

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

1η Ενότητα (προκαταρκτικός σχεδιασμός εναλλακτών)

1. Εναλλάκτης διπλού σωλήνα (ή αυλών-κελύφους τύπου 1-1) θα χρησιμοποιηθεί σε αντιρροή για την αξιοποίηση της αισθητής θερμότητας ρεύματος οργανικού υγρού παροχής $m_h=16$ kg/s και θερμοκρασίας $T_h=85^\circ\text{C}$ ($C_{ph}=2$ kJ/kg $^\circ\text{C}$). Το ρεύμα αυτό θα θερμάνει παροχή νερού $m_c=10$ kg/s θερμοκρασίας $T_c=22^\circ\text{C}$ ($C_{pc}=4,2$ kJ/kg $^\circ\text{C}$). Ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας εκτιμάται ως $U=400$ W/m² $^\circ\text{C}$.

(α) Βρείτε τις θεωρητικές θερμοκρασίες εξόδου των δύο ρευμάτων που αντιστοιχούν σε εναλλάκτη άπειρης επιφάνειας.

(β) Αν επιλεγεί θερμοκρασιακή προσέγγιση ίση με 5°C , υπολογίστε τις πραγματικές θερμοκρασίες εξόδου και την απαιτούμενη επιφάνεια εναλλαγής.

(γ) Αν ο εναλλάκτης του ερωτήματος (β) λειτουργήσει με τις ίδιες παροχές και θερμοκρασίες εισόδου, αλλά σε ομοροή, βρείτε τις νέες θερμοκρασίες εξόδου.

2. Ο προθερμαντήρας νερού (economizer) ενός ατμοπαραγωγού έχει επιφάνεια εναλλαγής $A=560$ m², και λειτουργεί σε αντιρροή με παροχή καυσαερίων $m_g=34$ t/h ($c_{pg}=1110$ J/kg $^\circ\text{C}$), παροχή νερού $m_w=30$ t/h ($c_{pw}=4180$ J/kg $^\circ\text{C}$) και θερμοκρασίες εισόδου $T_{gi}=540^\circ\text{C}$ και $T_{wi}=120^\circ\text{C}$ αντίστοιχα. Λόγω ύπαρξης μικρών ποσοτήτων SO₂, το σημείο δρόσου των καυσαερίων είναι 130°C .

(α) Αν οι συντελεστές συναγωγής στις δύο πλευρές είναι 60 και 4000 W/m²K αντίστοιχα, υπολογίστε τις θερμοκρασίες εξόδου των δύο ρευμάτων.

(β) Ελέγξτε αν υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης του εναλλάκτη και προτείνετε βελτιώσεις.

3. Για την γρήγορη ανάλυση της λειτουργίας ατμολεβήτων κορεσμένου ατμού που αξιοποιούν την θερμότητα καυσαερίων (Heat Recovery Steam Generators, Waste Heat Boilers), χρησιμοποιείται στη βιομηχανική πρακτική η σχέση

$$\ln\left(\frac{T_{gi} - T_w}{T_{go} - T_w}\right) = \frac{K}{m_g^n}$$

όπου T_w είναι η θερμοκρασία βρασμού του νερού, K σταθερά χαρακτηριστική της κατασκευής, και $n=0,2$ για φλογαυλωτούς και $n=0,4$ για υδραυλωτούς λέβητες.

(α) Μπορείτε να εξηγήσετε την προέλευση της σχέσης και να δικαιολογήσετε τις τιμές του εκθέτη;

(β) Ατμολέβητας σχεδιάστηκε να παράγει 10000 lb/h κορεσμένου ατμού πίεσης 300 psia με παροχή καυσαερίων $m_g=75000$ lb/h και θερμοκρασίες $T_{gi}=1000^\circ\text{F}$, $T_{go}=500^\circ\text{F}$. Κατά τη λειτουργία του με μειωμένο φορτίο ($m_g=50000$ lb/h $T_{gi}=950^\circ\text{F}$) μετράται θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων $T_{go}=520^\circ\text{F}$. Μπορείτε να γνωμοδοτήσετε για το ενδεχόμενο επιδείνωσης της λειτουργίας του ατμολέβητα λόγω σχηματισμού επικαθίσεων;

4. Εναλλάκτης διπλού σωλήνα σχεδιάζεται να θερμαίνει 1,24 kg/s βενζολίου από τους 25 °C στους 50 °C ($\rho=860 \text{ kg/m}^3$, $C_p=1,79 \text{ kJ/kgK}$, $k=0,139 \text{ W/mK}$ $\mu=0,375 \text{ cP}$), χρησιμοποιώντας θερμό τολουόλιο που ψύχεται από τους 71 στους 38 °C ($\rho=835 \text{ kg/m}^3$, $C_p=1,82 \text{ kJ/kgK}$, $k=0,135 \text{ W/mK}$ $\mu=0,3465 \text{ cP}$). Είναι επιθυμητή η πρόβλεψη συντελεστή επικαθήσεων $0,188 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/kW}$ για κάθε πλευρά της επιφάνειας εναλλαγής και η αποφυγή πτώσης πίεσης μεγαλύτερης των 0,5 bar. Αν διατίθενται χαλύβδινοι σωλήνες IPS μήκους 20 ft, να επιλέξετε κατάλληλες διαμέτρους και να υπολογίσετε τον αριθμό των φουρκετών που θα χρειαστούν.