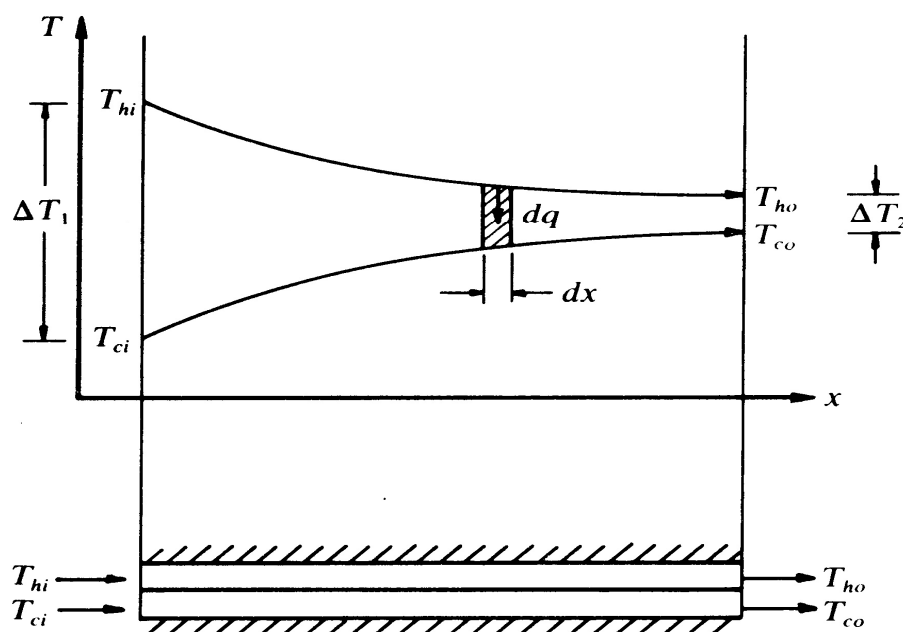


3. Οι θερμοκρασίες και των δυο ρευστών παραμένουν σταθερές σε κάθε δεδομένη διατομή και αντιπροσωπεύονται από τις μέσες (bulk) θερμοκρασίες των ρευστών.
4. Οι ειδικές θερμότητες των ρευστών διατηρούνται επίσης σταθερές.
5. Θεωρείται αμελητέα θερμική αγωγή κατά μήκος των σωλήνων, καθώς και αμελητέες μεταβολές της δυναμικής και κινητικής ενέργειας.

Πίνακας ΕΘ-1
Προσεγγιστικές τιμές του U για κάποια κοινά ρευστά

Ρευστό	U	
	Btu / hr·ft ² ·°F	W / m ² ·K
Λάδι με λάδι	30 – 55	170 – 312
Οργανικό ρευστό με οργανικό ρευστό	10 – 60	57 – 340
Ατμός με:		
Υδατικά διαλύματα	100 – 600	567 – 3400
Ορυκτέλαιο, Βαρύ	10 – 30	57 – 170
Ελαφρύ	30 – 60	170 – 340
Αέρια	5 – 50	28 – 284
Νερό	175 – 600	993 – 3400
Νερό με:		
Αλκοόλη	50 – 150	284 – 850
Άλμη	100 – 200	567 – 1135
Πεπιεσμένο αέρα	10 – 30	57 – 170
Συμπυκνούμενη αλκοόλη	45 – 120	255 – 680
Συμπυκνούμενη αμμωνία	150 – 250	850 – 1420
Συμπυκνούμενη Freon-12	80 – 150	454 – 850
Συμπυκνούμενη λάδι	40 – 100	227 – 567
Βενζίνη	60 – 90	340 – 510
Λιπαντικό λάδι	20 – 60	113 – 340
Οργανικούς διαλύτες	50 – 150	284 – 850
Νερό	150 – 300	850 – 1700



Σχήμα ΕΘ-4. Θερμοκρασιακό προφίλ εναλλάκτη πλακών ομορροής

Βάσει των παραπάνω υποθέσεων η ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ του θερμού και του ψυχρού ρευστού για διαφορικό μήκος dx δίνεται από την σχέση (ΕΘ.5),

$$dq = U(T_h - T_c)dA \quad (\text{ΕΘ.5})$$

αφού το dA είναι το γινόμενο του μήκους dx επί του σταθερού πλάτους. Η ενέργεια που λαμβάνει το ψυχρό ρευστό είναι ίση με αυτήν που παρέχεται από το θερμό ρευστό, δηλαδή ισχύει η ακόλουθη ισότητα,

$$dq = \dot{m}_c c_c dT_c = -\dot{m}_h c_h dT_h \quad (\text{ΕΘ.6})$$

όπου \dot{m} είναι η παροχή μάζας και c : η ειδική θερμότητα, με τους δείκτες c και h να υποδηλώνουν το ψυχρό και θερμό ρευστό αντίστοιχα. Λύνοντας ως προς τα θερμοκρασιακά διαφορικά την (ΕΘ.6) και αφαιρώντας κατά μέλη προκύπτει:

$$d(T_h - T_c) = -\left(\frac{1}{\dot{m}_h c_h} + \frac{1}{\dot{m}_c c_c}\right) dq \quad (\text{ΕΘ.7})$$

Απαλείφοντας τον όρο dq μεταξύ των εξισώσεων (ΕΘ.5) και (ΕΘ.7) καταλήγουμε στην (ΕΘ.8),

$$\frac{d(T_h - T_c)}{(T_h - T_c)} = -U \left(\frac{1}{\dot{m}_h c_h} + \frac{1}{\dot{m}_c c_c}\right) dA \quad (\text{ΕΘ.8})$$

που με ολοκλήρωση οδηγεί στην επόμενη σχέση,

$$\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = -UA \left(\frac{1}{\dot{m}_h c_h} + \frac{1}{\dot{m}_c c_c}\right) \quad (\text{ΕΘ.9})$$

όπου οι όροι ΔT συμπίπτουν με τους απεικονιζόμενους στο σχήμα ΕΘ-4. Από τα ενεργειακά ισοζύγια για το κάθε ρευστό ισχύει,

$$\dot{m}_h c_h = \frac{q}{(T_{hi} - T_{ho})} \quad \& \quad \dot{m}_c c_c = \frac{q}{(T_{co} - T_{ci})} \quad (\text{ΕΘ.10})$$

οπότε κατόπιν αντικατάστασης των προκύπτόντων σχέσεων στην (ΕΘ.9) παίρνουμε,

$$\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = -UA \frac{(T_{hi} - T_{ho}) + (T_{co} - T_{ci})}{q} \quad (\text{ΕΘ.11})$$

ή εκφρασμένο με όρους διαφορών των τελικών θερμοκρασιών,

$$q = UA \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \quad (\text{ΕΘ.12})$$

Συγκρίνοντας αυτό το αποτέλεσμα με την σχέση (ΕΘ.1) παρατηρείται ότι

$$\bar{\Delta T} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \equiv \Delta T_{lm} \quad (\text{ΕΘ.13})$$

όπου ΔT_{lm} είναι η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά (log-mean temperature difference,

LMTD). Μπορεί να αποδειχτεί εύκολα ότι οι δείκτες 1 και 2 δύνανται να αλλάξουν θέση μεταξύ τους στην σχέση, χωρίς να επιφέρουν μεταβολή στην τιμή της ΔT_{lm} .

Οι σχέσεις (ΕΘ.12) και (ΕΘ.13) ισχύουν και για άλλους εναλλάκτες μονής διαδρομής, όπως για πλακοειδείς εναλλάκτες αντιροής, καθώς και για εναλλάκτες διπλού σωλήνα ομοροής και αντιροής. Επίσης, οι εν λόγω σχέσεις χρησιμοποιούνται για εξατμιστήρες και συμπυκνωτές ομοροής και αντιροής μονής διαδρομής, στους οποίους ένα από τα ρευστά παραμένει σε σταθερή θερμοκρασία.

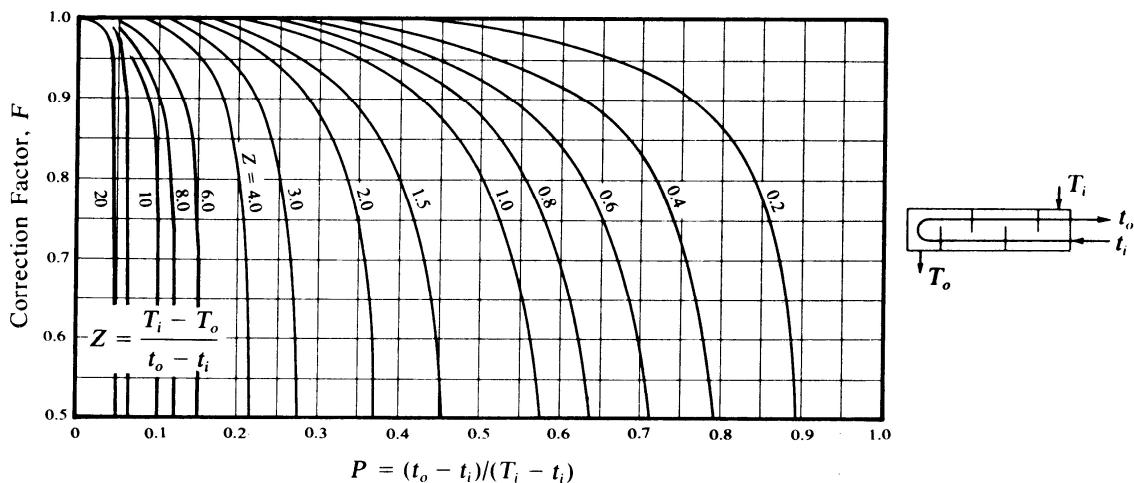
Πρέπει να σημειωθεί ότι για τις ίδιες θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου η μέση λογαριθμική διαφορά στην περίπτωση της αντιροής είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την αντίστοιχη για ομοροή. Αυτό σημαίνει ότι η απαιτούμενη επιφάνεια εναλλαγής είναι στην περίπτωση της αντιροής μικρότερη από εκείνη της ομοροής, εφόσον βέβαια έχουμε και στις δυο περιπτώσεις τον ίδιο ολικό συντελεστή μετάδοσης θερμότητας.

ΕΘ.3.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΠΟΛΥΠΛΟΚΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ

Για πολύπλοκους εναλλάκτες θερμότητας, όπως π.χ. εναλλάκτες με δέσμες σωλήνων, πολλαπλής διαδρομής ή σταυρωτής ροής, ο υπολογισμός της ΔT_{lm} είναι τόσο δύσκολος, που κατέστησε καθιερωμένη πρακτική την εισαγωγή ενός διορθωτικού συντελεστή F (correction factor) στην σχέση (ΕΘ.1), μορφοποιώντας την κατά τον τρόπο αυτό στην ακόλουθη (ΕΘ.14):

$$q = UAF\Delta T_{lm} \quad (\text{ΕΘ.14})$$

στην οποία η ΔT_{lm} είναι η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά για εναλλάκτη διπλού σωλήνα αντιροής με την ίδια θερμοκρασία εισόδου και εξόδου για το ρευστό, όπως και στον πιο πολύπλοκο εναλλάκτη. Διορθωτικοί συντελεστές για κάποιες κοινές περιπτώσεις δίνονται στα σχήματα ΕΘ-5, ΕΘ-6, ΕΘ-7 και ΕΘ-8. Στα προαναφερθέντα σχήματα χρησιμοποιείται ο συμβολισμός (T, t) για τις θερμοκρασίες των δύο ρευμάτων, εφόσον δεν έχει σημασία αν το θερμό ρευστό ρέει μέσα στους σωλήνες ή μέσα στο κέλυφος.



Σχήμα ΕΘ-5. Εναλλάκτης μιας διαδρομής στο κέλυφος και άρτιου αριθμού διαδρόμων στους σωλήνες

ΕΘ.4 Βαθμός Αποτελεσματικότητας Εναλλακτών (Μέθοδος NTU)

Ο υπολογισμός της αποτελεσματικότητας εναλλακτών θερμότητας με την βοήθεια της μέσης λογαριθμικής διαφοράς θερμοκρασίας που περιγράφηκε παραπάνω προσφέρεται για