



---

## Μηχανές Πλοίου II (Ε)

### Άσκηση 3

Γεώργιος Κ. Χατζηκωνσταντής Επίκουρος Καθηγητής

Διπλ. Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός

Μ.Sc. "Διασφάλιση Ποιότητας", Τμήμα Ναυπηγικών Μηχανικών ΤΕ

---



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Ευρωπαϊκή Ένωση

Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

### **Άσκηση 3**

Η πίεση λειτουργίας κύριου λέβητα πλοίου είναι 70 bar και η θερμοκρασία του ατμού στην έξοδο του υπερθερμαντήρα είναι 560 ( $^{\circ}C$ ) .

**1.** Να επιλεγεί η ονομαστική διάμετρος και το πάχος τοιχώματος του κύριου ατμαγωγού εάν η παροχή του ατμού είναι 17 (t/h) . Να θεωρηθεί ότι το υλικό της σωλήνωσης είναι χάλυβας  $\left(1Cr - \frac{1}{2}Mo\right)$  , με τάση θραύσεως (440)  $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$  κατά LRS.

**2.** Να υπολογιστεί επίσης η σχέση της πίεσης προς την πίεση λειτουργίας του ατμαγωγού.

### **ΛΥΣΗ**

#### **1<sup>ο</sup> ΕΡΩΤΗΜΑ**

Σύμφωνα με τα δεδομένα πίεσης και θερμοκρασίας . ο ατμός είναι υπέρθερμος και επειδή η πυκνότητα μεταβάλλεται πρέπει αυτό να ληφθεί υπ' όψιν .

Από τους πίνακες του υπέρθερμου ατμού ([eclass.teiath.gr / openeclass/Κατάλογος Μαθημάτων / ΣΤΕΦ / ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε. / ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΝΑΦΡ111, Έγγραφο 9<sup>ο</sup> Β ΠΙΝΑΚΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΥ ΑΤΜΟΥ](http://eclass.teiath.gr/openeclass/Κατάλογος_Μαθημάτων/ΣΤΕΦ/ΤΜΗΜΑ_ΝΑΥΠΗΓΩΝ_ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ_Τ.Ε./ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ_ΝΑΦΡ111,Έγγραφο_9<sup>ο</sup>_Β_ΠΙΝΑΚΕΣ_ΝΕΡΟΥ_ΚΑΙ_ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΥ_ΑΤΜΟΥ)) :

Για πίεση = 70 bar και t = 560 ( $^{\circ}C$ ) προκύπτει :  $v = 0,05264 \left(\frac{m^3}{kg}\right) \Rightarrow \rho = \frac{1}{v} = 18,997 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Η παροχή του ατμού είναι :  $Q_m = w \times A \times \rho \left(\frac{kg}{sec}\right)$  (1) , όπου :

$$Q_m = 17 \left(\frac{t}{h}\right) = 17 \times \frac{1000}{3600} = 4,722 \left(\frac{kg}{sec}\right)$$

#### **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ**

Από ΠΙΝΑΚΑ 8 σελ. 57 για πίεση 70 bar > 40 bar είναι :  $w = 150\sqrt{d}$

$$Q_m = w \times A \times \rho = 150\sqrt{d} \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \rho \Rightarrow d = \left(\frac{4 \times Q_m}{150 \times \pi \times \rho}\right)^{\frac{2}{5}} = 0,085(m) = 85(mm)$$

Η κοντινή ονομαστική διάμετρος (από ΠΙΝΑΚΑ 9 σελ 58) είναι :

$$NW = 80 \Rightarrow d_{εσωτ.} = d_{εξωτ.} - 2 \times s = 88,9 - 2 \times 2,9 = 83,1(mm) < 85(mm)$$

Επιλέγεται η ονομαστική  $NW = 100$  και προκύπτει :

$$NW = 100 \Rightarrow d_{εσωτ.} = d_{εξωτ.} - 2 \times s = 114,3 - 2 \times 3,2 = 107,9(mm) > 85(mm)$$

Επειδή όμως αυτή η σωλήνωση είναι σωλήνωση υψηλής πίεσης, απαιτείται να γίνει έλεγχος του πάχους τοιχώματος, σύμφωνα με τα στοιχεία λειτουργίας, από την παρακάτω σχέση (σελ. 60) :

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} \text{ (mm) , όπου :}$$

$$t_0 = \frac{p \times D}{2 \times K \times e + p}, \quad \text{όπου :}$$

$$p = 7 \text{ (MPa)} \times 1,03 = 7,21 \text{ (MPa)}$$

$$K = \sigma_{\text{επιτρ.}} = 27 \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right) \text{ (Πίνακας 12, σελ. 61) για } 1Cr - \frac{1}{2}Mo \text{ και } D = d_{\text{εξωτ.}} = 114,3 \text{ (mm)}$$

$$e = 1,0 \text{ (σελ. 62)}$$

$$\text{Προκύπτει : } t_0 = \frac{7,21 \times 114,3}{2 \times 27 \times 1,0 + 7,21} = 13,463 \text{ (mm)}$$

$$b = \frac{D \times t_0}{2,5 \times \rho}, \text{ όπου}$$

$$\rho = \text{ακτίνα καμπυλότητας} = 305 \text{ από Πίνακα 16, σελ. 63 για } D = d_{\text{εξωτ.}} = 114,3 \text{ (mm)}$$

Από σελ. 64 λαμβάνεται  $a = 10$

Από σελ. 62, Πίνακα 14, λαμβάνεται  $c = 0,3 \text{ (mm)}$

Οπότε είναι :

$$b = \frac{D \times t_0}{2,5 \times \rho} = \frac{114,3 \times 13,463}{2,5 \times 305} = 2,018 \text{ (mm)}$$

Τελικά το πάχος τοιχώματος είναι :

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} \text{ (mm)} = \frac{13,463 + 2,018 + 0,3}{1 - \frac{10}{100}} = 17,534 \text{ (mm)}$$

Το υπολογισθέν πάχος τοιχώματος διαφέρει από αυτό που αρχικά επελέγη, οπότε επιλέγεται μεγαλύτερο από  $t = 17,534 \text{ (mm)}$  πάχος τοιχώματος από τον **ΠΙΝΑΚΑ DIN 2448** στον οποίο δίδονται εναλλακτικά πάχη για την ίδια εξωτερική διάμετρο :

- επιλέγεται τυποποιημένο πάχος για  $d_{\text{εξωτ.}} = 114,3 \text{ (mm)} : 20 \text{ (mm)}$  , οπότε :

$$d_{\text{εσωτ.}} = d_{\text{εξωτ.}} - 2 \times s = 114,3 - 2 \times 20 = 74,3 \text{ (mm)} < 85 \text{ (mm)}$$

Επειδή δεν μπορεί να επιλεγεί μικρότερο πάχος τοιχώματος από τα 20 (mm), από τον ίδιο ΠΙΝΑΚΑ DIN 2448 επιλέγεται η αμέσως μεγαλύτερη διάμετρος με το τυποποιημένο πάχος = 20 (mm), οπότε :

$$d_{εξωτ.} = 127 \text{ (mm)} \text{ και πάχος τοιχώματος} = 20 \text{ (mm)} \text{ , οπότε :}$$

$$d_{εσωτ.} = d_{εξωτ.} - 2 \times s = 127 - 2 \times 20 = 87 \text{ (mm)} > 85 \text{ (mm)} \text{ ,}$$

Έλεγχος ταχύτητας :  $w = \left( \frac{4 \times 4,722}{\pi \times (0,087)^2 \times 18,997} \right) = 41,83 \left( \frac{m}{sec} \right)$  **ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΔΕΚΤΗ** (εντός των ορίων),

Επειδή :	Επιτρεπόμενη ταχύτητα	Πραγματική ταχύτητα	Ανώτατη επιτρεπόμενη ταχύτητα
	40	41,83	61

## 2° ΕΡΩΤΗΜΑ

**A.** Η πίεση δοκιμής, δίδεται από την παρακάτω σχέση :

$$P_{\text{δοκ.}} = \frac{K \times P_{\text{υπολ.}}}{2 \times \sigma_z} \left( \frac{kp}{cm^2} \right), \text{ (σελ. 85) , όπου :}$$

**Πίεση υπολογισμού του λέβητα** =  $P_{\text{υπολ.}} = P_{\text{λειτουργίας}} \times 1,03$  , όπου η αύξηση του 3% είναι η πίεση ασφαλιστικών του λέβητα, η οποία σύμφωνα με τους κανονισμούς δεν χρειάζεται να υπερβαίνει την πίεση λειτουργίας του λέβητα .

$$P_{\text{υπολ.}} = P_{\text{λειτουργίας}} \times 1,03 \times 1,0197$$

**Σημ. :** - 1,03 είναι η προσ αύξηση 3 %

- 1,0197 είναι για τη μετατροπή των μονάδων πίεσης  $\left[ 1,0197 \left( \frac{kp/cm^2}{bar} \right) \right]$

$$\sigma_z = 255 \left( \frac{kp}{cm^2} \right), \text{ από ΠΙΝΑΚΑ 30 σελ. 94 για υλικό Κατηγορίας (I I)}$$

$K = 3370$  , από ΠΙΝΑΚΑ 28 σελ.92.

$$\frac{P_{\text{δοκ.}}}{P_{\text{υπολ.}}} = \frac{K \times 1,03 \times 1,0197}{2 \times 386,5} = 4,57$$

**B.** Η πίεση δοκιμής, μπορεί να υπολογιστεί και από την παρακάτω σχέση :

$$P_{\text{δοκ.}} = 1,5 \times \frac{\sigma_z 100}{\sigma_z} \times P_{\text{υπολ.}} , \text{ για σωλήνα } 1Cr - \frac{1}{2} Mo \text{ και } t = 560 \text{ (} ^\circ C \text{)}$$

$$P_{\text{υπολ.}} = 70 \text{ (bar)} \times 1,03 = 72,10 \text{ (bar)}$$

$$P_{\text{δοκ.}} = 1,5 \times \frac{\sigma_z 100}{\sigma_z} \times P_{\text{υπολ.}}$$

$$\sigma_z 100 = 150 \left( \frac{N}{mm^2} \right), \text{ από Πίνακα 12, σελ. 61}$$

$$(\sigma_z)_{560(^\circ C)} = 27 \left( \frac{N}{mm^2} \right), \text{ από Πίνακα 12, σελ. 61,}$$

$$\text{Επομένως : } \frac{P_{\text{δοκ.}}}{P_{\text{υπολ.}}} = 1,5 \times \frac{\sigma_z 100}{\sigma_z} = 8,33$$

# Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

## Τέλος Ενότητας

### Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Σημειώματα

## Σημείωμα Αναφοράς

Copyright TEI Αθήνας, Γεώργιος Χατζηκωνσταντής, 2014. Γεώργιος Χατζηκωνσταντής. «Μηχανές Πλοίου II (Ε). Άσκηση 3». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](http://ocp.teiath.gr).

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

## Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

©	Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.
διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
χωρίς σήμανση	Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

## Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- Το Σημείωμα Αναφοράς
- Το Σημείωμα Αδειοδότησης
- Τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- Το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.