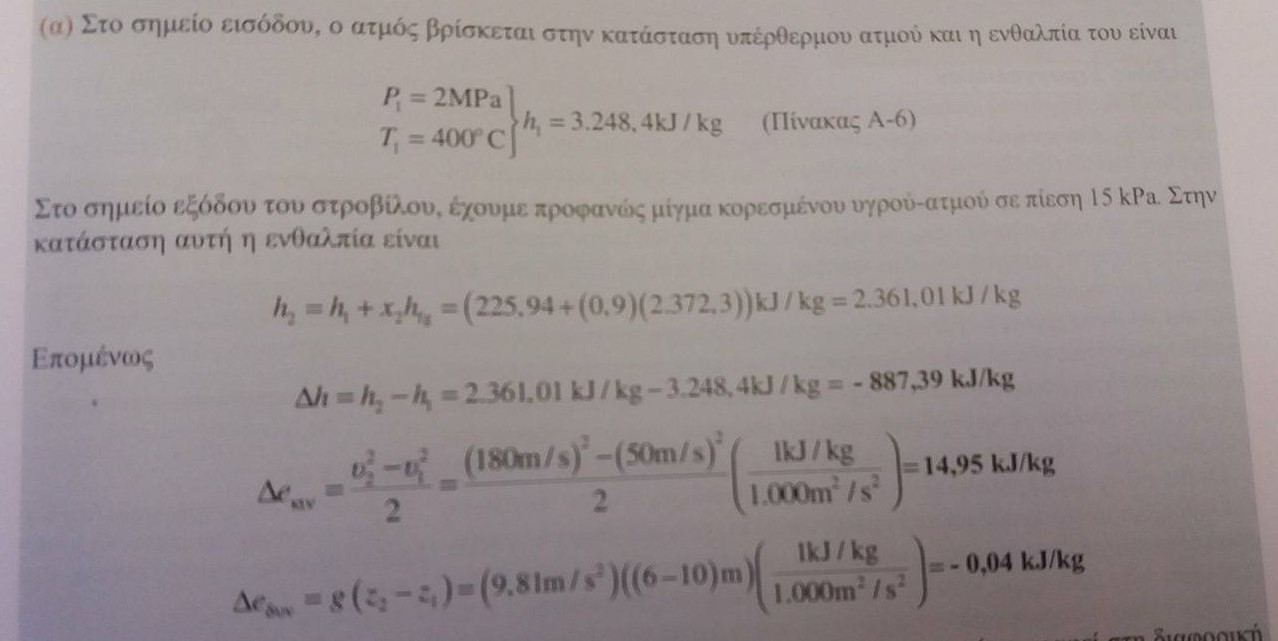
Δh = h2 – h1 = 2361,1 – 3248,4 = -887,3 kJ/kg

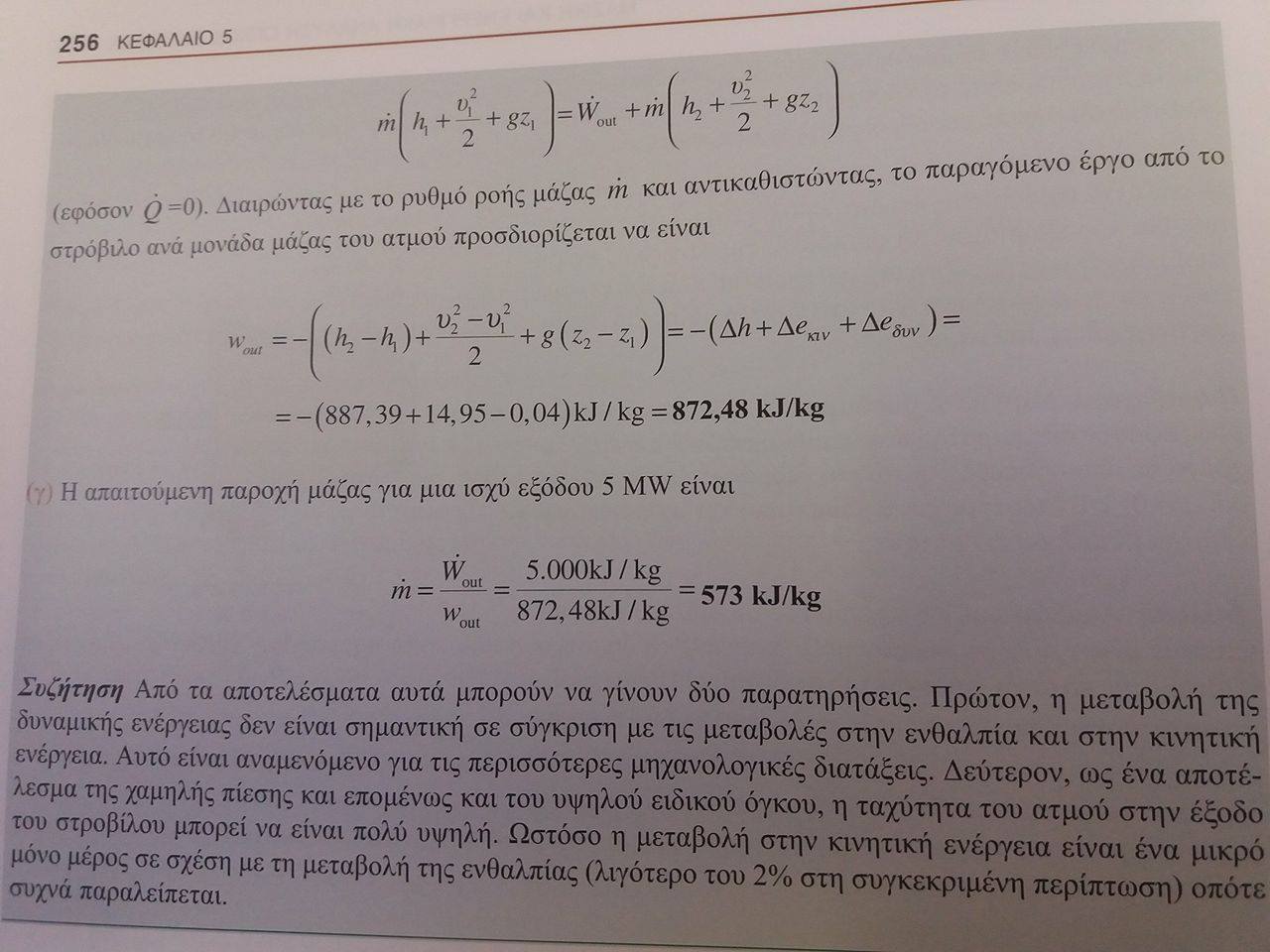
= 14950 J/kg = 14,95 kJ/kg

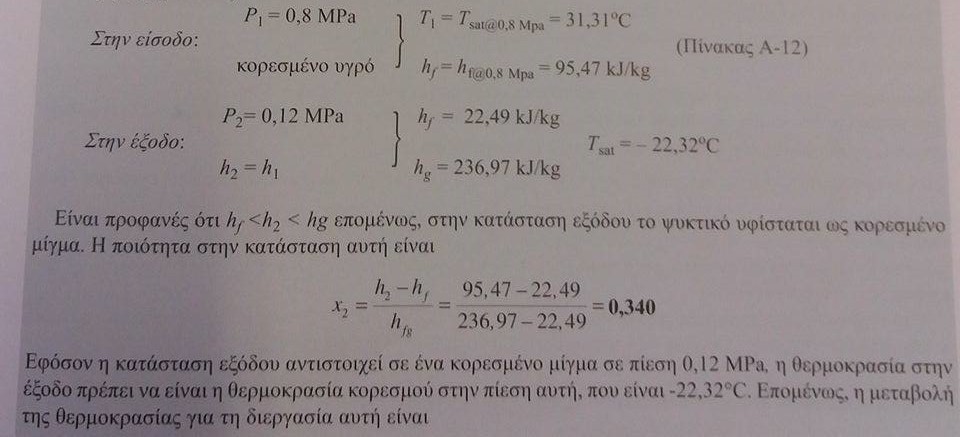
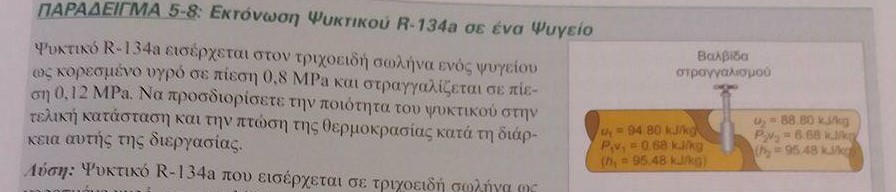
ΔΕδυν = (10 m/s2)\*(6 m -10 m) = -40 m2/s2 = - 40 J/kg = -0,04 kJ/kg

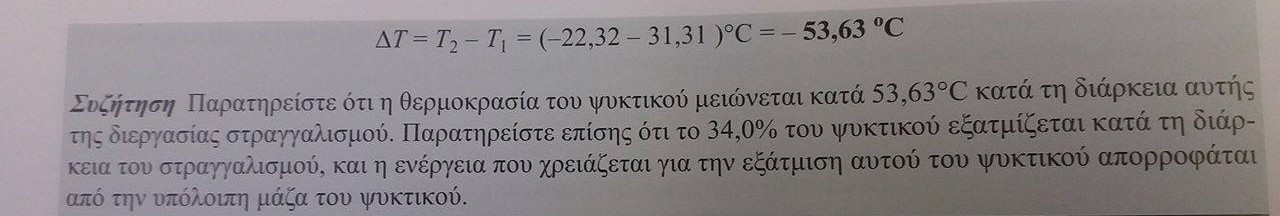
1. –W’ = m’(2361,1 – 3248,4 + 14,95 – 0,04) = m’(-887,3+14,95-0,04) ⬄ m’ = (-5000 kJ/s)/(-872,4) ⬄

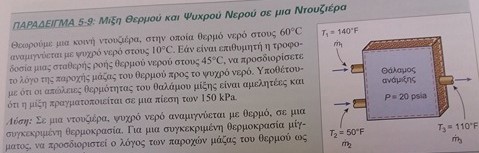
⬄ m’ = 5,73 kg/s





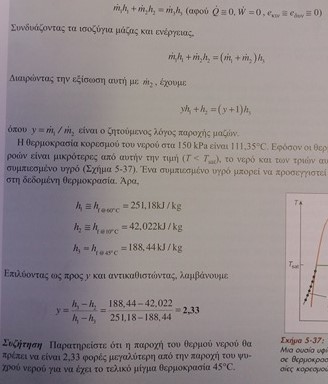


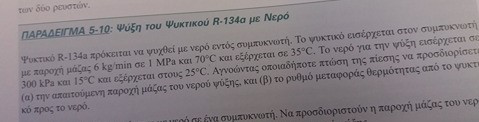
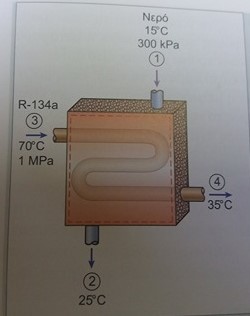




Ισοζύγιο μάζας: m’1 + m’2 = m’3 [kg/s]

Ισοζύγιο ενέργειας (1ος Νόμος):





Θερμότητα που παίρνει το ρεύμα νερού (από τον 1ο Νόμο)

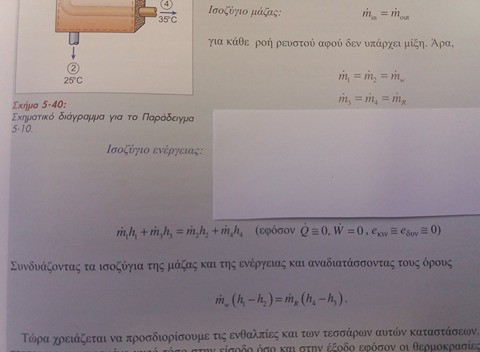
Qw’ – W’ = mw’(h2 – h1) ⬄Qw’ = mw’(h2 – h1)

Θερμότητα που χάνει το ρεύμα ψυκτικού (από τον 1ο Νόμο)

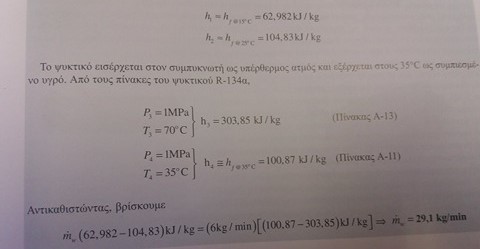
QR’ – W’ = mR’(h4 – h3) ⬄QR’ = mR’(h4 – h3)

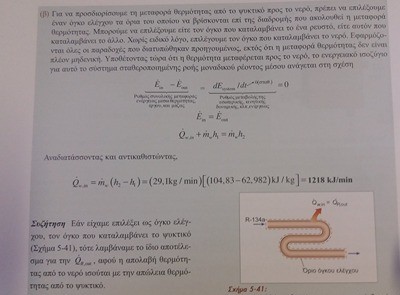
Αλλά η θερμότητα που παίρνει το νερό είναι ίση με τη θερμότητα που χάνει το ψυκτικό, δηλαδή:

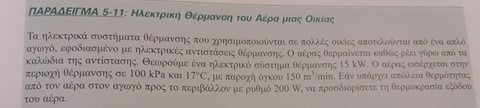
Qw’ = QR’ ⬄ **mw’**(h2 – h1) = mR’(h4 – h3)



**Το συμπιεσμένο υγρό (είτε νερό είτε ψυκτικό) έχει τις ίδιες ιδιότητες (ειδικό όγκο, ειδική ενθαλπία, ειδική εσωτερική ενέργεια κλπ) με το κορεσμένο υγρό ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.**







1ος Νόμος: Q – W = m’(h2-h1) kJ/s

Τα h2 και h1 θα τα πάρουμε από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα (Α17) και θα έχουν μονάδες kJ/kg. Οπότε πρέπει να υπολογιτεί η μαζική παροχή του αέρα m’ από την ογκομετρική του παροχή V’ = (150 m3/min)\*(1min/60sec) = 2,5 m3/sec. Για τον υπολογισμό αυτό χρειαζόμαστε τον ειδικό όγκο του αέρα στη θερμοκρασία και την πίεση της εισόδου του στον αγωγό:

v = RT1/P1 = (0,287 kJ/kgK)\*(290 K)/(290 kPa) = 0,832 m3/kg

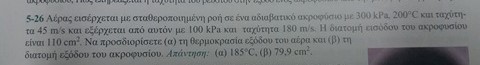
Οπότε η μαζική παροχή είναι: m’ = V’/v = (2,5 m3/sec)/(0,832 m3/kg) = 3,0 kg/s

Από τον 1ο Νόμο:

[(-200 W)\*(1 kW/1000 W)] – (-15 kW) = (3,0 kg/s)\*(h2 – 290,16 kj/kg) ⬄ h2 = 290,16 + 4,93 = 295,09 kJ/kg

Από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα με γραμμική παρεμβολή βρίσκουμε τη θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην παραπάνω τιμή ειδικής ενθαλπίας:

Τ2 = 290,16+(295-290)\*(295,09-290,16)/(295,17-290,16) = 295,08 Κ = (295,08-273,15) = 21,93 oC.



Α) Από το ισοζύγιο ενέργειας έχουμε Από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα, για Τ1 = 473 Κ:

m\*(h1+u12/2) = m\*(h2+u22/2) h1 = 472,24+(482,49-472,24)\*(473-470)/(480-470) = 475,32 kJ/kg

(m2/s2) = kg\*(m/s2)\*m/kg = Nt\*m/kg = J/kg Άρα: h1 +u 12/2 = h2 + υ22/2 ⬄ h2 = h1 + = 475,32 += 460,13 kJ/kg

Από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα, για h2 = 460,13 kJ/kg: T2 = 450+(460-450)\*( 460,13-451,80)/(462,02-451,80) = 458,15 K

Β) Από το ισοζύγιο μάζας (αρχή διατήρησης της μάζας):

m’1 = m’2 ⬄ V’1/v1 = V’2/v2 ⬄ υ1\*Α1/v1 = υ2\*Α2/v2 (από τις μονάδες φαίνεται ότι ταχύτητα (υ) Χ διατομή (Α) =

ογκομετρική παροχή (V’): (m/s)\*m2 = m3/s – m3/s είναι όγκος ανά

δευτερόλεπτο, δηλαδή ογκομετρική παροχή ή αλλιώς ροή όγκου)

(από τις μονάδες επίσης φαίνεται ότι ογκομετρική παροχή επί

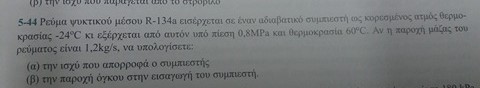
πυκνότητα είναι μαζική παροχή: V’ \* ρ = m’ [(m3/sec)\*(kg/m3) = kg/sec. Ο ειδικός όγκος (v, m3/kg) που περιέχουν οι πίνακες και η καταστατική είναι το αντίστροφο της πυκνότητας (ρ, kg/m3), όπως φαίνεται ΕΠΙΣΗΣ από τις μονάδες. Οπότε: m’ = ρ\*V’ = V’/v).

Τα v1 και v2, υπολογίζονται από την καταστατική στις συνθήκες εισόδου και εξόδου, αντίστοιχα:

P1v1 = RT1 ⬄ v1 == 0,4525 m3/kg P2v2 = RT2 ⬄ v2 == 1,314 m3/kg

Άρα η παροχή μάζας είναι m’ = V’1/v1 = A1\*υ1/v1 == 1,094 kg/sec

Και m’ = A2\*υ2/v2 ⬄ Α2 = 1,094\*1,314/180 = 0,007986 m2= 79,86 cm2



Α) Από τον 1ο Νόμο: Q – W’ = m’\*(h2 – h1)

αδιαβατικός σημαίνει Q = 0, άρα ο 1ος Νόμος γίνεται: – W’ = m’\*(h2 – h1) (1)

Από τον Πίνακα Κορεσμένου Ψυκτικού (Α11), βρίσκουμε την ειδική του ενθαλπία του ψυκτικού στην είσοδο του συμπιεστή

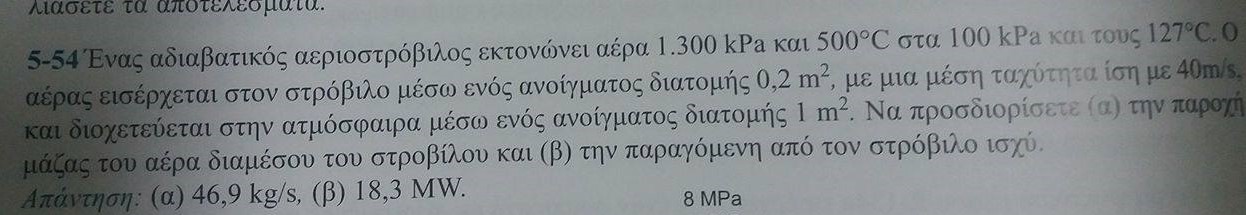
h1 = 235,92 kJ/kg (και τον ειδικό όγκο για το 2ο ερώτημα ίσο με v1 = 0,17395 m3/kg)

Στις συνθήκες εξόδου, από τον Πίνακα κορεσμένου ψυκτικού βρίσκουμε ότι το ψυκτικό είναι υπέρθερμος ατμός. Από τον Πίνακα Υπέρθερμου ψυκτικού για πίεση 0,8 ΜΡα, βρίσκω την ειδική ενθαλπία h2 = 296,81 kJ/kg.

Οπότε από την (1): -W’ = (1,2 kg/s)\*((296,81 kJ/kg) – (235,92 kJ/kg)) = 73,68 kJ/s ⬄ W’ = -73,68 kW

(το αρνητικό πρόσημο της ΤΙΜΗΣ -73,68 kW δηλώνει ότι η ισχύς **δίνεται** στον συμπιεστή)

Η ογκομετρική παροχή ψυκτικού στην είσοδο είναι: V’ = m’(kg/s)\*v1(m3/kg) = 1,2\*0,17395 = 0,20874 m3/sec



Η ογκομετρική παροχή του αέρα στην είσοδο είναι: V1’ = (40 m/s)\*(0,2 m2) = 8 m3/s

Τον ειδικό όγκο του αέρα στις συνθήκες εισόδου, τον υπολογίζουμε από την καταστατική:

P1\*v1 = R\*T1 ⬄ v1 = R\*T1/P1 = (0,287\*773,15)/1300 = 0,17069 m3/kg

Η μαζική παροχή του αέρα είναι: m’ = (8 m3/s)/(0,17069 m3/kg) = **46,869 kg/s**

**( μονάδες: (kJ/kgK)\*K/kPa = (kPa\*m3)/Kg\*(1/kPa) = m3/kg )**

Η παραγόμενη ισχύς υπολογίζεται από τον 1ο Νόμο (το ισοζύγιο ενέργειας) (αφού είναι αδιαβατικός, Q = 0):

Q – W = m’\*(h2 – h1 + (v22 – v12)/2)

Από τον Πίνακα αέρα υπολογίζουμε, τις ειδικές ενθαλπίες στην είσοδο και την έξοδο του στροβίλου:

h1 = 778,18+(800,03-778,18)\*(773,15-760)/(780-760) = **792,55 kJ/kg** h2 = **400,98 kJ/kg**

Τον ειδικό όγκο του αέρα στις συνθήκες εξόδου, τον υπολογίζουμε από την καταστατική:

v2 = (0,287\*400)/100 = 1,148 m3/kg

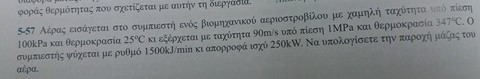
Από τον ειδικό και την μαζική παροχή υπολογίζεται η ογκομετρική παροχή στην έξοδο: V’2 = 46,869\*1,148 = **53,81 m3/s**

Από την ογκομετρική παροχή και τη διατομή υπολογίζεται η ταχύτητα στην έξοδο: υ2 = 53,81/1 = 53,81 m/s

Αντικαθιστώντας στον 1ο Νόμο: – W = 46,869\*(400,98-792,55+ (53,812 – 402)/(2\*1000)) ⬄ W = 18.317 kJ/s = **18,31 MW**

(το **θετικό πρόσημο** σημαίνει ότι η ισχύς **παράγεται** από τον στρόβιλο)

(ΤΟ 1000 ΣΤΟΝ ΠΑΡΟΝΟΜΑΣΤΗ ΤΟΥ ΟΡΟΥ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ JOULE/kg ΣΕ KILOJOULE/kg)



Η ταχύτητα εισόδου, που δεν δίνεται, θεωρείται αμελητέα.

Από τον 1ο Νόμο:

Q’ – W’ = m’\*(h2 – h1 + (υ22 – υ12)/2) (kJ/sec)

Q’ = (1500 kJ/min)\*(1 min)/(60 sec) = 25 kJ/s **(θερμότητα που φεύγει από το σύστημα, στον 1ο Νόμο η τιμή της θα μπει με αρνητικό πρόσημο)**

Οι ειδικές ενθαλπίες του αέρα στις συνθήκες της εισόδου και της εξόδου βρίσκονται από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα:

h1 = 298,15 kJ/kg h2 = 628,07 kJ/kg

Αντικαθιστώντας στον 1ο Νόμο:

**(-25) - (-250)** = m’\*(628,07-298,15+(90^2)/(2\*1000)) ⬄m’ = (-25-(-250))/(628,07-298,15+(90^2)/(2\*1000)) = 0,6712 kg/s

Η **ΤΙΜΗ** -250 kJ/s είναι αρνητική γιατί πρόκειται για ισχύ (έργο/χρόνο) που δίνουμε στο σύστημα. Η **ΤΙΜΗ** -25 kJ/s είναι αρνητική γιατί πρόκειται για θερμική ισχύ (θερμότητα/χρόνο) που φεύγει από το σύστημα.

C:\Users\user\Desktop\α.jpg Στα 8 MPa η θερμοκρασία κορεσμού του νερού είναι 295,01 οC. Oπότε αφού το νερό εισέρχεται στους 350ο θα έχουμε υπέρθερμο ατμό. Από τον Πίνακα Υπέρθερμου Ατμού προκύπτει h1 = 2988,1 kJ/kg

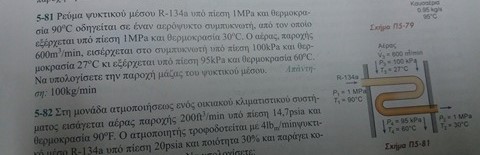
m'\*h1=m’\*h2 ⬄ h1 = h2 ⬄ h2=2988,1 kJ/kg

(ο στραγγαλισμός είναι μια ισενθαλπική διεργασία)

Στην έξοδο της βαλβίδας επομένως έχουμε P2 = 2 MPa και h2 = 2988,1 kJ/kg

Στο πίνακα κορεσμένου νερού παρατηρούμε ότι στα 2 MPa είναι h2 > hg άρα ο ατμός είναι υπέρθερμος.

Με γραμμική παρεμβολή στον Πίνακα Υπέρθερμου Ατμού, για h2 = 2988,1 kJ/kg προκύπτει Τ2=285 οC.



Αρχικά επιλέγω ως σύστημα το ρεύμα του αέρα. Ο 1ος Νόμος για το ρεύμα του αέρα είναι (W = 0):

Q – ~~W~~ = m’\*(h2 – h1) (1)

Ο ειδικός όγκος του αέρα στις συνθήκες εισόδου είναι:

v1 = RT1/P1 = 0,287\*300/100 = 0,861 m3/kg

Η μαζική παροχή του ρεύματος του αέρα είναι: m' = (600 m3/min)\*((1 min)/(60 sec))/(0,861 m3/kg) = 11,61 kg/sec

Από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα, για Τ1 = 273 + 27 = 300 Κ, βρίσκω h1 = 300,19 kJ/kg

Οι ειδική ενθαλπίά του αέρα στη θερμοκρασία εξόδου λαμβάνεται από τον Πίνακα Ιδανικού Αέρα (T2 = 60+273 = 333 K):

h2 = 330,34+(340,42-330,34)\*(333,15-330)/(340-330) = 333,52 kJ/kg

(1) ⬄ Q = 11,61\*(333,52-300,19) = 386,96 kJ/s

(το θετικό πρόσημο σημαίνει ότι θερμότητα παρέχεται στο ρεύμα του αέρα)

Η θερμότητα που παρέχεται στο ρεύμα του αέρα είναι ακριβώς ίση (αλλά με αντίθετο πρόσημο) με τη θερμότητα που χάνει το ψυκτικό. Επιλέγω τώρα ως σύστημα το ρεύμα του ψυκτικού.

Στο 1 ΜΡα και 90 oC, το ψυκτικό είναι υπέρθερμος ατμός. Από τον Πίνακα Υπέρθερμου Ψυκτικού, για τις συνθήκες εισόδου του ψυκτικού βρίσκω h1 = 324,64 kJ/kg. Στις συνθήκες εξόδου το ψυκτικό είναι συμπιεσμένο υγρό **ΚΑΙ ΕΧΕΙ ΤΙΣ ΙΔΙΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΟ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΥΓΡΟ ΣΤΗΝ ΙΔΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**. Από τον Πίνακα Κορεσμένου Ψυκτικού για 30 οC, βρίσκω h2 = 93,58 kJ/kg.

Ο 1ος Νόμος για το ρεύμα του ψυκτικού είναι (W = 0):

Q – ~~W~~ = m’\*(h2 – h1) ⬄ m’ = (-386,96)/(93,58-324,64) =1,675 kg/s (μαζική παροχή του ψυκτικού)

(το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι θερμότητα χάνεται από το ρεύμα του ψυκτικού)