

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ
ΑΤΜΟΥ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 300.000
Kcal/h**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΟΝΤΟΔΗΜΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Α.Μ. 5808)

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στη μελέτη κεντρικής θέρμανσης με εναλλάκτη ατμού-νερού.

Ο ατμός που παράγεται από τον ατμολέβητα θερμαίνει, μέσω ενός εναλλάκτη αντιρροής, το νερό που στη συνέχεια τροφοδοτεί τα θερμαντικά σώματα. Η ισχύς της εγκατάστασης είναι 300.000 Kcal/h.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Γιαννόπουλο Ανδρέα, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας.

Κοντοδήμας Ανδρέας

Αύγουστος 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στη μελέτη κεντρικής θέρμανσης με εναλλάκτη ατμού-νερού.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε έξι κεφάλαια. Πριν το κυρίως κείμενο τοποθετήθηκε μία μικρή εισαγωγή όπου περιγράφεται το πρόβλημα και δίνεται το διάγραμμα όπου απεικονίζεται σχηματικά η εγκατάσταση.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εναλλάκτες θερμότητας. Περιγράφονται οι διάφοροι τύποι εναλλακτών καθώς και οι δύο βασικές μέθοδοι ανάλυσης και υπολογισμού αυτών.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην κεντρική θέρμανση. Αρχικά γίνεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης. Το μεγαλύτερο μέρος του κεφαλαίου είναι αφιερωμένο στην περιγραφή των διαφόρων εξαρτημάτων που περιλαμβάνει μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης.

Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με τους μειωτήρες πίεσης και τις ατμοπαγίδες. Και τα δύο είναι βασικά εξαρτήματα μιας εγκατάστασης ατμού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός των παραμέτρων της κεντρικής θέρμανσης του συγκεκριμένου προβλήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η διαστασιολόγηση του εναλλάκτη αντιρροής ατμού-νερού που χρησιμοποιεί η υπό μελέτη εγκατάσταση για τη θέρμανση του νερού τροφοδοσίας.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο δίνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Γενικά.....	1
2. Περιγραφή της υπό Μελέτη Εγκατάστασης.....	1

1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 Γενικά.....	3
1.2 Εφαρμογές Εναλλακτών θερμότητας.....	3
1.3 Κατηγορίες Εναλλακτών θερμότητας	5
1.4 Υπολογισμός Εναλλακτών θερμότητας	10
1.4.1 Μέθοδος Μέσης Λογαριθμικής Θερμοκρασιακής Διαφοράς..	10
1.4.2 Μέθοδος Αποτελεσματικότητας της Μεταφοράς θερμότητας	15
1.5 Προβλήματα κατά τη Χρήση των Εναλλακτών θερμότητας.....	15
1.6 Κριτήρια Επιλογής Εναλλακτών θερμότητας.....	17

2. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

2.1 Γενικά.....	20
2.2 Ιστορική Αναδρομή.....	21
2.3 Τα Μέρη ενός Συστήματος Κεντρικής Θέρμανσης.....	24
2.3.1 Ο Λέβητας.....	24
2.3.2 Ο Καυστήρας.....	25
2.3.3 Οι Κυκλοφορητές και η Δεξαμενή Καυσίμων.....	26
2.3.4 Οι Διατάξεις Ασφαλείας.....	26
2.3.5 Οι Σωληνώσεις.....	26
2.3.6 Τα Θερμαντικά Σώματα.....	27

2.4 Δίκτυο Διανομής Θερμού Νερού.....	29
2.5 Η Κατάσταση των Συστημάτων Κεντρικής Θέρμανσης στην Ελλάδα.....	31
2.6 Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Συστήματα Κεντρικής Θέρμανσης.....	32
2.7 Ενδοδαπέδια Θέρμανση.....	34

3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΤΜΟΥ

3.1 Γενικά.....	38
3.2 Μειωτήρες Πίεσης Ατμού.....	38
3.2.1 Σκοπός του Μειωτήρα Πίεσης.....	38
3.2.2 Τύποι Μειωτήρων Πίεσης Ατμού.....	39
3.2.3 Εκλογή Τύπου Μειωτήρα Πίεσης Ατμού.....	44
3.2.4 Εκλογή Μεγέθους Μειωτήρα Πίεσης.....	44
3.2.5 Εγκατάσταση Μειωτήρα Πίεσης.....	44
3.3 Ατμοπαγίδες.....	45
3.3.1 Γενικά.....	45
3.3.2 Τύποι Ατμοπαγίδων.....	46
3.3.3 Μηχανικές Ατμοπαγίδες Πλωτήρα.....	47
3.3.4 Μηχανικές Ατμοπαγίδες Ανεστραμμένου Κάδου.....	48
3.3.5 Θερμοδυναμικές Ατμοπαγίδες.....	50
3.3.6 Θερμοστατικές Ατμοπαγίδες Εξισορρόπησης Πίεσης.....	51
3.3.7 Θερμοστατικές Διμεταλλικές Ατμοπαγίδες.....	53
3.4 Υπολογισμός Απωλειών Ατμού από Διαρροές.....	55

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

4.1 Ποσότητα Νερού.....	58
4.2 Ισχύς Κυκλοφορητή.....	58
4.3 Ποσότητα Ατμού.....	58
4.4 Ποσότητα Ατμού Αποτονώσεως.....	59
4.5 Ποσότητα Ατμού Συμπυκνώματος.....	61

4.6 Διατομή Σωλήνων Θερμού Νερού.....	61
4.7 Διατομή Σωλήνα Ατμού.....	62
4.8 Διατομή Σωλήνα Συμπυκνώματος.....	64

5. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΑΝΤΙΠΡΟΗΣ ΑΤΜΟΥ-ΝΕΡΟΥ

5.1 Γενικά.....	66
5.2 Δεδομένα και Συμβολισμοί.....	66
5.3 Συμβολισμός και Τιμές Θερμοκρασιακών Διαφορών.....	66
5.4 Μέση Λογαριθμική Διαφορά Θερμοκρασίας.....	67
5.5 Θερμική Ισχύς Εναλλάκτη.....	67
5.6 Επιφάνεια Εναλλαγής.....	68
5.7 Κατασκευαστική Διαμόρφωση Εναλλάκτη.....	69
5.8 Διάμετρος Αυλών.....	69
5.9 Αριθμός Αυλών.....	70
5.10 Μήκος Αυλών.....	70
5.11 Μήκος Εναλλάκτη.....	71
5.12 Διάμετρος Κελύφους.....	71
5.13 Κυκλοφορία Ρευστού Εξωτερικά των Αυλών.....	73
5.14 Διάμετρος Στομιών Εναλλάκτη.....	74
5.15 Επιλογή Ατμοπαγίδας.....	76

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο ατμός σαν μέσο θέρμανσης χρησιμοποιείται συχνά για τη θέρμανση βιομηχανικών κτιρίων, όπου η μονάδα παραγωγής ατμού χρησιμοποιείται και για διάφορες άλλες διαδικασίες που απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες.

Επίσης χρησιμοποιείται σε νοσοκομεία, όπου είναι δυνατόν να παρέχει τα μέσα για την αποστείρωση, την θέρμανση χώρου καθώς και την παροχή ζεστού νερού έμμεσα με τη χρήση εναλλακτών.

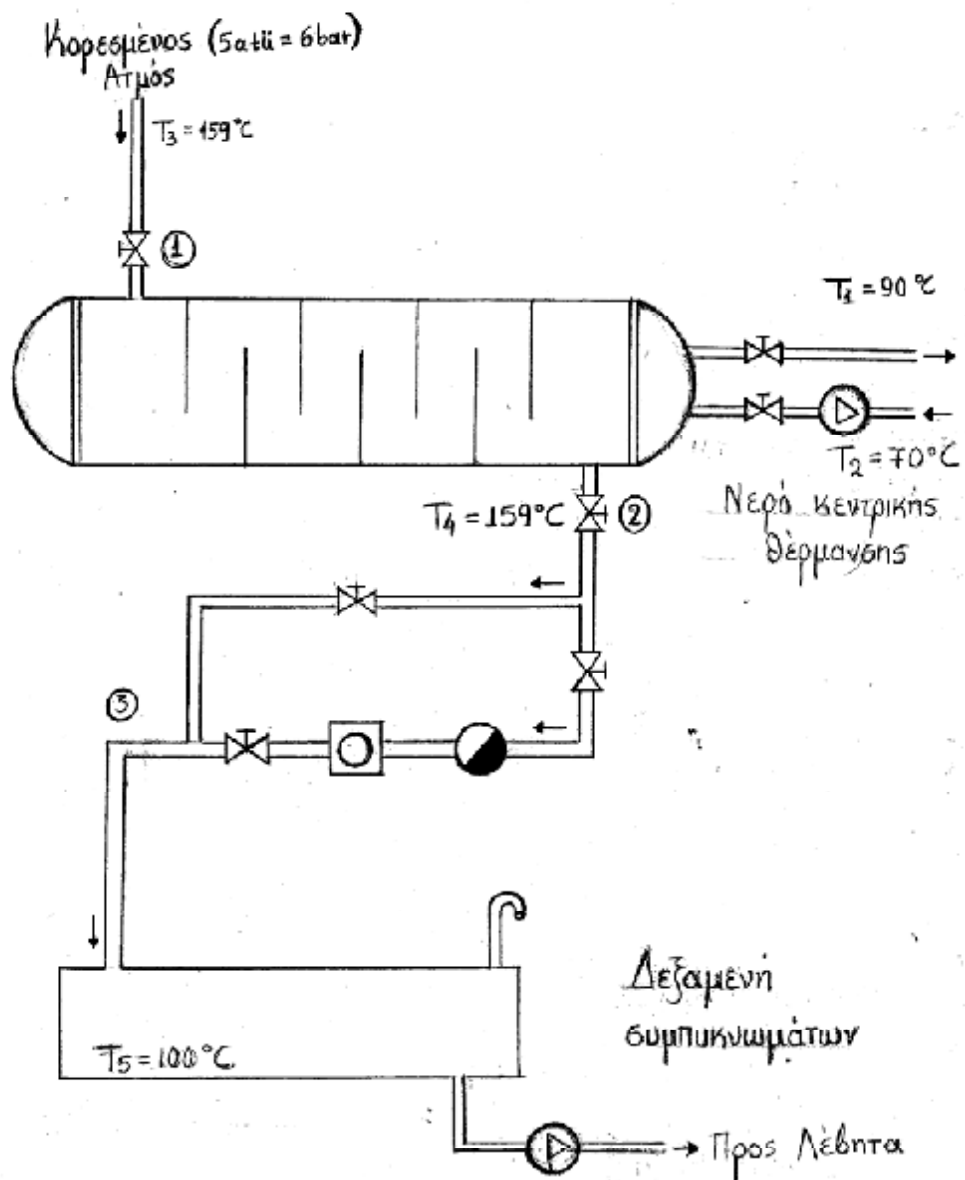
Πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά τα συστήματα ατμού είναι πιο πολύπλοκα από τα συστήματα ζεστού νερού και απαιτούν περισσότερη συντήρηση και επίβλεψη.

Το σύστημα του ατμού χρησιμοποιεί τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού, η οποία είναι ίση με 2257 KJ/Kg σε ατμοσφαιρική πίεση η οποία είναι αρκετά μεγαλύτερη από τα 419 KJ/Kg , την αισθητή θερμότητα του νερού, για να ανέβει η θερμοκρασία του από τους 0°C στους 100°C στην ίδια πίεση.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στο Σχήμα 1 που ακολουθεί φαίνεται η εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης που μελετάται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Στον ατμολέβητα παράγεται κορεσμένος ατμός ο οποίος εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας με θερμοκρασία 159°C θερμαίνει το νερό που προορίζεται για τα θερμαντικά σώματα από τους 70 στους 90°C . Ο ατμός εξέρχεται από τον εναλλάκτη ως μίγμα κορεσμένου υγρού ατμού στους 159°C . Στη συνέχεια το συμπύκνωμα εισέρχεται αρχικά στη δεξαμενή συμπυκνωμάτων και τελικά καταλήγει στο λέβητα για να κλείσει ο κύκλος της διαδικασίας.



Σχήμα 1 Σχηματική απεικόνιση της υπό μελέτη εγκατάστασης.

1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι εναλλάκτες θερμότητας (Heat Exchangers) είναι συσκευές με τις οποίες επιτυγχάνεται η μεταφορά ενέργειας από ένα ρευστό υψηλής θερμοκρασίας σε ένα άλλο ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας. Το πολύ αυξημένο ενδιαφέρον για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα σε συνδυασμό με τα οικονομικά κίνητρα που έδωσαν οι περισσότερες κεντρικές κυβερνήσεις σε όλο το κόσμο οδήγησε τις παραγωγικές εταιρείες ανεξαρτήτως μεγέθους να αναπτύξουν τεχνολογίες αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της ενέργειας. Σημαντικό ρόλο για την επίτευξη του παραπάνω στόχου έπαιξαν και συνεχίζουν να παίζουν οι συσκευές εναλλαγής θερμότητας.

Στους εναλλάκτες θερμότητας συχνά δίνονται συγκεκριμένες ονομασίες οι οποίες αντιστοιχούν στις συγκεκριμένες εφαρμογές για τις οποίες χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, ένας συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας στον οποίο ένα από τα ρευστά αποβάλλει θερμότητα και συμπυκνώνεται καθώς ρέει μέσα στον εναλλάκτη. Ο βραστήρας είναι επίσης ένα άλλο είδος εναλλάκτη στον οποίο ένα από τα ρευστά απορροφά θερμότητα και εξατμίζεται. Ένα σώμα καλοριφέρ είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που μεταφέρει θερμότητα από το θερμό ρευστό στον περιβάλλοντα χώρο με ακτινοβολία.

1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι εναλλάκτες θερμότητας βρίσκουν πολλές εφαρμογές σε όλους τους βιομηχανικούς τομείς, ανάμεσα σε αυτούς εξέχουσα θέση έχουν η χημική και η μεταλλουργική βιομηχανία.

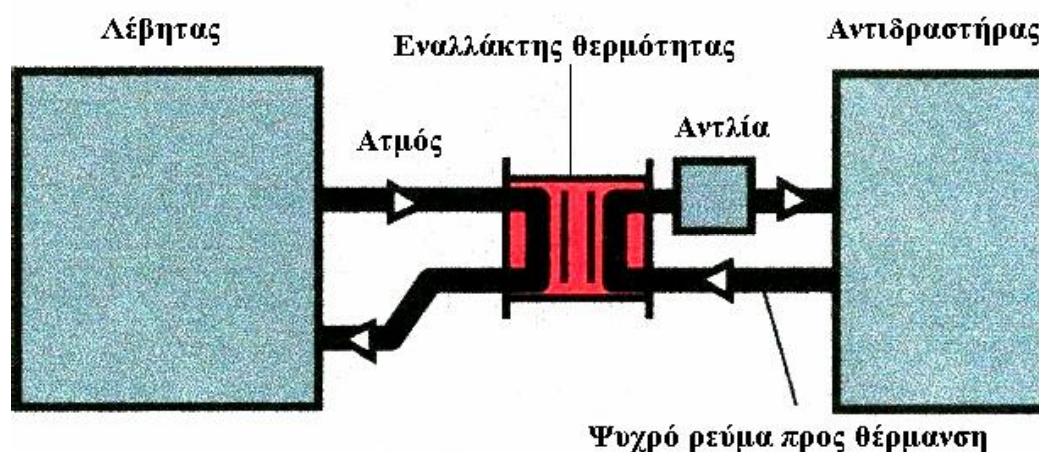
Οι τυπικές εφαρμογές των εναλλακτών θερμότητας στη χημική και μεταλλουργική βιομηχανία διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες:

α. Ενεργειακά και οικονομικά αποδοτικοί τρόποι θέρμανσης (Heating).

Η θέρμανση οποιουδήποτε ρεύματος ρευστού που οδεύει σε βιομηχανικό χημικό αντιδραστήρα γίνεται συνήθως με χαμηλής πίεσης ατμό με εξαίρεση τις περιπτώσεις που απαιτείται θέρμανση σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Το ρευστό το οποίο πρέπει να εισέλθει στον αντιδραστήρα

θερμαίνεται μέσα σε ένα εναλλάκτη θερμότητας έως την επιθυμητή θερμοκρασία από χαμηλής πίεσης ατμό ή σε ορισμένες περιπτώσεις από άλλα μέσα θέρμανσης όπως θερμό νερό και ειδικά λάδια.

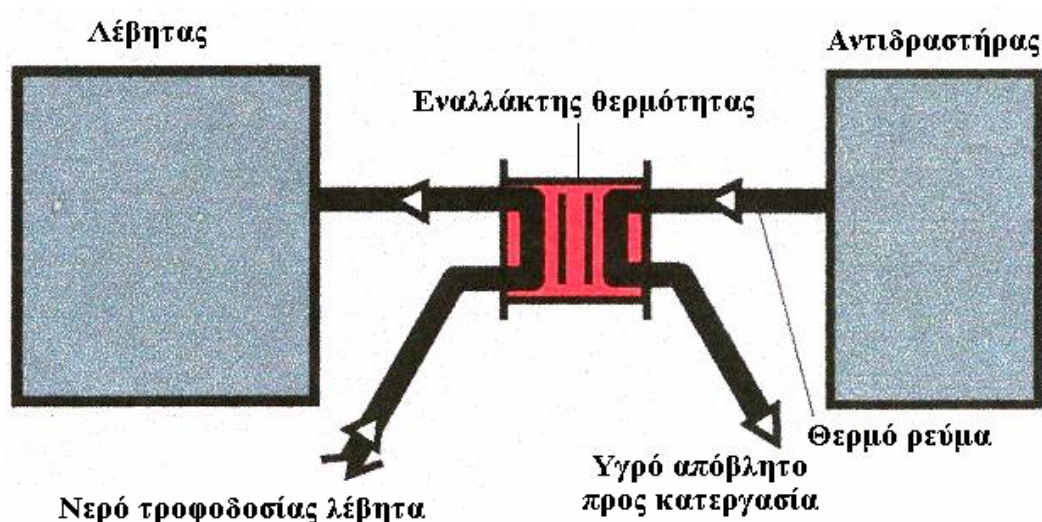
Ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής μιας τέτοιας εφαρμογής δίνεται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1 Θέρμανση με χαμηλής πίεσης ατμό [8].

β. Ανάκτηση θερμότητας από θερμά ρεύματα (Heat Recovery).

Κάθε βιομηχανική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο αριθμό θερμών ρευμάτων τα οποία πρέπει να ψυχθούν ή θερμών ρευστών αποβλήτων τα οποία πριν υποστούν κατεργασία προς απόρριψη πρέπει επίσης να ψυχθούν για να ανακτηθεί η περιεχόμενη σε αυτά ενέργεια.

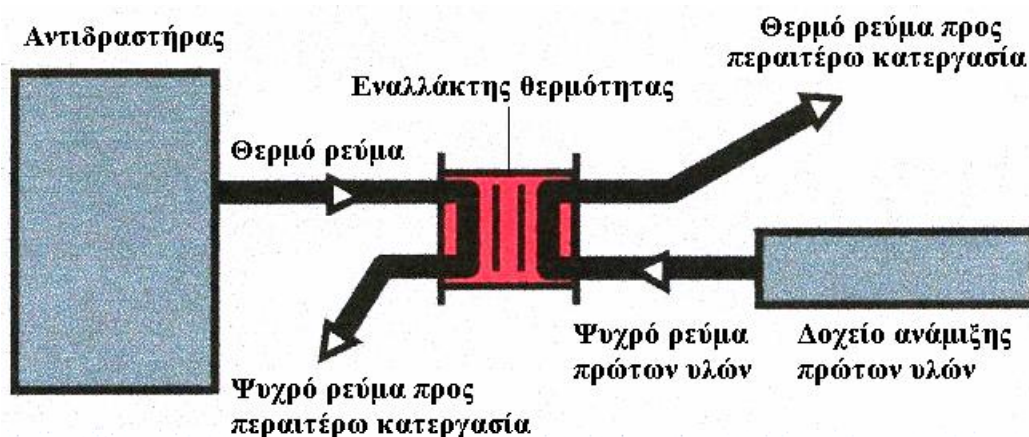


Σχήμα 1.2 Τυπικό διάγραμμα ανάκτησης θερμότητας από θερμό ρεύμα [8].

Ο αποτελεσματικότερος τρόπος ανάκτησης της θερμότητας είναι μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2 χρησιμοποιείται συνήθως για την προθέρμανση του νερού που τροφοδοτεί ένα λέβητα παραγωγής ατμού μειώνοντας με αυτό το τρόπο την κατανάλωση ενέργειας στο λέβητα.

γ. Αναγέννηση θερμότητας (Regenerative Heat Exchange).

Η φιλοσοφία της αναγέννησης θερμότητας είναι η ανάκτηση της ενέργειας ενός θερμού ρεύματος μιας παραγωγικής διαδικασίας που απαιτεί ψύξη για την άμεση θέρμανση ενός άλλου ψυχρού ρεύματος της ίδιας παραγωγικής διαδικασίας, το οποίο απαιτεί θέρμανση πριν την περαιτέρω κατεργασία του (Σχήμα 1.3). Ονομάζεται αναγέννηση θερμότητας διότι μεταφέρει άμεσα ένα ποσό ενέργειας από ένα θερμό ρεύμα εξόδου σε ένα ψυχρό ρεύμα εισόδου της ίδιας παραγωγικής διαδικασίας.

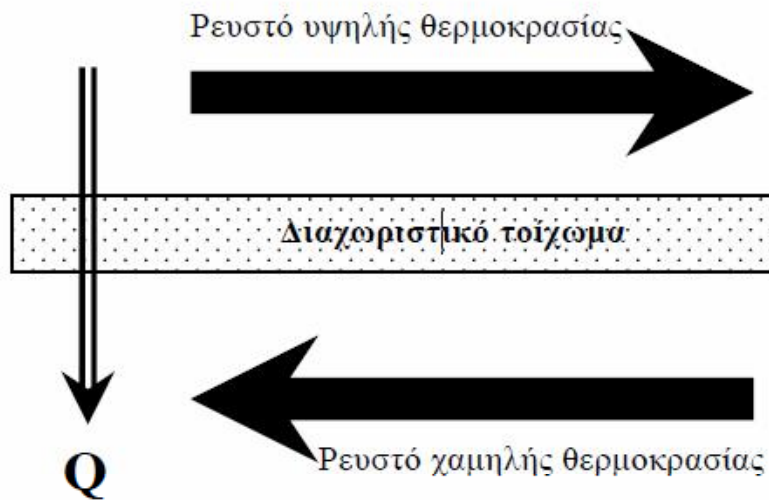


Σχήμα 1.3 Τυπικό διάγραμμα αναγέννησης θερμότητας [8].

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ανεξαρτήτως του τρόπου εφαρμογής των εναλλακτών θερμότητας, η αρχή λειτουργίας τους φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 1.4.

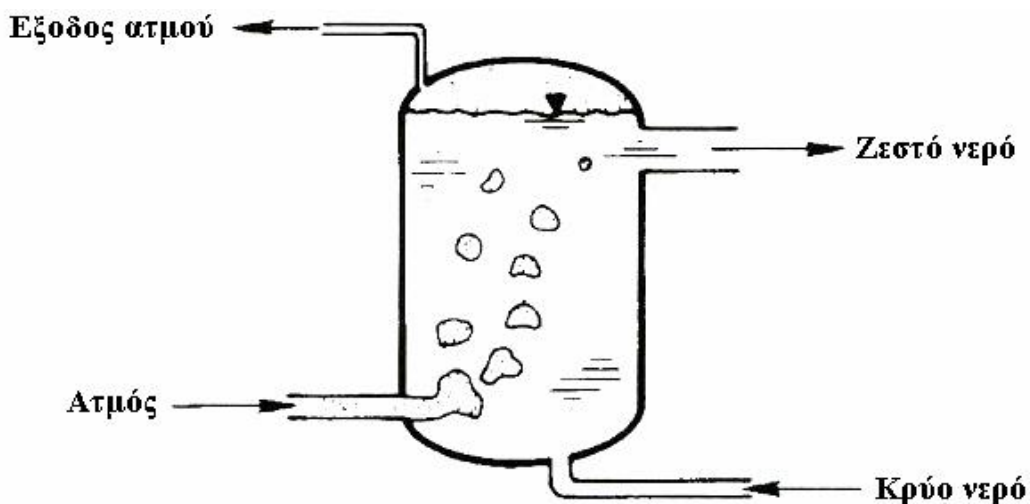
Οι ροές των δύο ρευστών συνήθως διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω ενός μη διαπερατού θερμοαγώγιμου διαχωριστικού τοιχώματος. Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στα δυο ρευστά, υπάρχει ωθούσα δύναμη για μεταφορά ενέργειας υπό μορφή θερμότητας από το ρευστό υψηλής θερμοκρασίας προς το ρευστό χαμηλής θερμοκρασίας μέσω του διαχωριστικού τοιχώματος που έχει ως άμεση συνέπεια την αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου του ψυχρού ρευστού και προφανώς της θερμοκρασίας του.



Σχήμα 1.4 Αρχή λειτουργίας εναλλακτών θερμότητας [8].

Εκτός από το μηχανισμό μεταφοράς ενέργειας που περιγράφεται απλοϊκά στο σχήμα 1.4, υπάρχουν και διατάξεις εναλλαγής ενέργειας όπου υπάρχει άμεση επαφή μεταξύ των δύο ρευστών όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5.

Οι εναλλάκτες θερμότητας αυτού του τύπου ονομάζονται “άμεσης επαφής” και περιέχουν είτε δύο πλήρως μη-αναμίξιμα ρευστά, είτε ένα μη-υγροποιήσιμο αέριο στις συνθήκες λειτουργίας της συσκευής που διέρχεται μέσω ενός ρευστού, είτε τέλος ατμό που διασπείρεται σε ψυχρό νερό. Στο σχήμα 1.5 φαίνεται ένας εναλλάκτης θερμότητας άμεσης επαφής στον οποίο κορεσμένος ατμός έρχεται σε άμεση επαφή με κρύο νερό με συνέπεια ο ατμός να υγροποιείται αποβάλλοντας ενέργεια υπό μορφή θερμότητας ενώ ταυτοχρόνως το νερό να θερμαίνεται.

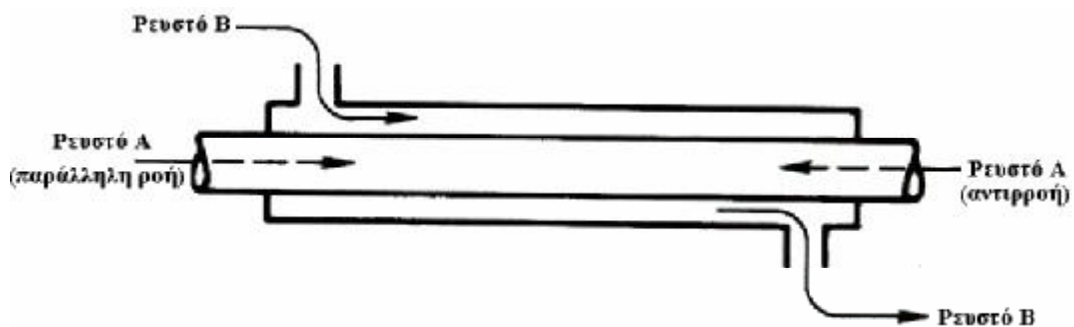


Σχήμα 1.5 Εναλλάκτης θερμότητας άμεσης επαφής [8].

Οι εναλλάκτες θερμότητας με διαχωριστικό τοίχωμα ανάμεσα στα δύο ρευστά αποτελούν την πλειοψηφία των εμπορικών συσκευών εναλλαγής θερμότητας. Αυτού του είδους οι εναλλάκτες θερμότητας διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τύπους:

α) Απλοί εναλλάκτες θερμότητας παράλληλης ροής ή κατά αντιρροή (Parallel flow or counterflow heat exchangers).

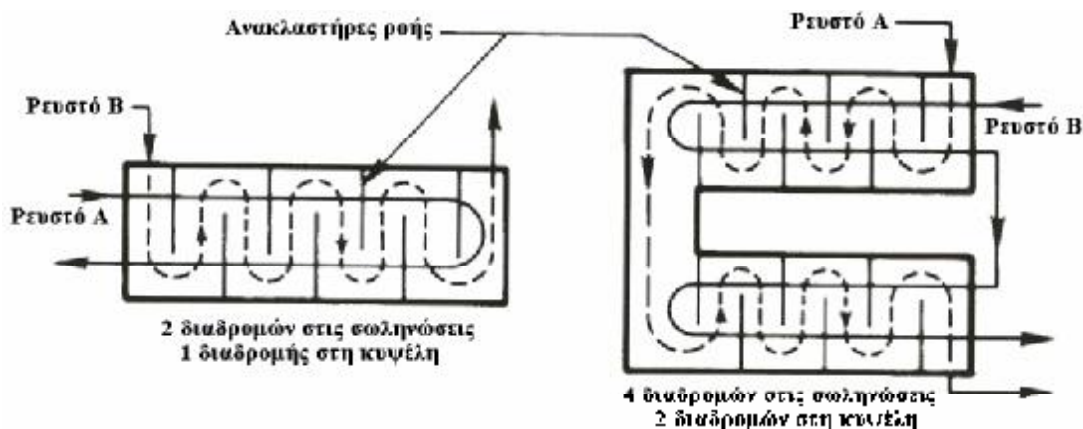
Ο τύπος αυτός είναι ο απλούστερος τύπος εναλλάκτη (Σχήμα 1.6) και αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες με το ένα ρευστό να ρέει διαμέσου του μικρότερου σωλήνα και το δεύτερο στο χώρο που παρεμβάλλεται μεταξύ των σωλήνων.



Σχήμα 1.6 Διατάξεις απλών εναλλακτών θερμότητας [8].

β) Εναλλάκτες θερμότητας με κυψέλη και σωληνώσεις (Shell-and-tube heat exchangers).

Αυτού του τύπου οι εναλλάκτες περιέχουν μεγάλο αριθμό σωλήνων τοποθετημένους μέσα σε ένα κέλυφος με τους άξονές τους τοποθετημένους παράλληλα με τον άξονα του κελύφους.

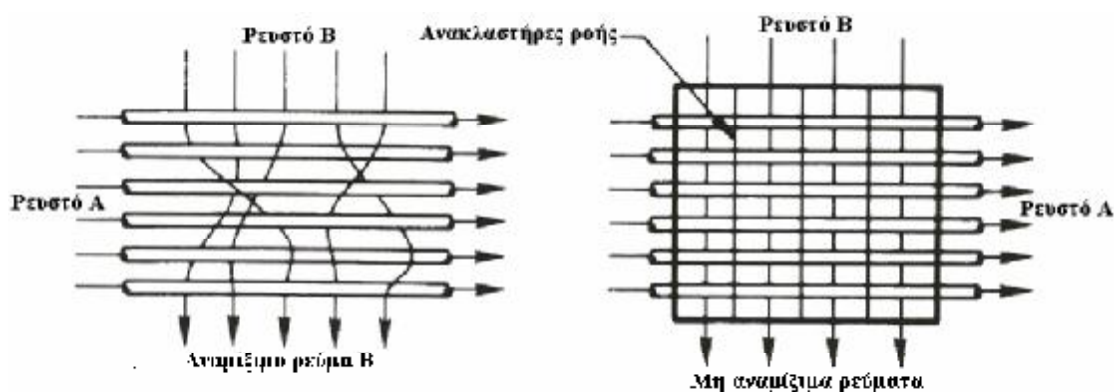


Σχήμα 1.7 Διατάξεις εναλλακτών θερμότητας με κυψέλη και σωληνώσεις [8].

Η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται καθώς το ένα ρευστό εισέρχεται στους σωλήνες ενώ το άλλο ρευστό ρέει στο εξωτερικό τους διαμέσου του διαφράγματος. Οι ανακλαστικές ροές τοποθετούνται συνήθως μέσα στο κέλυφος για να ωθούν το ρευστό που βρίσκεται στην πλευρά του κελύφους να ρέει εγκάρσια του κελύφους ώστε να ενισχύεται η μεταφορά θερμότητας και να διατηρείται ομοιόμορφη απόσταση μεταξύ των σωλήνων.

γ) Εναλλάκτες θερμότητας εγκάρσιας ροής (Cross-flow heat exchangers).

Στους εναλλάκτες θερμότητας εγκάρσιας ροής τα δύο ρευστά ρέουν συνήθως σε κάθετες διευθύνσεις. Η σταυρωτή ροή ταξινομείται σε αναμίξιμη και μη αναμίξιμη. Στο ψυγείο αυτοκινήτου και τα δύο ρευστά είναι μη αναμίξιμα. Η ανάμιξη των δύο ρευστών γενικά επηρεάζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς θερμότητας του εναλλάκτη.



Σχήμα 1.8 Διατάξεις εναλλακτών θερμότητας εγκάρσιας ροής [8].

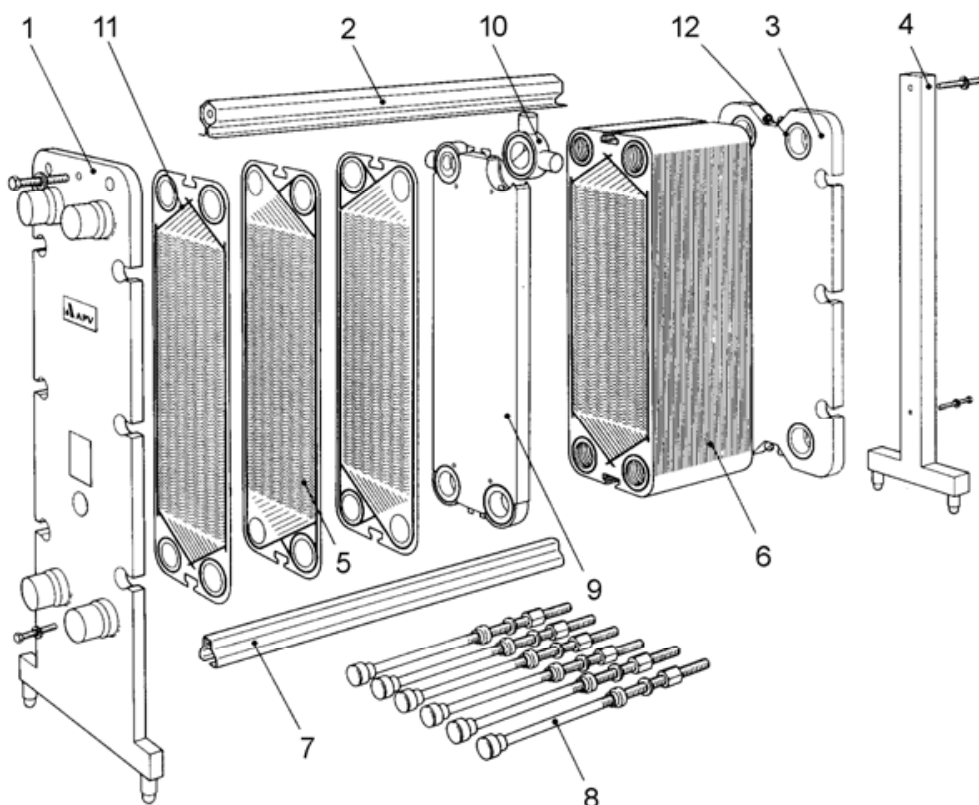
δ) Πλακοειδής εναλλάκτες (Plate heat exchangers).

Είναι ένας πρωτοποριακός τύπος εναλλάκτη που έχει ευρεία εφαρμογή [6]. Απεικονίζεται στο Σχήμα 1.9 και αποτελείται από μία σειρά πολύ λεπτών μεταλλικών πλακών (6) ορθογωνικού σχήματος (5), μονωμένες στην εξωτερική τους περίμετρο με χρήση ελαστικού παρεμβύσματος (11), οι οποίες συγκρατούνται μέσα σε ένα μεταλλικό πλαίσιο (1).

Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται επίπεδες χαλύβδινες διαβάσεις ροής. Η μία από τις δύο ράβδους του πλαισίου (3), διαθέτει κατάλληλες υποδοχές με θύρες σύνδεσης (12) για τα ρεύματα ροής, ενώ η δεύτερη είναι μετακινούμενη και τοποθετείται ανάλογα με τον αριθμό των πλακών.

Επιπλέον το πλαίσιο διαθέτει οδηγητικές ράβδους (2,7) οι οποίες επιτρέπουν τη σωστή και ευθυγραμμισμένη τοποθέτηση των πλακών. Για το σκοπό αυτό οι πλάκες του εναλλάκτη διαθέτουν μία εγκοπή στο μέσο κάθε πλευράς τους, ώστε να προσαρμίζονται στις οδηγητικές ράβδους. Το σύνολο των πλακιδίων και του πλαισίου συσφίγγεται με χρήση κοχλιών μεγάλου μήκους (8), διασφαλίζοντας την καλύτερη απομόνωση των σχηματισμένων

καναλιών του εναλλάκτη. Σε περίπτωση που ο αριθμός των πλακών ξεπεράσει μία τιμή ανάλογη με το μέγεθος του εναλλάκτη, τότε χρησιμοποιείται συνδετική μεταλλική πλάκα (9) και οδηγός-συνδετήρας (10) για την αποφυγή κάμψης της κάτω ράβδου.



Σχήμα 1.9 Δομή ενός πλακοειδούς εναλλάκτη [6].

Οι περισσότεροι μεγάλης κλίμακας βιομηχανικοί εναλλάκτες θερμότητας ανήκουν στη κατηγορία των εναλλακτών θερμότητας με κυψέλη και σωληνώσεις επειδή εξαιτίας του ιδιαίτερου σχεδιασμού τους (ροή ρευστού Β εγκάρσια προς τις σωληνώσεις) εξασφαλίζουν υψηλή απόδοση εναλλαγής θερμότητας ανάμεσα στα δύο ρευστά.

Τέλος, ανάλογα με τη φύση της εφαρμογής χρησιμοποιούνται και άλλου είδους εναλλάκτες όπως οι εναλλάκτες προεκτεταμένης επιφάνειας με πτερύγια, οι εναλλάκτες αερίου-αερίου, οι αερόψυκτοι εναλλάκτες, οι συμπυκνωτές (condensers), οι εξατμιστήρες (evaporators) και οι αναγεννητές (regenerators).

1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ένας εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να μελετηθεί μέσω των παρακάτω δύο διαφορετικών προσεγγίσεων [1].

- α) Τη μέθοδο της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς,
- β) Τη μέθοδο αποτελεσματικότητας της μεταφοράς θερμότητας.

1.4.1 Μέθοδος μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς (Μ.Λ.Θ.Δ)

Για τη κατανόηση αυτής της μεθόδου θα αναλυθεί η περίπτωση των απλών εναλλακτών θερμότητας παράλληλης ροής και κατά αντιρροή.

Α) Εναλλάκτης θερμότητας παράλληλης ροής

Ο απλός εναλλάκτης θερμότητας παράλληλης ροής αποτελείται από δύο ομόκεντρους κυλινδρικούς αγωγούς όπου στον εσωτερικό αγωγό ρέει το ρευστό υψηλής θερμοκρασίας (θερμό ρεύμα) και στον εξωτερικό αγωγό ρέει το ρευστό χαμηλής θερμοκρασίας (ψυχρό ρεύμα). Καθώς τα δύο ρευστά ρέουν μέσα στη συσκευή προς την ίδια κατεύθυνση (παράλληλη ροή) μεταφέρεται ενέργεια από το θερμό προς το ψυχρό ρεύμα με συνέπεια να αυξάνεται η θερμοκρασία του ψυχρού ρεύματος (T_c) και να μειώνεται η θερμοκρασία του θερμού (T_h), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.10.

Τονίζεται ότι σε αυτούς τους εναλλάκτες θερμότητας δεν είναι δυνατό να λάβει χώρα αλλαγή της φυσικής κατάστασης των δύο ρευστών (υγροποίηση ή εξάτμιση) πράγμα που σημαίνει ότι όλο το ποσό της μεταφερόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για τη μεταβολή της θερμοκρασίας των δύο ρευστών.

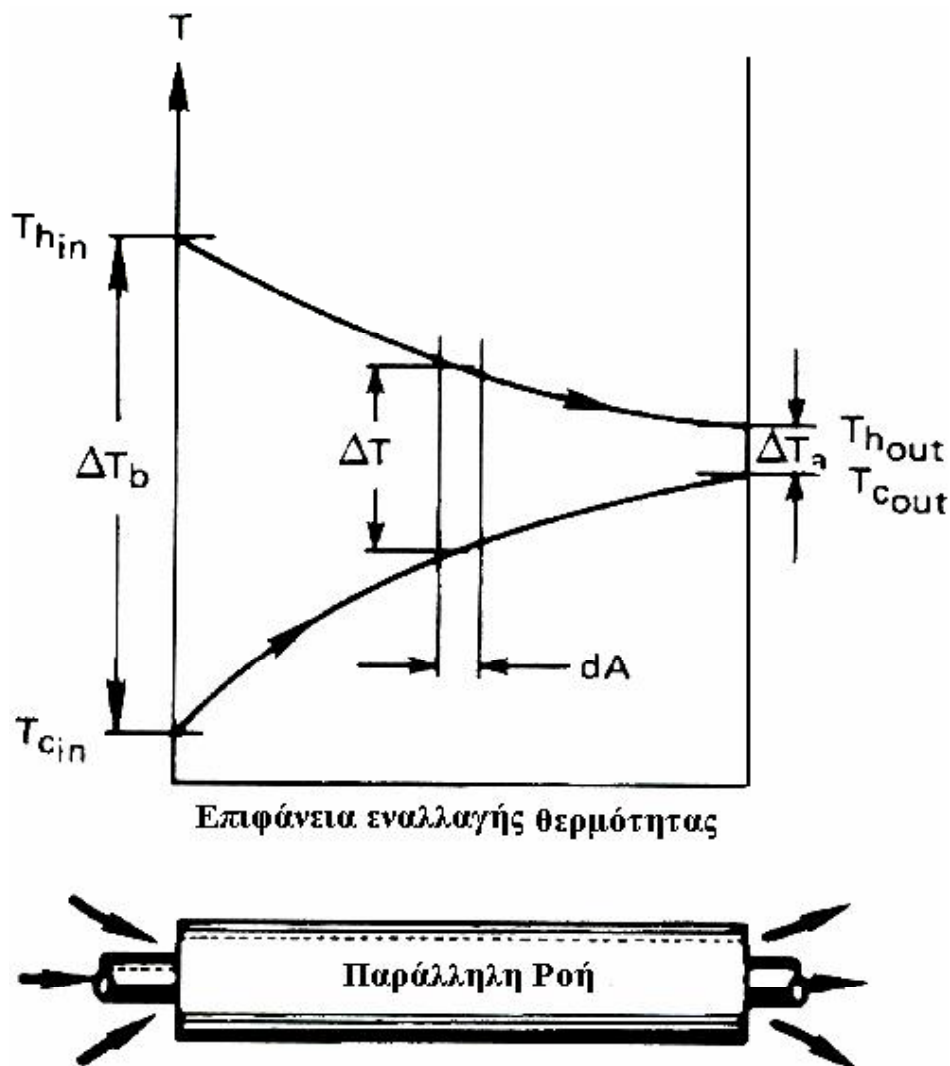
Η μέθοδος της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς δέχεται ότι ο ολικός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας, \dot{Q} , από το θερμό στο ψυχρό ρεύμα μέσω της συνολικής επιφάνειας, A , του εναλλάκτη θερμότητας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T_m \quad (1.1)$$

όπου:

U είναι ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας και ΔT_m είναι η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στα δύο ρευστά.

Συνεπώς, το πρόβλημα του υπολογισμού του εναλλάκτη θερμότητας ανάγεται σε πρόβλημα προσδιορισμού της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς ανάμεσα στα δύο ρευστά του εναλλάκτη.



Σχήμα 1.10 Θερμοκρασιακή κατανομή στα ρευστά απλού εναλλάκτη θερμότητας παράλληλης ροής [8].

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής και θεωρώντας αμελητέες τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μέσω ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας από το θερμό ρευστό θα πρέπει να είναι ίσος με το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας προς το ψυχρό ρευστό. Οπότε θα ισχύει:

$$\dot{Q} = \dot{m}_c \cdot C_{pc} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad (1.2)$$

και

$$\dot{Q} = \dot{m}_h \cdot C_{ph} \cdot (T_{hi} - T_{ho}) \quad (1.3)$$

όπου T_{hi} , T_{ho} οι θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου αντίστοιχα του θερμού ρευστού και T_{ci} , T_{co} οι θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου αντίστοιχα του ψυχρού ρευστού.

Αν θεωρήσουμε ένα διαφορικό όγκο ελέγχου με επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας dA όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.10, τότε ο διαφορικός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας, $d\dot{Q}$, από το θερμό στο ψυχρό ρεύμα μέσα από τη διαφορική επιφάνεια δίνεται από την εξίσωση:

$$d\dot{Q} = U \cdot dA \cdot \Delta T \quad (1.4)$$

όπου $\Delta T = T_h - T_c$ είναι η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στα δύο ρευστά μέσα στο διαφορικό όγκο ελέγχου.

Εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης ενέργειας για κάθε ρευστό χωριστά προκύπτουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$d\dot{Q} = -\dot{m}_h \cdot C_{ph} \cdot dT_h \quad (1.5)$$

και

$$d\dot{Q} = \dot{m}_c \cdot C_{pc} \cdot dT_c \quad (1.6)$$

Δηλαδή ο ρυθμός απώλειας θερμότητας από το θερμό ρευστό σε οποιοδήποτε τμήμα του εναλλάκτη θερμότητας είναι ίσος με το ρυθμό κέρδους θερμότητας από το ψυχρό ρευστό σε αυτό το τμήμα.

Η λύση των παραπάνω εξισώσεων ως προς dT_h και dT_c δίνει:

$$dT_h = -\frac{d\dot{Q}}{\dot{m}_h \cdot C_{ph}} \quad (1.7)$$

και

$$dT_c = \frac{d\dot{Q}}{\dot{m}_c \cdot C_{pc}} \quad (1.8)$$

Αφαιρώντας κατά μέλη τις εξισώσεις (1.7) και (1.8) παίρνουμε:

$$dT_h - dT_c = d(T_h - T_c) = -d\dot{Q} \left(\frac{1}{\dot{m}_h C_{ph}} - \frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} \right) \quad (1.9)$$

Αντικαθιστώντας στην παραπάνω σχέση το $d\dot{Q}$ από την (1.4) παίρνουμε:

$$\frac{d(T_h - T_c)}{(T_h - T_c)} = -UdA \left(\frac{1}{\dot{m}_h C_{ph}} - \frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} \right) \quad (1.10)$$

Η ολοκλήρωση της παραπάνω σχέσης από την είσοδο του εναλλάκτη έως την είσοδό του δίνει:

$$\ln \left(\frac{T_{ho} - T_{co}}{T_{hi} - T_{ci}} \right) = -UA \left(\frac{1}{\dot{m}_h C_{ph}} - \frac{1}{\dot{m}_c C_{pc}} \right) \quad (1.11)$$

Λύνοντας τώρα τις σχέσεις (1.2) και (1.3) ως προς $\dot{m}_c \cdot C_{pc}$ και $\dot{m}_h \cdot C_{ph}$ αντίστοιχα και αντικαθιστώντας στην εξίσωση (1.11) καταλήγουμε στη σχέση (1.1):

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T_m$$

όπου

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (1.12)$$

είναι η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά και ΔT_1 , ΔT_2 είναι η διαφορά θερμοκρασίας των δύο ρευστών στην είσοδο και στην έξοδο του εναλλάκτη αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται εύκολα και από τη σχέση (1.12), η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά παραμένει αναλλοίωτη ανεξάρτητα από το ποιο σημείο του εναλλάκτη θα θεωρηθεί είσοδος και ποιο έξοδος. Ακόμη η ΔT_m είναι πάντα μικρότερη από τη μέση τιμή της θερμοκρασιακής διαφοράς των δύο ρευστών στο εσωτερικό του εναλλάκτη.

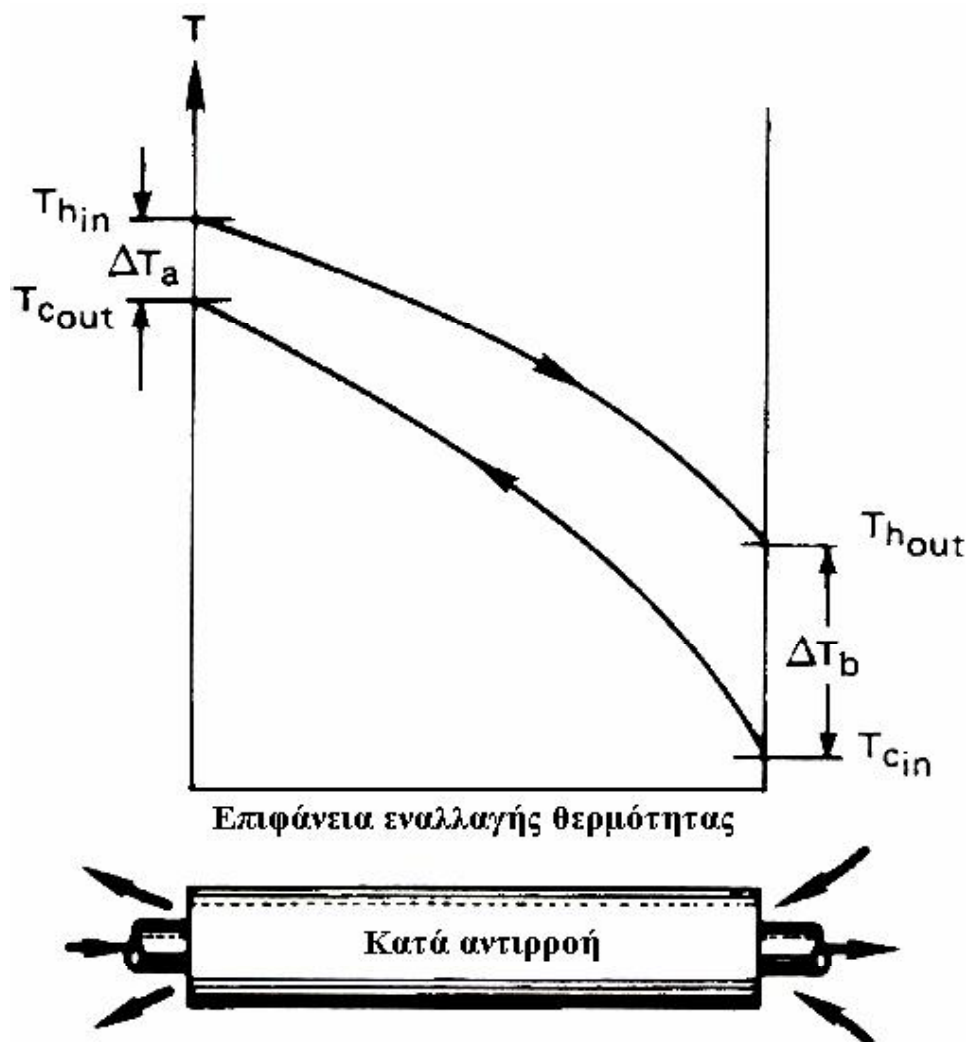
B) Εναλλάκτης θερμότητας αντιρροής

Η μεταβολή των θερμοκρασιών του θερμού και του ψυχρού ρευστού στον εναλλάκτη θερμότητας αντιρροής φαίνεται στο Σχήμα 1.11.

Το θερμό και το ψυχρό ρευστό εισέρχονται στον εναλλάκτη από αντίθετα άκρα. Η θερμοκρασία εξόδου του ψυχρού ρευστού δεν μπορεί να υπερβεί τη

θερμοκρασία εισόδου του θερμού ρευστού γιατί αυτό θα παράβαινε το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.

Με επανάληψη της παραπάνω ανάλυσης για τον εναλλάκτη παράλληλης ροής μπορεί να αποδειχθεί ότι η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά δίνεται από τη σχέση (1.12) και για τον εναλλάκτη αντιροής μόνο που οι θερμοκρασιακές διαφορές ΔT_1 , ΔT_2 εκφράζονται όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.11.



Σχήμα 1.11 Θερμοκρασιακή κατανομή στα ρευστά απλού εναλλάκτη θερμότητας κατά αντιροή [8].

Στους εναλλάκτες θερμότητας αντιροής η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά είναι πάντα μεγαλύτερη από αυτήν του εναλλάκτη παράλληλης ροής για δεδομένες θερμοκρασίες εισόδου των ρευστών. Έτσι, απαιτείται μικρότερο εμβαδόν (επομένως και μικρότερη εναλλάκτης θερμότητας) για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου ρυθμού μεταφοράς

θερμότητας σε εναλλάκτη αντιρροής. Για αυτόν το λόγο συνηθίζεται στην καθημερινή πρακτική η χρήση διατάξεων αντιρροής σε εναλλάκτες θερμότητας.

1.4.2 Μέθοδος αποτελεσματικότητας της μεταφοράς θερμότητας

Η μέθοδος αποτελεσματικότητας της μεταφοράς θερμότητας (Number of Transfer Units-NTU) που εφευρέθηκε από τους Kays και London το 1955 απλοποιεί κατά πολύ την ανάλυση του εναλλάκτη θερμότητας. Αυτή η νέα μέθοδος βασίζεται σε μία αδιάστατη παράμετρο, ε , που ονομάζεται αποτελεσματικότητα της μεταφοράς θερμότητας και ορίζεται ως ο λόγος του πραγματικού ρυθμού μεταφοράς θερμότητας προς το μέγιστο δυνατό ρυθμό μεταφοράς θερμότητας:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}} \quad (1.13)$$

Ο προσδιορισμός του μέγιστου δυνατού ρυθμού μεταφοράς θερμότητας σε έναν εναλλάκτη θερμότητας προϋποθέτει την παραδοχή ότι η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας είναι η διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία εισόδου του θερμού και του ψυχρού ρευστού. Τελικά, αποδεικνύεται ότι ο μέγιστος δυνατός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας είναι:

$$\dot{Q}_{\max} = C_{\min} \cdot (T_{hi} - T_{ci}) \quad (1.14)$$

όπου C_{\min} είναι ο μικρότερος από τους ρυθμούς θερμοχωρητικότητας οι οποίοι για τα δύο ρευστά ορίζονται από τις σχέσεις:

$$C_h = \dot{m}_h \cdot C_{ph} \quad (1.15)$$

και

$$C_c = \dot{m}_c \cdot C_{pc} \quad (1.16)$$

1.5. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Τα ρευστά που μεταδίδουν τη θερμότητα περιέχουν, στις περισσότερες περιπτώσεις, ποσά αιρούμενων ή διαλυμένων ουσιών ή/και επιτρέπουν την

ανάπτυξη μικροοργανισμών στις επιφάνειες του εναλλάκτη θερμότητας. Έτσι, οι επιφάνειες του εναλλάκτη, μετά από μια περίοδο λειτουργίας του, μπορεί να καλυφθούν από διάφορες επικαθίσεις ή/και να διαβρωθούν. Οι επικαθίσεις αυτές έχουν, συνήθως, πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι, ένα λεπτό στρώμα επικαθίσεων μπορεί να προκαλεί μια πρόσθετη αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας, μειώνοντας έτσι τη συνολική απόδοση του εναλλάκτη.

Η διαδικασία της εναπόθεσης των διάφορων υλικών στις επιφάνειες θερμοεναλλαγής ονομάζεται ρύπανση αυτών, ενώ η αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας που προκαλείται από τις επικαθίσεις ονομάζεται αντίσταση ρύπανσης ή συντελεστής ρύπανσης (fouling factor) και συμβολίζεται με R_f . Ο συντελεστής αυτός πρέπει να συμπεριλαμβάνεται μαζί με τις άλλες θερμικές αντιστάσεις, στον υπολογισμό του ολικού συντελεστή μετάδοσης θερμότητας.

Οι συντελεστές ρύπανσης υπολογίζονται πειραματικά, δοκιμάζοντας τον εναλλάκτη κάτω από διάφορες συνθήκες (καθαρές επιφάνειες και επιφάνειες με αποθέσεις) και ορίζονται από την σχέση:

$$R_f \equiv \frac{1}{U_{dirty}} - \frac{1}{U_{clean}} \quad (1.17)$$

Στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συνηθέστερες επικαθίσεις με τις αντίστοιχες τυπικές τιμές του συντελεστή ρύπανσης.

Πίνακας 1.1 Συντελεστές ρύπανσης μερικών συνηθισμένων ρευστών [6].

Ρευστό	R_f	
	hr·ft ² ·°F / Btu	m ² ·K / W
Νερό θαλάσσης (< 52°C, 125°F)	0.0005	0.00009
Νερό θαλάσσης (> 52°C, 125°F)	0.001	0.0002
Επεξεργασμένο νερό πλήρωσης βραστήρα (> 52°C, 125°F)	0.001	0.0002
Ορυκτέλαιο	0.005	0.0009
Λάδι βαφής (ψύξης)	0.004	0.0007
Ατμοί αλκοολών	0.0005	0.00009
Ατμός	0.0005	0.00009
Βιομηχανικός αέρας	0.002	0.0004
Ψυκτικό Υγρό	0.001	0.0002

Για την αντιμετώπιση των επικαθίσεων στους εναλλάκτες θερμότητας το σημαντικότερο βήμα είναι ο σωστός σχεδιασμός τους, ο οποίος πρέπει να περιλαμβάνει:

- α) την επιλογή του κατάλληλου τύπου εναλλάκτη θερμότητας,
- β) την αναζήτηση των βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας, όπως για παράδειγμα τη βέλτιστη ταχύτητα ροής των ρευστών και
- γ) την όσο το δυνατόν καλύτερη κατασκευή του εναλλάκτη.

Η απομάκρυνση της ρύπανσης μπορεί να γίνει με μηχανικά μέσα, όπως με πεπιεσμένο αέρα ή ατμό, βούρτσισμα ή ξύσιμο, αλλά και με χημικά μέσα, όπως με το πλύσιμο των επιφανειών του εναλλάκτη με κατάλληλα χημικά που προσβάλλουν το υλικό των επικαθίσεων. Προληπτικά, η χρήση χημικών ουσιών μπορεί να μειώσει σημαντικά το φαινόμενο των επικαθίσεων από διαλυμένες ουσίες, αλλά και η επιλογή των κατάλληλων υλικών για την κατασκευή των εναλλακτών μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης της ροής των ρευστών με το υλικό των επιφανειών.

1.6 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μία από τις σημαντικές ενέργειες ενός Μηχανικού είναι να επιλέξει μέσα από μία πληθώρα ετοιμοπαράδοτων εναλλακτών θερμότητας διαφόρων τύπων, τον καταλληλότερο εναλλάκτη προς χρήση. Οι παράγοντες που καθορίζουν την απόφαση αυτή είναι πολλοί και με διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας ο καθένας. Ο σύγχρονος Μηχανικός έχει στη διάθεσή του ορισμένα χρήσιμα διαγράμματα, πρότυπα αλλά και προγράμματα στα οποία μπορεί να καταφύγει, ωστόσο ο συνδυασμός των παραγόντων που τίθενται ως περιορισμοί σπάνια είναι ίδιοι. Έτσι οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για τον γρήγορο αποκλεισμό ορισμένων τύπων.

Οι κυριότεροι από τους παράγοντες αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

Ο Ρυθμός Μεταφοράς Θερμότητας

Ο ρυθμός Μεταφοράς Θερμότητας είναι η σημαντικότερη ποσότητα κατά την επιλογή ενός εναλλάκτη. Ο εναλλάκτης που θα επιλεγεί θα πρέπει να εξασφαλίσει ένα συγκεκριμένο ρυθμό μεταφοράς θερμότητας, ώστε να επιτευχθεί η θερμοκρασιακή μεταβολή του ρευστού σε καθορισμένη παροχή μάζας.

Το Κόστος

Οι οικονομικοί περιορισμοί παίζουν σημαντικότερο ρόλο στην επιλογή των εναλλακτών. Οι ετοιμοπαράδοτοι εναλλάκτες κοστίζουν πολύ λιγότερο από τους κατά παραγγελία εναλλάκτες, ωστόσο ενδέχεται κανένας από τους υπάρχοντες στην αγορά εναλλάκτες να μη μπορεί να επιτελέσει την εργασία για την οποία προορίζεται. Έτσι η κατασκευή του είναι αναγκαία, ιδιαίτερα

όταν χρειάζεται να ενταχθεί σε μία ολοκληρωμένη διάταξη. Το χαρακτηριστικό μέγεθος για την κοστολόγηση των εναλλακτών είναι η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας A .

Το πάγιο κόστος ενός εναλλάκτη C_f δίνεται από τον τύπο:

$$C_f = f_d \cdot f_m \cdot f_p \cdot C_b \quad (1.18)$$

όπου:

$$f_d = \exp[-1.1156 + 0.0906 \cdot (\ln A)]$$

παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από τον τύπο του εναλλάκτη,

$$f_m = 1.204 + 0.50764 \cdot (\ln A)$$

παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από το υλικό της κατασκευής,

$$f_p = 0.7771 + 0.04981 \cdot (\ln A)$$

παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από την πίεση λειτουργίας

$$C_b = \exp[8,821 - 0.30863 \cdot (\ln A) + 0.0681 \cdot (\ln A)^2]$$

Το αποτέλεσμα της παραπάνω σχέσης αναπροσαρμόζεται κάθε έτος με τη βοήθεια των οικονομικών δεικτών του περιοδικού *Chemical Engineering*, ώστε να υπολογιστεί το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του εναλλάκτη.

Για να είναι ορθολογική μια επένδυση πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμη και να έχει κάποια, ελάχιστα έστω, οικονομικά αποτελέσματα. Η τεχνικά ωφέλιμη περίοδος λειτουργίας των εναλλακτών θερμότητας, είναι συνήθως από 10 έως 30 χρόνια, ανάλογα με το σχεδιασμό και τις συνθήκες λειτουργίας τους. Μέσα σε αυτό το διάστημα, το όφελος από τη χρήση τους πρέπει να αντισταθμίζει τουλάχιστον το κόστος της εγκατάστασης και της λειτουργίας τους.

Η Πτώση Πίεσης

Η Πτώση πίεσης δημιουργείται μέσα στον εναλλάκτη από τις συνθήκες ροής των ρευστών και σχετίζεται άμεσα με την ισχύ άντλησης. Αυξημένες πτώσεις πίεσης εντός του εναλλάκτη αυξάνουν την ισχύ άντλησης και συνεπώς το λειτουργικό κόστος του εναλλάκτη, διότι τα βοηθητικά εξαρτήματα (αντλίες, ανεμιστήρες) που χρησιμοποιούνται για την άντληση των ρευστών καταναλώνουν ενέργεια. Πέρα από τον οικονομικό παράγοντα, και οι απαιτήσεις της διεργασίας συχνά επιβάλλουν μικρή πτώση πίεσης διότι ενδέχεται τα κατασκευαστικά υλικά να μην αντέχουν τις τάσεις αυξημένων πιέσεων και θερμοκρασιών. Ωστόσο, η μειωμένη πτώση πίεσης δεν αποτελεί κανόνα, διότι έχει παρατηρηθεί ότι μειώνεται ταυτόχρονα ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας και συνεπώς θα χρειαστεί ένας μεγαλύτερος εναλλάκτης για να επιτελέσει το ίδιο καθήκον. Με αυτή τη λογική αυξάνεται πάλι το αρχικό κόστος αγοράς. Συνεπώς απαιτείται να βρεθεί μια χρυσή τομή ανάμεσα στην πτώση πίεσης και το μέγεθος του εναλλάκτη.

Το Μέγεθος και το Βάρος

Γενικά είναι προτιμότερο ο εναλλάκτης θερμότητας να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και ελαφρύτερος. Ιδιαίτερα σε ορισμένες εφαρμογές, όπως στην αεροναυπηγική και την αυτοκινητοβιομηχανία το μικρό μέγεθος και βάρος επιβάλλονται. Δεδομένου ότι το κόστος ενός εναλλάκτη επηρεάζεται κυρίως από την επιφάνειά του A , ένας μεγαλύτερος εναλλάκτης κοστίζει περισσότερο.

Το Είδος και οι Ιδιότητες των Ρευστών

Το είδος του εναλλάκτη θερμότητας που επιλέγεται επηρεάζεται από τις ιδιότητες και τη χημική συμπεριφορά των ρευστών, ιδιαίτερα όταν στη διεργασία περιλαμβάνεται και αλλαγή φάσης κάποιου ρευστού.

Τα Υλικά Κατασκευής

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός εναλλάκτη ενδέχεται να μην αντέχουν κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας, όπως μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές. Σε αυτήν την περίπτωση τίθεται πρόβλημα διαφορικής θερμικής διαστολής. Επιπλέον όταν γίνεται χρήση ενός διαβρωτικού ρευστού περιορίζονται οι δυνατότητες επιλογής των μετάλλων και συνήθως χρησιμοποιείται το ανοξείδωτο ατσάλι ή το τιτάνιο, τα οποία είναι σχετικά ακριβά υλικά.

Άλλοι Παράγοντες

Υπάρχουν και ορισμένοι άλλοι πολλοί σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τελική επιλογή του αρμόδιου Μηχανικού, όπως η ασφάλεια και η αξιοπιστία του εναλλάκτη, η στεγανότητα για την αποφυγή διαρροών, η ευκολία στη συντήρηση και την επισκευή καθώς επίσης και το χαμηλό επίπεδο θορύβου (συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού).

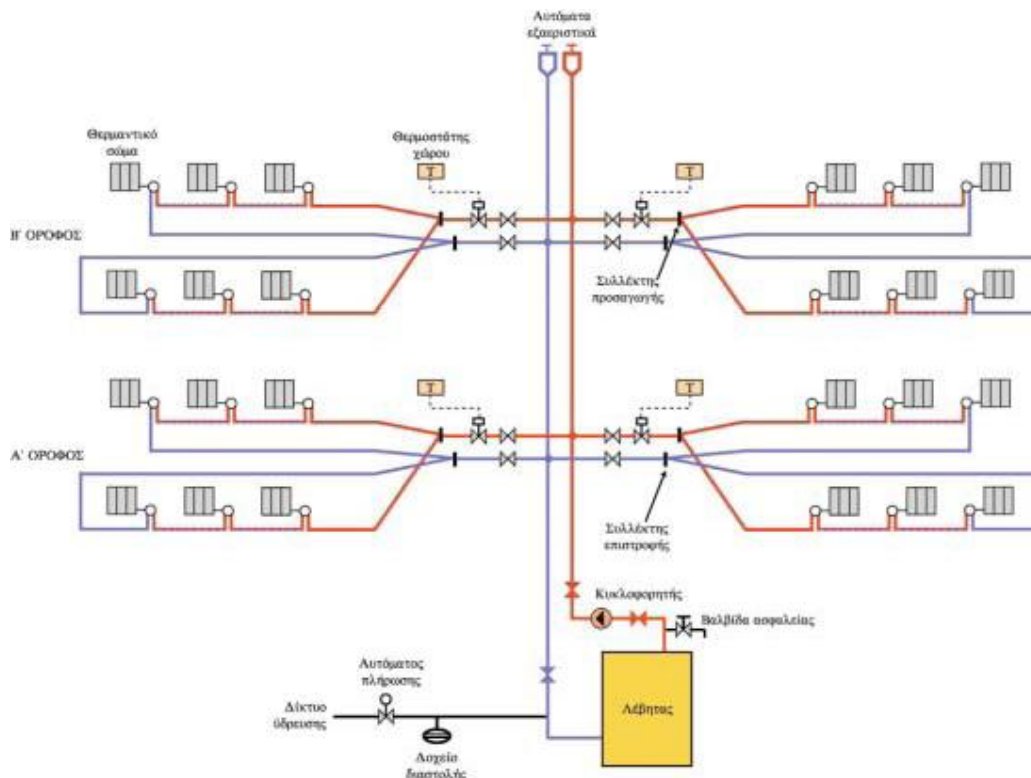
Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι εναλλάκτες δεν λειτουργούν στις συνθήκες για τις οποίες σχεδιάστηκαν. Συνήθως επιλέγεται ένας ετοιμοπαράδοτος εναλλάκτης και αν για παράδειγμα κατά τον σχεδιασμό του, έχει συμπεριληφθεί ο παράγοντας επικαθήσεων R_F , αρχικά θα είναι υπερσχεδιασμένος και πριν τη συντήρησή του υποσχεδιασμένος.

Οι σύγχρονες διαδικασίες διασφάλισης της ποιότητας, καθιστούν επιτακτικό και αναγκαίο τον έλεγχο του εναλλάκτη που παραλαμβάνεται για να εξακριβωθεί κατά πόσον ισχύουν οι αρχικές προδιαγραφές σχεδιασμού του.

2. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Κεντρική Θέρμανση ονομάζεται η παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων ή/και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ένα κεντρικό σύστημα εγκατεστημένο σε ένα κτίριο (ή σύνολο κτιρίων) για το σκοπό αυτό. Το κεντρικό αυτό σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων συσκευών και οργάνων, και συγκεκριμένα από το λέβητα, τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, τη δεξαμενή καυσίμων, τις διατάξεις ασφαλείας, τις σωληνώσεις, την καπνοδόχο και τα θερμαντικά σώματα. Η ενέργεια που παράγεται, μεταφέρεται στους διάφορους χώρους μέσω ενός θερμαντικού μέσου (νερό, ατμός, αέρας) ενώ η διανομή επιτυγχάνεται μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ή αεραγωγών, ή ακόμη και με συνδυασμό και των δύο.



Σχήμα 2.1 Κατακόρυφο διάγραμμα κεντρικής θέρμανσης θερμού νερού [10].

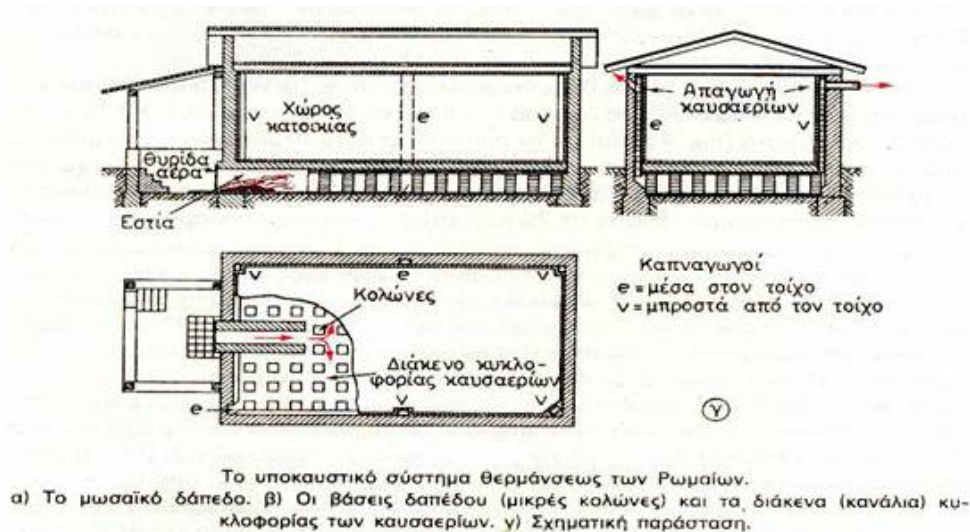
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο άνθρωπος από τα πανάρχαια χρόνια προσπάθησε να εξασφαλίσει μια ευχάριστη, ή έστω ανεκτή κατάσταση περιβάλλοντος, στους χώρους παραμονής και απασχόλησής του. Η φωτιά ήταν το πρώτο μέσο που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για να μεταβάλλει την θερμοκρασία του άμεσου περιβάλλοντος του, διαφοροποιώντας τον από τα υπόλοιπα ζώα. Η φωτιά προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι και το αρχαιότερο καύσιμο.

Η εξέλιξη της ανοιχτής φωτιάς ήταν οι εστίες-δοχεία, φτιαγμένες αρχικά από λάσπη και χόρτα ή από πηλό, πάνω στις οποίες καίγονταν τα ξύλα. Τόσο οι αρχαίοι Έλληνες όσο και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν στις μικρές κατοικίες τους ένα δοχείο (μαγκάλι) για την καύση των ξύλων, που ήταν τοποθετημένο στο κέντρο της κατοικίας. Αρχικά τα μόνα ανοίγματα για την απαγωγή του καπνού ήταν τα παράθυρα και οι πόρτες. Για την καταπολέμηση του καπνού, οι Ρωμαίοι επινόησαν τον ξυλάνθρακα, ο οποίος παρασκευάζεται από ξύλα, καίγεται σε επίπεδες επιφάνειες και δεν παράγει καπνό. Μια περαιτέρω εξέλιξη αποτέλεσε το άνοιγμα μιας οπής στην οροφή ή στη στέγη της κατοικίας, η οποία επέτρεπε την έξοδο του καπνού και του καυσαερίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Γύρω από την οπή αυτή συνήθως έχτιζαν μία πυργοειδή απόληξη με διακοσμητικά στοιχεία.

Από την άλλη μεριά, η πρώτη κεντρική θέρμανση εμφανίζεται στην Ρωμαϊκή αυτοκρατορία το 80 π.Χ., η λεγόμενη και υπόκαυστη θέρμανση, όπου υπήρχε κενός χώρος κάτω από το δάπεδο στις πολυτελείς κατοικίες ώστε να περνά ο θερμός καπνός που παράγονταν σε μία κεντρική εστία. Στη συνέχεια τα καυσαέρια διαπερνούσαν τις διάτρητες τοιχοποιίες και έτσι οδηγούνταν στην ατμόσφαιρα, χωρίς να υπάρχουν καμινάδες. Το συγκεκριμένο σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιήθηκε και για την θέρμανση δημοσίων λουτρών, καθώς από ανασκαφές ανακαλύφθηκε πως από το 10 π.Χ. μέχρι το 324 μ.Χ. τουλάχιστον 17 τέτοιοι χώροι χρησιμοποιούσαν την υπόκαυστη θέρμανση.

Το συγκεκριμένο σύστημα αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματικό, καθώς διάφορες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε καλά διατηρημένα λουτρά της Κωνσταντινούπολης έδειξαν πως η θερμοκρασία του δαπέδου κυμαίνονταν από 25 μέχρι 35°C και η θερμοκρασία των τοίχων από 19 μέχρι 32°C, καταναλώνοντας περίπου 130 kg/h ξυλείας, με βαθμό απόδοσης 90%. Φυσικά το σύστημα δεν ήταν αυτόματο και ούτε εύκολο στην ρύθμιση, ενώ η προθέρμανση διαρκούσε περίπου τρεις ημέρες.



Σχήμα 2.2 Σχηματική απεικόνιση Ρωμαϊκής κατοικίας με σύστημα υπόκαυστης θέρμανσης [10].

Αν και οι Ρωμαίοι ήταν αυτοί που ασχολήθηκαν με την κεντρική θέρμανση κατά την αρχαιότητα, από έρευνες φαίνεται πως δεν ήταν οι πρώτοι. Παλαιότερα από τους Ρωμαίους οι αρχαίοι Έλληνες, και δη οι Λακεδαιμόνιοι, είχαν χρησιμοποιήσει παρόμοιο σύστημα οριζόντιων καπνοδόχων μέσα στο δάπεδο για την θέρμανση του Μεγάλου Τέμπλου στην Έφεσο, το 350 π.Χ.

Η τέχνη και η επιστήμη της υπόκαυστης θέρμανσης χάθηκε μετά την πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας ενώ η επιστήμη της θέρμανσης δεν αναπτύχθηκε ιδιαίτερα και την περίοδο του Μεσαίωνα. Αντίθετα, κατά το Μεσαίωνα παρατηρήθηκε επιστροφή σε λιγότερο πολιτισμένες μορφές ζωής. Έτσι στα κάστρα και τις κατοικίες συναντώνται και πάλι οι πρωτόγονοι τρόποι θέρμανσης, δηλαδή μεγάλες αίθουσες οι οποίες θερμαίνονταν από μια φωτιά με ξύλα στο κέντρο του ξύλινου πατώματος.

Στο τέλος του 9ου και στις αρχές του 10ου αιώνα συναντώνται τα πρώτα χτιστά τζάκια. Είχαν τη μορφή μιας εσοχής σε έναν τοίχο μεγάλου πάχους, με μια οπή που οδηγούσε κατευθείαν προς τα έξω για να φεύγει ο καπνός. Κατά τον 12ο αιώνα, μια εξελιγμένη μορφή ενδοδαπέδιας θέρμανσης εφαρμόστηκε στην Γερμανία. Σε μια σχάρα πάνω από την εστία της φωτιάς θερμαίνονταν μια ποσότητα λίθων, οι οποίοι μετά το σβήσιμο της φωτιάς απέδιδαν την αποθηκευμένη θερμότητα στο ρεύμα αέρα που όδευε σε κανάλια κάτω από το δάπεδο και σε στόμια (εξόδους) του δαπέδου.

Στην νεότερη ιστορία της θέρμανσης σημαντική είναι η συνεισφορά του ατμού και του θερμού νερού. Υπάρχουν στοιχεία που επιβεβαιώνουν τη χρήση ατμού για τη θέρμανση κατοικιών στη Σουηδία από το 1700 μ.Χ.. Την ίδια εποχή μεγάλη ανάπτυξη γνώρισε ο ατμός και στην Αγγλία. Τα θερμαντικά σώματα που χρησιμοποιούνταν ήταν απλοί σωλήνες, πτερυγιοφόροι σωλήνες

ή «σερπαντίνες». Κατά τις αρχές και μέχρι τα μέσα του 18ου αιώνα κατασκευάζονται και οι πρώτες θερμάνσεις με θερμό νερό στην Αγγλία και την Γαλλία, όπου η κυκλοφορία του νερού γινόταν με τη βαρύτητα.

Στα μέσα του 19ου αιώνα ιδρύονται στην Γερμανία οι πρώτες βιομηχανίες κεντρικής θέρμανσης. Κατά το 1870 κατασκευάζονται χυτοσιδερένιοι λέβητες, στην αρχή στις ΗΠΑ, όπου και πρωτοεμφανίζονται το 1880 και τα πρώτα σπονδυλωτά θερμαντικά σώματα από χυτοσίδηρο, ενώ το 1895 ο μηχανικός Strebels παρουσιάζει το πρώτο λυόμενο λέβητα.

Στις αρχές του 20ου αιώνα αρχίζει η χρήση κυκλοφορητών και εκτοπίζεται σιγά-σιγά η θέρμανση με ατμό. Η θέρμανση με θερμό νερό και κυκλοφορητή είναι πλέον ο πιο συνηθισμένος τρόπος θέρμανσης των κατοικιών και των γραφείων, ενώ η θέρμανση με ατμό χρησιμοποιείται κυρίως στα εργοστάσια.

Πριν από την χρήση κυκλοφορητών, η κινητήρια δύναμη για τη μεταφορά του θερμού νερού στα σώματα υπήρξε το θερμοσιφωνικό φαινόμενο. Το ζεστό νερό πήγαινε προς τα πάνω και το κρύο προς τα κάτω. Οι σωλήνες τοποθετούνταν με υπέρμετρη προσοχή στην κλίση και στην κάμψη τους. Είναι χαρακτηριστικός ο υπερβολικός χρόνος των τεχνιτών εκείνα τα χρόνια όχι τόσο στην εγκατάσταση όσο στους υπολογισμούς.

Μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο στις Η.Π.Α. εισάγεται το πετρέλαιο ως καύσιμο και η κεντρική θέρμανση των κτιρίων γνωρίζει μεγάλη επέκταση. Η Ευρώπη θερμαίνεται με κοκ μέχρι το 1950-1960. Από τότε όμως ακολουθεί τις Η.Π.Α. και έτσι σήμερα συναντώνται πλέον μόνο θερμάνσεις με πετρέλαιο ή αέριο ως καύσιμα.

Με την τεχνολογική εξέλιξη, τα δεδομένα διαφοροποιήθηκαν, με αποτέλεσμα την κατασκευή και χρήση λεβήτων από διαφορετικά υλικά, σχεδιασμό θαλάμου καύσης, πίεση καυσαερίων, διαμόρφωση διαδρομών καυσαερίων, ακόμα και αισθητική εξωτερικών καλυμμάτων, έτσι ώστε να έχουμε την υψηλότερη δυνατή απόδοση με το χαμηλότερο δυνατό κόστος παραγωγής και χρήσης.

Συναντώνται λέβητες χαλύβδινοι, χυτοσιδηροί, διμεταλλικοί, χάλκινοι ακόμα και αλουμινένιοι ή αεραυλωτοί, φλογαυλωτοί με 2, 3 ή και 5 διαδρομές καυσαερίων. Λέβητες συμπύκνωσης, αλλά και λέβητες στερεών καυσίμων συμπληρώνουν την πολύ μεγάλη ποικιλία στη βιομηχανία παραγωγής των λεβήτων.

Σήμερα, το κύριο κριτήριο αξιολόγησης και επιλογής για ένα λέβητα είναι ο βαθμός απόδοσης δηλαδή ο λόγος της ποσότητας ενέργειας που παίρνουμε από τη λειτουργία του λέβητα προς την ποσότητα της ενέργειας που δίνουμε σ' αυτόν.

Οι νεότερες εξελίξεις χαρακτηρίζονται από την προσπάθεια να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της θέρμανσης.

- Χαρακτηριστικά δείγματα αυτής της εξέλιξης είναι:
- κατασκευάζονται νέα θερμαντικά σώματα (κονβεκτέρ, άβακες, πλάκες ακτινοβολίας κ.τ.λ.)
 - βελτιώνονται οι λέβητες και κυρίως οι χαλύβδινοι (γρήγορη θέρμανση, μεγάλος βαθμός απόδοσης, πιο εύκολος χειρισμός, λέβητες υπερπίεσης) και συνδυάζονται με τη θέρμανση θερμού νερού χρήσης
 - γενικεύεται η χρήση οργάνων ρύθμισης και μέτρησης
 - χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο υπεραυτόματοι καυστήρες πετρελαίου ή αερίων καυσίμων
 - διαδίδεται η ηλεκτρική θέρμανση με φθινό νυχτερινό ρεύμα
 - κατασκευάζονται κεντρικές θερμάνσεις πόλης (τηλεθερμάνσεις) στα μεγάλα αστικά κέντρα
 - εγκαθίστανται εγκαταστάσεις θέρμανσης με αέρα και επαγωγικές συσκευές για κτίρια με πολλούς χώρους (π.χ. γραφεία, ξενοδοχεία) καθώς και εγκαταστάσεις κλιματισμού διαφόρων τύπων

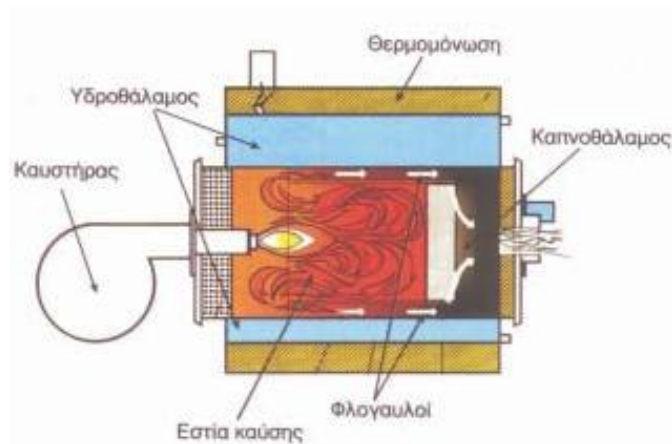
Οι νεότερες εξελίξεις επηρεάζονται κυρίως από την αύξηση του κόστους ενέργειας και απαιτούν όλο και περισσότερο τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων, τη χρήση της αυτόματης ρύθμισης, την επανάκτηση θερμότητας με διάφορους τρόπους, την εφαρμογή της θέρμανσης με αντλίες θερμότητας και τη χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας.

2.3 ΤΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.3.1 Ο Λέβητας

Ο λέβητας είναι ουσιαστικά μια ‘πιεστική’ δεξαμενή η οποία μεταβιβάζει θερμότητα στο θερμαντικό μέσο. Είναι ο χώρος όπου γίνεται η απαραίτητη καύση προκειμένου να θερμανθεί το μέσο αυτό (στην Ελλάδα είναι ως επί το πλείστον ζεστό νερό χαμηλών θερμοκρασιών). Ο τύπος του λέβητα που χρησιμοποιείται καθορίζεται κυρίως από την απαιτούμενη θερμοκρασία και πίεση του παραγόμενου ατμού ή νερού. Η πιο διαδεδομένη σχεδίαση είναι ο λέβητας φλογοσωλήνων (ή κυψελωτός), όπου τα καυσαέρια διέρχονται μέσω συστοιχίας σωλήνων προσαρμοσμένων στο κύριο σώμα του λέβητα. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται πτερυγιοφόροι σωλήνες για την αύξηση της επιφάνειας θερμικής συναλλαγής, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση και ελαχιστοποιώντας το μέγεθος των μονάδων. Αυτός ο τύπος λέβητα γενικά περιορίζεται μέχρι μια μέγιστη πίεση 25 bar και μέγιστη θερμοκρασία 300°C.

Πέρα από τα όρια αυτά συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται μονάδες υδροσωλήνων. Σε αυτόν τον τύπο λέβητα, οι σωλήνες περιέχουν το νερό και τα καυσαέρια διέρχονται γύρω από τους σωλήνες και μεταφέρουν τη θερμότητα από την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων προς το εσωτερικό.



Εικόνα 2.1 Τομή λέβητα όπου φαίνονται τα βασικά του μέρη [11].

Οι λέβητες διακρίνονται σύμφωνα με το υλικό κατασκευής τους σε χυτοσιδηρούς και χαλύβδινους. Οι χυτοσιδηροί αντέχουν καλύτερα στη διάβρωση, μπορούν να επιδεχθούν προσθήκες στοιχείων και χρειάζονται μικρότερες ποσότητες νερού κατά τη λειτουργία τους. Οι χαλύβδινοι έχουν μικρό βάρος και αντέχουν καλύτερα στις πιέσεις και στις απότομες αλλαγές θερμοκρασίας. Οι διαστάσεις τους προσαρμόζονται καλύτερα στις διάφορες απαιτήσεις και έχουν χαμηλό κόστος.

2.3.2 Ο Καυστήρας

Ο καυστήρας είναι μια συσκευή προσαρμοσμένη πάνω στο λέβητα μέσα στην οποία επιτυγχάνεται η ανάμειξη του καύσιμου υλικού (π.χ. πετρέλαιο) με τον αέρα έτσι ώστε να προκαλείται και να συντηρείται η καύση. Οι καυστήρες διακρίνονται σε τρεις τύπους ανάλογα με το καύσιμο (υγρό ή αέριο) που χρησιμοποιούν ή/και τον τρόπο διασκορπισμού του καυσίμου και την ανάμειξή του με τον αέρα καύσης:

- Καυστήρες εξάτμισης
- Καυστήρες διασκορπισμού
- Καυστήρες περιστροφής



Εικόνα 2.2 Καυστήρας πετρελαίου [11].

2.3.3 Οι Κυκλοφορητές και η Δεξαμενή Καυσίμων

Σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, οι κυκλοφορητές μεταφέρουν το νερό από τον λέβητα στα θερμαντικά σώματα και αντιστρόφως. Ο κυκλοφορητής είναι αντλία φυγοκεντρικού τύπου και κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Συνήθως τοποθετούνται μέσα στο λεβητοστάσιο και κοντά στον λέβητα.

Η δεξαμενή καυσίμων αποτελεί άλλο ένα σημαντικό στοιχείο μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης καθώς εκεί αποθηκεύεται το πετρέλαιο. Μια δεξαμενή καυσίμων μπορεί να είναι είτε μεταλλική είτε πλαστική.



Εικόνα 2.3 Κυκλοφορητής [11].

2.3.4 Οι Διατάξεις Ασφαλείας

Οι διατάξεις ασφαλείας εξασφαλίζουν τη λειτουργία μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης και αποτελούνται από το κλειστό δοχείο διαστολής, τον αυτόματο πλήρωσεως, τη βαλβίδα ασφαλείας και τη βαλβίδα ανοδικής προστασίας. Μέσω αυτών εξασφαλίζεται η σταθερή πίεση του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και η προστασία από ηλεκτρόλυση.

2.3.5 Οι Σωληνώσεις

Η μεταφορά του νερού από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και η επιστροφή του πίσω στο λέβητα επιτυγχάνεται μέσω του δικτύου σωληνώσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τρία είδη σωλήνων: χαλκοσωλήνες, χαλυβδοσωλήνες και πλαστικοί σωλήνες. Οι χαλκοσωλήνες είναι οι πιο διαδεδομένοι σήμερα, οι πλαστικοί χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ενώ οι χαλυβδοσωλήνες έχουν εγκαταλειφθεί.

2.3.6 Τα Θερμαντικά Σώματα

Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν τις τελικές συσκευές ενός συστήματος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης μέσω των οποίων η θερμότητα που μεταφέρει το θερμαντικό ρευστό μεταδίδεται στους εσωτερικούς χώρους. Τα σώματα είναι συνήθως κατασκευασμένα από χάλυβα ή αλουμίνιο. Τα χυτοσίδηρα σώματα έχουν εγκαταλειφθεί σήμερα καθώς είναι πιο βαριά, και ενώ διατηρούν τη θερμοκρασία τους για πολλή ώρα αργούν να ζεσταθούν.



Εικόνα 2.4 Κοινά θερμαντικά σώματα [11].

Τα θερμαντικά σώματα διαθέτουν ειδικούς διακόπτες που επιτρέπουν την απομόνωσή τους προκειμένου να μην ξοδεύεται ενέργεια άσκοπα σε χώρους που δεν κατοικούνται. Διαθέτουν επίσης βαλβίδες εξαερισμού για την εξαέρωσή τους σε περιπτώσεις που συσσωρεύεται αέρας μη επιτρέποντας την ομαλή κυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό τους.

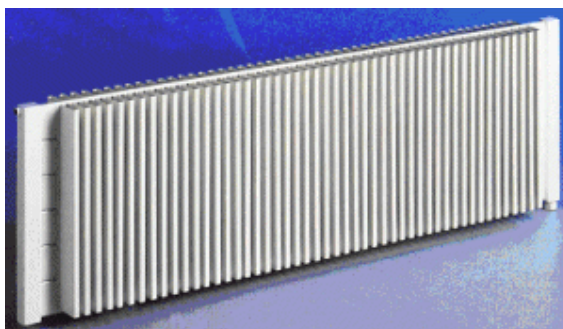
Τα κυριότερα είδη θερμαντικών σωμάτων είναι τα εξής:

- Κοινά θερμαντικά σώματα (ραντιατέρ). Αποτελούνται από μεμονωμένα στοιχεία που συνδέονται μεταξύ τους με ρακόρ. Ο αριθμός των στοιχείων του θερμαντικού σώματος καθορίζει το μέγεθος της θερμαντικής επιφάνειας του και συνεπώς την ποσότητα της θερμότητας που αποδίδεται στο χώρο.
- Επίπεδα θερμαντικά σώματα (πάνελ). Είναι θερμαντικά σώματα που αποτελούνται από πεπλατυσμένους σωλήνες μικρού πάχους. Αποδίδουν θερμότητα στο χώρο, κυρίως με ακτινοβολία, λόγω της μεγάλης επίπεδης θερμαντικής επιφάνειάς τους.
- Κονβεκτέρ. Είναι θερμαντικά σώματα που αποτελούνται από σωλήνες με πτερύγια, που τοποθετούνται σε καλαίσθητα μεταλλικά περιβλήματα. Αποδίδουν θερμότητα στο χώρο, κυρίως με συναγωγή.
- Fan coil. Είναι θερμαντικά σώματα που αποτελούνται από σωλήνες (στοιχεία) σε μορφή σερπαντίνας και διαθέτουν ανεμιστήρα ο οποίος

εξαναγκάζει τον αέρα του χώρου να περάσει μέσα από αυτούς, με αποτέλεσμα την αύξηση της μεταφοράς θερμότητας στο χώρο. Η μεταφορά θερμότητας γίνεται κυρίως με συναγωγή. Τα σώματα αυτά χρησιμοποιούνται για θέρμανση και για ψύξη του χώρου.



Εικόνα 2.5 Θερμαντικά σώματα πάνελ [11].



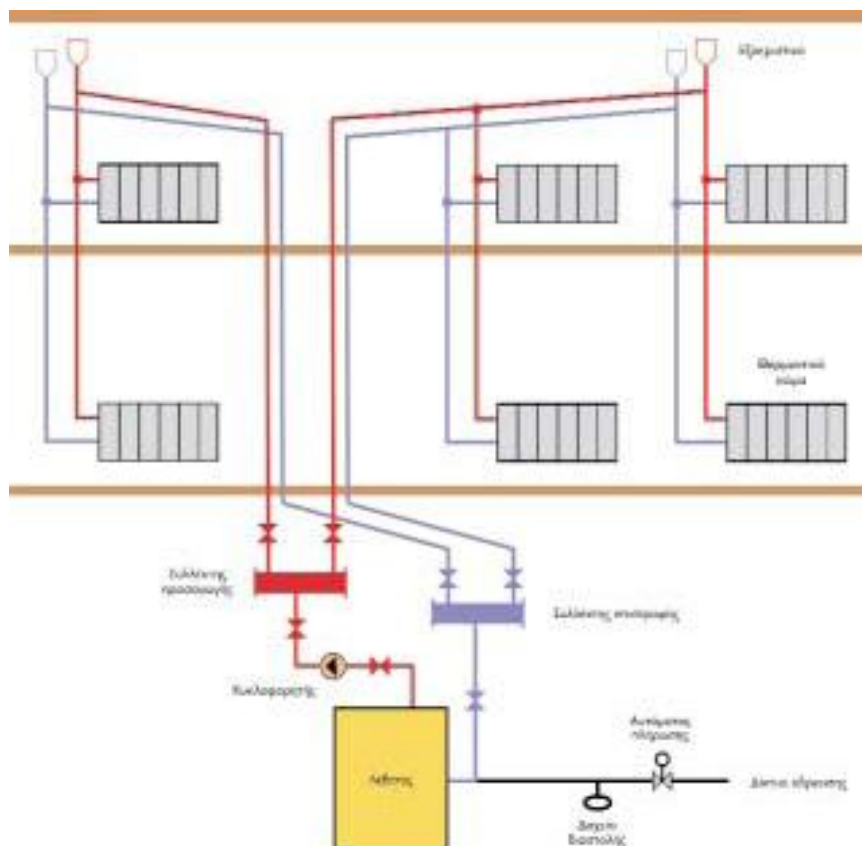
Εικόνα 2.6 Κονβεκτέρ [11].



Εικόνα 2.7 Fan coil [11].

2.4 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το δίκτυο διανομής θερμού νερού είναι δίκτυο σωληνώσεων στο εσωτερικό του οποίου κυκλοφορεί νερό που μεταφέρει θερμότητα από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα. Στην πράξη έχουν επικρατήσει δύο συστήματα σωληνώσεων, ανάλογα με τον αριθμό των σωλήνων που χρησιμοποιούνται για την προσαγωγή θερμού νερού στα θερμαντικά σώματα και την παραλαβή του λιγότερο θερμού νερού από αυτά. Τα συστήματα αυτά είναι το δισωλήνιο και το μονοσωλήνιο.

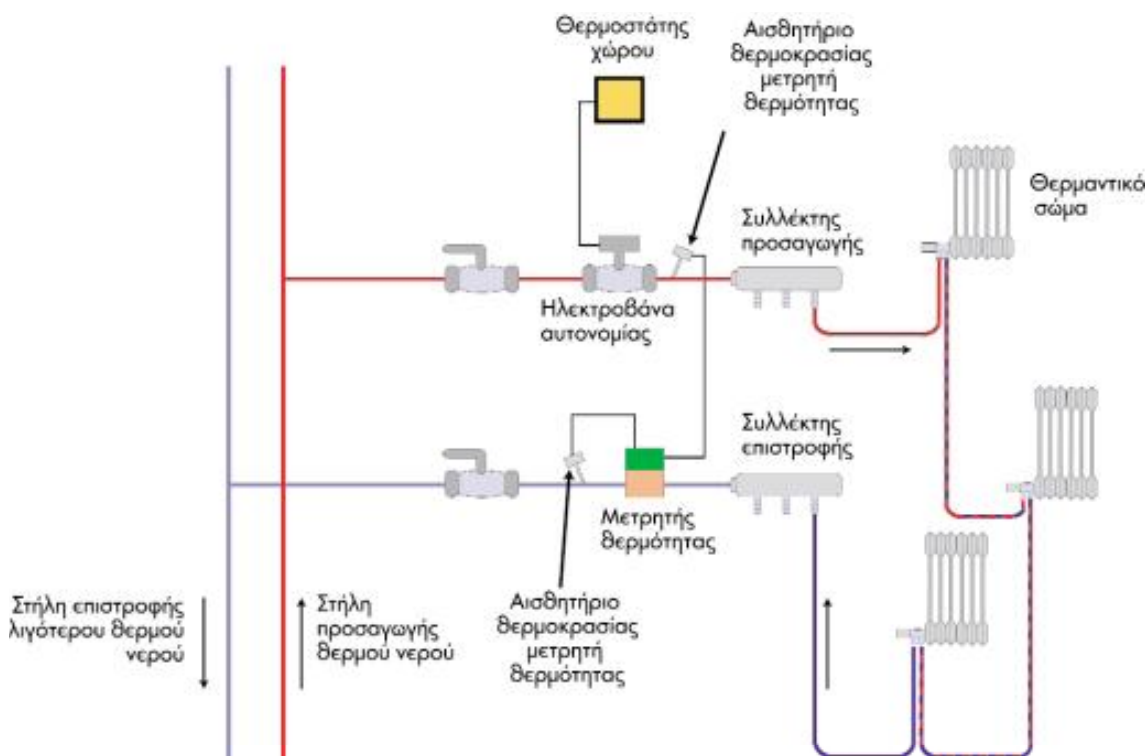


Σχήμα 2.3 Δισωλήνιο σύστημα [10].

Το δισωλήνιο σύστημα είναι σύστημα σωληνώσεων στο οποίο το θερμό νερό από την έξοδο του λέβητα οδηγείται σε κάθε θερμαντικό σώμα, όπου αποδίδει μέρος της θερμότητάς του στο χώρο. Το λιγότερο θερμό νερό κατά 10°C έως 20°C που προκύπτει επιστρέφει στο λέβητα για αναθέρμανση με διαφορετικό σωλήνα, δηλαδή χρησιμοποιούμε δύο ξεχωριστούς σωλήνες, έναν για την προσαγωγή θερμού νερού στο θερμαντικό σώμα και έναν για την επιστροφή του λιγότερο θερμού νερού στο λέβητα. Με αυτόν τον τρόπο

σύνδεσης, κάθε θερμαντικό σώμα έχει το δικό του κύκλωμα το οποίο αποτελείται από το λέβητα, τους σωλήνες προσαγωγής-επιστροφής και το ίδιο το θερμαντικό σώμα. Το βασικό πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, που οφείλεται στην παράλληλη σύνδεση των σωμάτων, είναι ότι όλα τα θερμαντικά σώματα θερμαίνονται ταυτόχρονα και επίσης έχουν την ίδια μέση θερμοκρασία.

Το μονοσωλήνιο σύστημα είναι σύστημα σωληνώσεων στο οποίο θερμό νερό κυκλοφορεί διαμέσου ενός σωλήνα σε όλα τα θερμαντικά σώματα του κάθε κυκλώματος, δηλαδή το θερμό νερό εισέρχεται στο πρώτο θερμαντικό σώμα του κυκλώματος με συγκεκριμένη θερμοκρασία, π.χ. 90°C, αποδίδει μέρος της θερμικής ενέργειάς του στο χώρο, οπότε μειώνεται η θερμοκρασία του, π.χ. στους 88°C και με τη νέα αυτή θερμοκρασία εισέρχεται στο επόμενο θερμαντικό σώμα όπου και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία μέχρι το τελευταίο θερμαντικό σώμα του κυκλώματος. Τα θερμαντικά σώματα λοιπόν σε κάθε κύκλωμα του συστήματος αυτού συνδέονται σε σειρά, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα να έχουν διαφορετική μέση θερμοκρασία και θερμοκρασία εισόδου. Κάθε κύκλωμα περιλαμβάνει από 1 έως 5 σώματα, συνιστάται όμως να μην ξεπερνούν τα 3.



Σχήμα 2.4 Μονοσωλήνιο σύστημα [10].

Το μονοσωλήνιο σύστημα αποτελείται:

- Από δύο κατακόρυφους σωλήνες (στήλες), έναν προσαγωγής θερμού νερού και έναν επιστροφής λιγότερου θερμού νερού.
- Ένα ή περισσότερα οριζόντια κυκλώματα με τα θερμομαντικά σώματα που συνδέονται σ' αυτά.
- Τους συλλέκτες κρύου και ζεστού νερού, οι οποίοι παρεμβάλλονται μεταξύ των στηλών και των οριζόντιων κυκλωμάτων.

Το βασικό πλεονέκτημα του μονοσωλήνιου συστήματος είναι η δυνατότητα αυτονομίας θέρμανσης, η οποία επιτρέπει την ανεξάρτητη θέρμανση κάθε διαμερίσματος. Η δυνατότητα αυτή έχει συντελέσει στην επικράτηση του μονοσωλήνιου συστήματος θέρμανσης στις σύγχρονες πολυκατοικίες.

2.5 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σύμφωνα με σχετικές μελέτες, στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Ενώ τυπικά φαίνεται ότι ένας μεγάλος αριθμός λεβήτων περνά από συντήρηση από εγκεκριμένους τεχνίτες, παρόλα αυτά ο έλεγχος είναι ανεπαρκής και συνήθως ανακριβής και υποτυπώδης. Αυτό έχει διαπιστωθεί καθώς λέβητες που ελέγχθησαν, μετά από κατάλληλη μελέτη ξαναρυθμίστηκαν και λειτούργησαν πολύ πιο αποτελεσματικά από ότι πριν.

Αξίζει επίσης να επισημανθεί ότι στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης δεν υπάρχει καμία υποχρέωση για τους χρήστες να τοποθετήσουν μετρητές θερμικής ενέργειας. Γίνεται λοιπόν κατανάλωση δίχως μέτρηση ενέργειας (σε αντίθεση με την ηλεκτρική ενέργεια) και το αποτέλεσμα είναι σπατάλη και αλόγιστη χρήση.

Εξετάζοντας το όλο θέμα που ανακύπτει από ευρύτερη σκοπιά μπορεί κανείς να δει την έκταση του προβλήματος σε εθνικό επίπεδο, καθώς πάνω από το 35% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται ετησίως στην Ελλάδα είναι στα κτίρια, και πάνω από το 50% αυτής οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Με δεδομένο το γεγονός ότι η πλειοψηφία του ελληνικού πληθυσμού κάνει χρήση κεντρικής θέρμανσης, τα περιθώρια εξοικονόμησης είναι μεγάλα.

Καθώς όμως το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων χρησιμοποιεί ενιαία συστήματα και όχι αυτόνομα, δημιουργείται μεγάλο πρόβλημα καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα αυτόνομης θερμικής διαχείρισης ανάλογα με τις ανάγκες καθενός νοικοκυριού, με αποτέλεσμα την προαναφερθείσα κατασπατάληση ενέργειας, ακόμα και όταν η θέρμανση σε έναν μη κατοικήσιμο χώρο δεν είναι απαραίτητη.

Επίσης, οι λέβητες σε κεντρικά συστήματα θέρμανσης λειτουργούν με χρονοδιακόπτες και όχι με βάση τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων με αποτέλεσμα προκειμένου να θερμανθούν περισσότερο «δύσκολοι» και κρύοι χώροι να υπερθερμαίνονται αναγκαστικά και αυτοί που δεν έχουν τόσο μεγάλες ανάγκες.

2.6 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης θεωρείται επιτυχημένη όταν θερμαίνει σωστά και όσο πρέπει, καθώς επίσης εφόσον λειτουργεί οικονομικά και με ασφάλεια. Προκειμένου να επιτευχθούν αυτά απαιτείται σωστή μελέτη που να περιλαμβάνει: τα τεχνικά χαρακτηριστικά και μεγέθη του εξοπλισμού, ακριβή υπολογισμό των θερμικών απαιτήσεων, καλό σχεδιασμό των δικτύων διανομής, σωστή διάταξη του εξοπλισμού του συστήματος, καθώς και τη λειτουργική σύνδεση και ρύθμιση των διαφόρων στοιχείων. Η επιλογή ισχύος του λέβητα αποτελεί πρώτη προτεραιότητα και στηρίζεται στον υπολογισμό των βασικών κλιματικών και γεωγραφικών παραμέτρων και των θερμικών απωλειών του κτιρίου. Με λίγα λόγια όλα, όσα θα έπρεπε να γίνονται και σπάνια τηρούνται με αποτέλεσμα πολλές ελαττωματικές και προβληματικές εγκαταστάσεις.

Ο σωστός σχεδιασμός και η μελέτη πριν την εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης εγγυάται μια επιτυχημένη εγκατάσταση. Ειδικά όσον αφορά νέες οικοδομές η συνεργασία του υπεύθυνου της οικοδομής με τον επιβλέποντα μηχανικό και τον εγκαταστάτη υδραυλικό βοηθά στη λύση πολλών προβλημάτων.

Μερικές βασικές παρεμβάσεις που μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι οι ακόλουθες:

- Ένα κεντρικό σύστημα πρέπει να διαστασιολογείται μετά από ειδική μελέτη από μηχανολόγο μηχανικό και πάντα βάσει των θερμικών απωλειών του κτιρίου προκειμένου να αποφευχθούν υπερδιαστασιολόγησεις και σπατάλη καυσίμων.
- Καλό είναι να αποφεύγονται οι μεγάλοι λέβητες που δεν λειτουργούν σε πλήρη ισχύ και με χαμηλή απόδοση. Συνήθως αυτό συμβαίνει όταν η απαιτούμενη ισχύς ενός λέβητα ξεπερνά τα 350 kW, οπότε ενδείκνυται η εγκατάσταση δύο και πλέον λεβήτων.
- Συνήθως σε μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις και πάντοτε στις μεγάλες προτιμώνται περισσότεροι του ενός λέβητες καθώς, παρέχεται έτσι η δυνατότητα να λειτουργεί ένας μόνο λέβητας σε περιόδους που δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση. Η εξοικονόμηση που προκύπτει αντισταθμίζει

- πολύ γρήγορα το αυξημένο κόστος αγοράς περισσότερων λεβήτων και καυστήρων αντί ενός.
- Ένας λέβητας χωρίς μόνωση μπορεί να έχει απώλειες πάνω από 5% σε σχέση με ένα μονωμένο λέβητα όπου οι απώλειες δεν ξεπερνούν το 1%.
 - Μια μείωση της προκαθορισμένης θερμοκρασίας αναφοράς κατά ένα βαθμό συμβάλει σε πάνω από 6% λιγότερα καύσιμα.
 - Τυχόν χαραμάδες στο λέβητα επιτρέπουν την είσοδο κρύου αέρα στο εσωτερικό του μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την απόδοσή του.
 - Με δεδομένη την κλίμακα απόδοσης που δίνουν οι κατασκευαστές σε ένα λέβητα (80%-110%) ένας λέβητας θεωρείται ικανοποιητικά αποδοτικός από 90% και πάνω. Εδώ πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη ότι μεγάλο ρόλο παίζει και ο «ετήσιος βαθμός απόδοσης» μιας εγκατάστασης, ο οποίος εκφράζει την ενέργεια που παράγει ένας λέβητας, μείον τις απώλειες των καυσαερίων που προκύπτουν, τις απώλειες διακοπής λειτουργίας της εγκατάστασης και τις θερμικές απώλειες του λέβητα.
 - Όσον αφορά τους καυστήρες, κυκλοφορούν σήμερα καυστήρες προηγμένης τεχνολογίας στους οποίους μπορούν να γίνουν οι σωστές και απαραίτητες ρυθμίσεις για τέλεια καύση.
 - Υπάρχουν καυστήρες με αυτόματο 'τάμπερ' αέρα που υποβοηθούν κατά αυτόν τον τρόπο την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς εμποδίζουν την είσοδο κρύου αέρα όταν ο καυστήρας είναι ανενεργός.
 - Οι σωληνώσεις που περνούν μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους θα πρέπει να μονώνονται επιμελώς. Επίσης θα πρέπει να επιλέγονται σωληνώσεις με τις σωστές/κατάλληλες διαμέτρους σε σχέση με τα διάφορα τμήματα ενός δικτύου κεντρικής θέρμανσης.
 - Προτείνεται η χρήση θερμοστάτη στα θερμαντικά σώματα καθώς έτσι μόνο επιτυγχάνεται η απαραίτητη και επιθυμητή θερμοκρασία σε έναν χώρο. Καλό είναι, όταν ένα σώμα βρίσκεται τοποθετημένο δίπλα σε εξωτερικό τοίχο να τοποθετείται μονωτικό υλικό μεταξύ των δύο και επίσης να μην τοποθετούνται καλύμματα στα σώματα, όπως συνηθίζεται.
 - Για να αποφευχθεί κατασπατάληση ενέργειας όταν θερμαίνονται χώροι δίχως αυτό να είναι αναγκαίο υπάρχουν τρόποι ώστε ο λέβητας να ρυθμίζεται με ειδικά συστήματα και ανάλογα να ανταποκρίνεται στην εξωτερική θερμοκρασία (αντιστάθμιση). Τα συστήματα ρύθμισης διατηρούν την εσωτερική θερμοκρασία σταθερή ανεξάρτητα από τις εξωτερικές μεταβολές, συνεισφέροντας έτσι στην αποφυγή υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων. Αυτές οι ρυθμίσεις μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης και ο βαθμός ακριβείας τους εξαρτάται από τον αυτοματισμό που επιλέγεται. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα ρύθμισης έχουν ένα αισθητήριο που μεταδίδει τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας σε μια ηλεκτρονική συσκευή η

οποία προσαρμόζει τη θερμοκρασία του νερού ανάλογα. Υπάρχουν ακόμη και οι θερμοστατικοί διακόπτες που μπορούν να ρυθμίσουν επιτυχώς τη θερμοκρασία διαφορετικών και ξεχωριστών χώρων, καθώς επίσης και να εξαλείψουν τυχόν λάθη και μειονεκτήματα που προκύπτουν από λάθη στις μελέτες, αλλαγές στη χρήση των χώρων κ.τ.λ. Τέτοιοι διακόπτες μπορούν να ρυθμίζουν αυτόματα την ποσότητα ζεστού νερού και τη θερμοκρασία ενός χώρου. Το κόστος αγοράς τους είναι μικρό ενώ τα οφέλη στην εξοικονόμηση που προκύπτουν από τη χρήση τους μεγάλα.

2.7 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

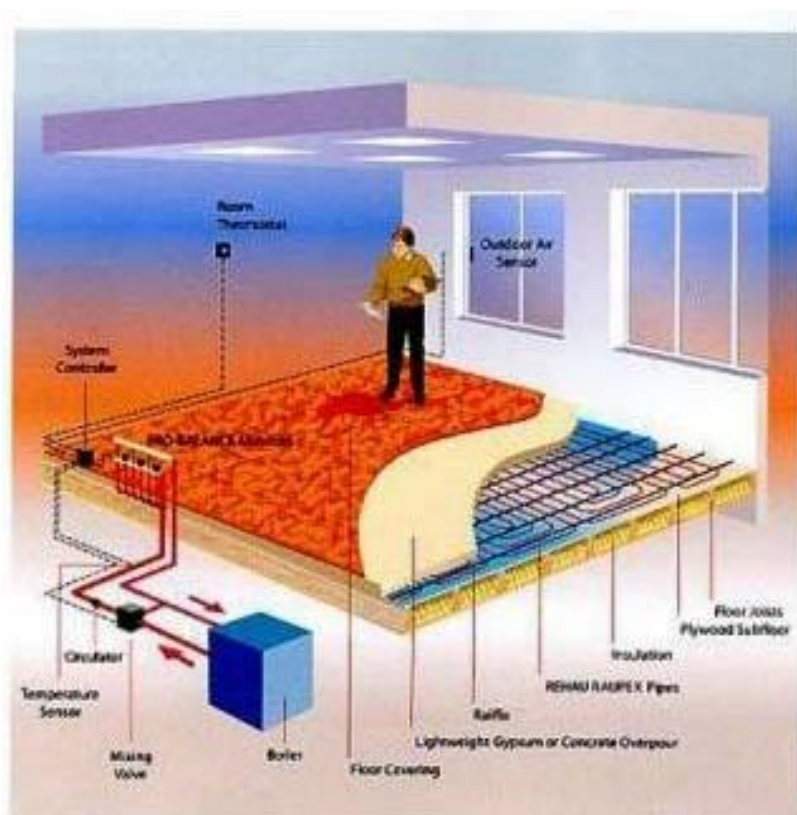
Η αρχαιολογική σκαπάνη έχει αποδείξει ότι το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης είχε χρησιμοποιηθεί με επιτυχία κατά τη Ρωμαϊκή εποχή. Επρόκειτο, όμως, τότε για κανάλια μέσα στο δάπεδο, απ' όπου διερχόταν ζεστός αέρας. Αργότερα, το σύστημα ξεχάστηκε και οι πρώτες προσπάθειες για την επαναφορά του συναντιούνται στις αρχές του αιώνα μας. Στέφονται, όμως, με αποτυχία καθώς οι προς χρήση σωλήνες είναι μεταλλικοί και διαβρώνονται εύκολα. Στη δεκαετία του 1970 η ανάπτυξη της βιομηχανίας των πλαστικών σωλήνων και των μονωτικών υλικών επιτρέπουν την επιτυχημένη εφαρμογή του συστήματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, όπως το ξέρουμε σήμερα.

Στην ενδοδαπέδια θέρμανση το δάπεδο λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα. Η τοποθέτηση των σωλήνων γίνεται σε κάποιο βάθος μέσα στο μπετόν και κάποια πυκνότητα που καθορίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις. Οι σωλήνες κατανέμουν τη θερμότητα εκεί που χρειάζεται (και όχι στο υπόγειο ή στους εξωτερικούς τοίχους) και αποδίδουν με ελάχιστη αδράνεια και με χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Εξάλλου, εξαιτίας της ειδικής συστάσεως του θερμομπετόν (που είναι απαλλαγμένο από φυσαλίδες αέρα), όλη η θερμότητα ακτινοβολείται στον εσωτερικό χώρο. Ακόμα, η πυκνή διάστρωση των σωλήνων κοντά στους εξωτερικούς τοίχους αναχαιτίζει το ψύχος, ενώ η αραιότερη διάστρωσή τους στο εσωτερικό των δωματίων επιτρέπει την χαμηλότερη μετάδοση θερμικών φορτίων. Χάρη στις μικρές θερμοκρασίες δαπέδου, περίπου 26°C - 28°C, δεν παρατηρούνται καθόλου μετακινήσεις αερίων μαζών με ότι αυτό συνεπάγεται (αιωρούμενη σκόνη, βακτηρίδια, μικρόβια κ.α.).

Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να συνεργαστεί με το καλοριφέρ, αφού δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

- Τα δυο συστήματα πρέπει να είναι ανεξάρτητα, εφόσον λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το λεβητοστάσιο είναι κοινό.
- Προκειμένου να κατανεμηθούν σωστά οι δαπάνες για πετρέλαιο (και εφόσον κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό), θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν

με κατάλληλο συντελεστή τα ποσοστά συμμετοχής στις δαπάνες θέρμανσης.



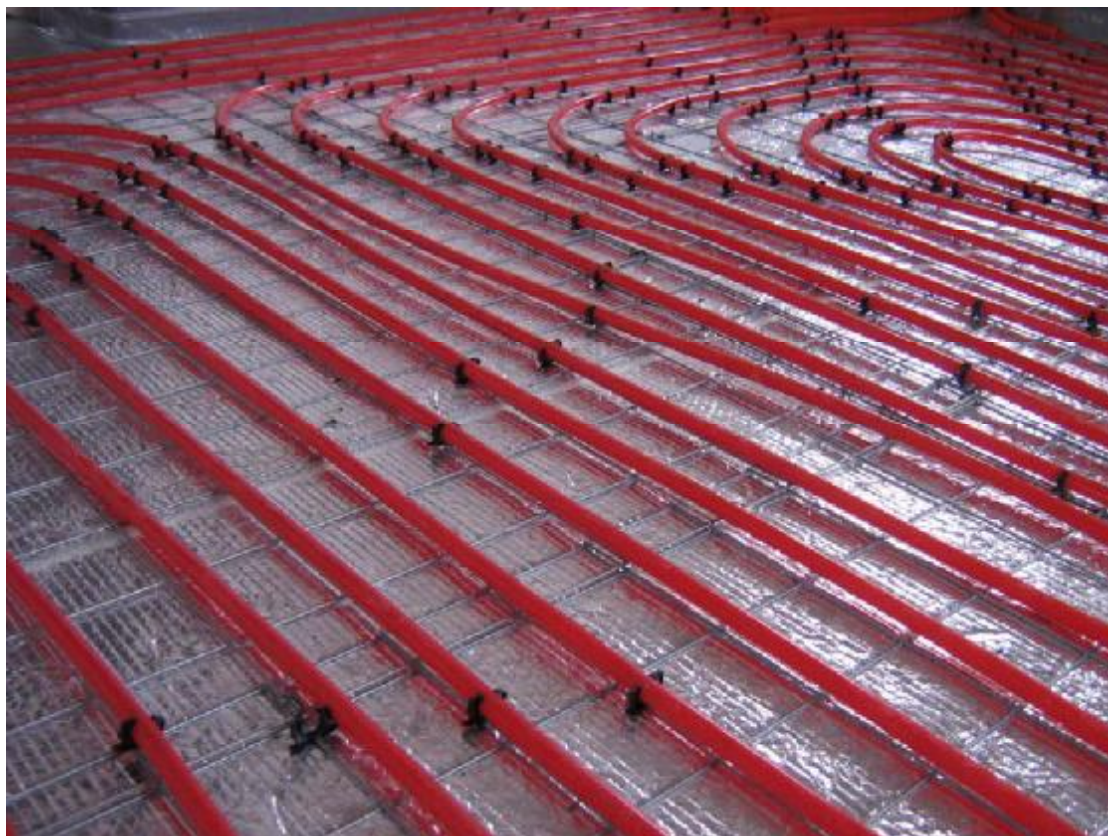
Σχήμα 2.5 Ενδοδαπέδια θέρμανση [11].

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι κατά 35% οικονομικότερη στη λειτουργία από μια συμβατική θέρμανση. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής στους σωλήνες φτάνει τους 45°C, ενώ στο καλοριφέρ τους 80°C. Είναι γνωστό ότι όσο χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το νερό τροφοδοσίας ενός συστήματος θέρμανσης, τόσο πιο αποδοτικά δουλεύουν οι λέβητες, οι αντλίες θερμότητας και οι ηλιακοί συλλέκτες. Αν δε αναλογιστεί κανείς ότι για κάθε 1°C μείωσης της θερμοκρασίας προσαγωγής, έχουμε οικονομία καυσίμου 3%, τότε γίνεται αντιληπτό το όφελος να διατηρούμε τη θερμοκρασία νερού λειτουργίας όσο το δυνατόν χαμηλότερα.

Επίσης, παρατηρούνται λιγότερες απώλειες στις σωληνώσεις και στους χώρους της οροφής, των τοίχων και του αερισμού, καθώς δεν χρειάζεται να θερμανθεί ο αέρας.

Στο κόστος κατασκευής η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι ακριβότερη, όμως στην τιμή περιλαμβάνεται στρώση θερμομονωτικού και μόνωσης, κάτι που παραλείπεται στο κόστος του καλοριφέρ. Ωστόσο, αυτή η δαπάνη

εγκατάστασης γρήγορα καλύπτεται, αφού αφενός εξοικονομούνται τα έξοδα συντήρησης που προκαλούνται από τη θέρμανση με καλοριφέρ (π.χ. διαρροές σωμάτων και σωλήνων, βάψιμο σωμάτων και τοίχων κ.τ.λ.) και αφετέρου το κόστος λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι εξαιρετικά χαμηλότερο όπως αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 2.8 Διάστρωση σωλήνων στην ενδοδαπέδια θέρμανση [11].

Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να τροφοδοτηθεί με οποιαδήποτε πηγή ενέργειας. Έτσι, εκτός από λέβητες πετρελαίου ή φυσικού αερίου, η ενδοδαπέδια μπορεί να συνδυαστεί και με εναλλακτικές πηγές θερμότητας, όπως ηλιακή ενέργεια, θερμοσυσσωρευτές, ηλεκτρική ενέργεια, αποδεικνύοντας ότι είναι ένα ευέλικτο σύστημα θέρμανσης, που συνδυάζεται και με φθηνότερες πηγές καυσίμου.

Εκτός της οικονομικότερης λειτουργίας η ενδοδαπέδια θέρμανση παρουσιάζει και άλλα πλεονεκτήματα σε σχέση με το κοινό καλοριφέρ. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- Εξοικονομεί χώρο στο διαμέρισμα.
- Παρέχει δυνατότητα ανακαίνισης των χώρων.
- Μπορεί να λειτουργήσει και με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Κατανέμει ομοιόμορφα τη θερμότητα παντού.

- Θερμαίνει με ευχάριστο και βιολογικός ορθό τρόπο, καθώς ζεσταίνει περισσότερο τα άκρα, αφήνοντας πιο δροσερό το κεφάλι.
- Δεν αναδύονται οσμές.
- Δεν υπάρχει περίπτωση τραυματισμών, αφού δεν προεξέχουν σώματα καλοριφέρ.
- Παρέχει δυνατότητα αυτονομίας σε κάθε δωμάτιο.
- Λόγω των ειδικών συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας, προστατεύονται έπιπλα, αντίκες, μουσικά όργανα, πίνακες ζωγραφικής κ.τ.λ.
- Είναι εύκολη στη ρύθμιση και στο χειρισμό.
- Ηχομονώνει τα δάπεδα.

Επιπλέον, η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση επαγγελματικών χώρων όπως: γυμναστηρίων, εκθέσεων, σταδίων, εργοστασίων κ.α. Σε εκτεταμένους και μεγάλου εσωτερικού ύψους χώρους η ενδοδαπέδια αποδεικνύεται εξαιρετικά αποδοτική και οικονομική στη λειτουργία, αφού δε συσσωρεύει θερμότητα στην οροφή, αλλά την κατανέμει ομοιόμορφα στο χώρο από κάτω προς τα πάνω. Η δε απόδοση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης δεν εμποδίζεται ούτε από τα βαριά οχήματα, ούτε από τα τεράστια αποθηκευτικά ράφια. Εξάλλου, η ακινησία του αέρα και συνεπώς της σκόνης είναι από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εγκατάσταση ενδοδαπέδιας σε εργαστήρια ηλεκτρονικών, τροφίμων, εκθέσεων αυτοκινήτων κ.τ.λ. Εκτός από τους εκτεταμένους και μεγάλους επαγγελματικούς χώρους, η ενδοδαπέδια μπορεί να εγκατασταθεί ακόμα σε πισίνες στο εσωτερικό κτιρίων, σε ράμπες, σε θερμοκήπια, σε εκκλησίες κ.τ.λ.

Δεν υπάρχουν περιορισμοί στην επιλογή τελικού δαπέδου. Η ενδοδαπέδια μπορεί να συνδυαστεί με οποιοδήποτε υλικό: πλακάκι, μάρμαρο, ξύλο (κολλητό ή καρφωτό), πλαστικό δάπεδο κ.τ.λ. Ωστόσο, πρέπει να έχει εκ των προτέρων αποφασιστεί τι τελικό δάπεδο θα στρωθεί σε κάθε χώρο, ώστε να προσαρμοστεί ανάλογα η μελέτη εγκατάστασης σε συνδυασμό με τη θερμική αγωγιμότητα κάθε υλικού. Τα χαλιά μειώνουν την ακτινοβολία θερμότητας της ενδοδαπέδιας, γι' αυτό καλό είναι να γνωρίζουμε σε ποιους χώρους θα στρωθούν χαλιά ή μοκέτες, ώστε εκεί η διάστρωση των σωλήνων να είναι πυκνότερη.

3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΤΜΟΥ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Επειδή ο ατμός έχει καλές ιδιότητες μεταφοράς θερμότητας οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ατμό σαν μέσο μεταφοράς ενέργειας είναι διαδεδομένες ειδικά σε βιομηχανικές εφαρμογές. Κάθε εγκατάσταση ατμού αποτελείται από τα εξής κύρια συστήματα [5]:

1. Μονάδα παραγωγής ατμού (ατμολέβητας, ατμογεννήτρια).
2. Δίκτυο διανομής ατμού
3. Μονάδες κατανάλωσης (εναλλάκτες θερμότητας).
4. Δίκτυο επιστροφής συμπυκνωμάτων.

Εκτός των κύριων διατάξεων (λέβητες, εναλλάκτες, σωλήνες και βαλβίδες για απομόνωση, έλεγχο, ασφάλεια και παγίδευση ατμού) μερικά εξαρτήματα όπως οι μειωτήρες πίεσης και οι ατμοπαγίδες είναι εξίσου απαραίτητα. Άλλα εξαρτήματα χρειάζονται μόνο σε επείγουσες καταστάσεις όπως π.χ. οι ατμοφράκτες που χρησιμοποιούνται για χειροκίνητο έλεγχο, διαδικασίες αποκατάστασης, επιθεωρήσεις και συντηρήσεις.

3.2 ΜΕΙΩΤΗΡΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΤΜΟΥ

3.2.1 Σκοπός του Μειωτήρα Πίεσης

Οι βασικές αιτίες που επιβάλλουν την εγκατάσταση μειωτήρων πίεσης, στο δίκτυο διανομής ατμού είναι οι παρακάτω:

A) Ποιότητα ατμού

Η πίεση λειτουργίας των μονάδων παραγωγής ατμού, ιδιαίτερα των ατμολεβήτων είναι αρκετά υψηλή (15-25 bar) με σκοπό την παραγωγή ατμού με υψηλό βαθμό ξηρότητας (χαμηλή πίεση λειτουργίας δημιουργεί «υγρό» ατμό). Με την εγκατάσταση του μειωτήρα πίεσης ατμού, επιτυγχάνεται η επιθυμητή τιμή της πίεσης πριν από την μονάδα κατανάλωσης.

B) Οικονομία Υλικών.

Επειδή ο ατμός σε υψηλή πίεση έχει σχετικά μικρότερο ειδικό όγκο, είναι δυνατή η μεταφορά «δεδομένης ποσότητας» ατμού (σε Kg/h), υψηλής πίεσης, με σωληνώσεις μικρότερης διατομής. Έτσι μειώνεται το κόστος κατασκευής του δικτύου διανομής, ενώ με την εγκατάσταση του μειωτήρα

πίεσης, επιτυγχάνεται η επιθυμητή τιμή της πίεσης πριν από την μονάδα κατανάλωσης.

Γ) Εξοικονόμηση ενέργειας.

Με την εγκατάσταση μειωτήρα πίεσης ατμού και συνεπώς με την χρησιμοποίηση ατμού χαμηλής πίεσης, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, που οφείλεται στα εξής:

α) Μείωση των θερμικών απωλειών, λόγω μικρότερης θερμοκρασιακής διαφοράς.

β) Μείωση της ποσότητας του ατμού που απαιτεί μια μονάδα κατανάλωσης, δεδομένης θερμικής ισχύος (κατανάλωσης), λόγω του μεγαλύτερου ποσού λανθάνουσας θερμότητας, που μεταφέρει ο ατμός χαμηλής πίεσης.

γ) Μείωση της ποσότητας του ατμού εκτόνωσης (flash steam) λόγω μικρότερης διαφοράς πίεσης.

Δ) Έλεγχος της θερμοκρασίας.

Επειδή τα μεγέθη της πίεσης και της θερμοκρασίας του ατμού αλληλοεξαρτώνται, είναι δυνατός ο έλεγχος της θερμοκρασίας, ρυθμίζοντας την πίεση εξόδου, ενός μειωτήρα πίεσης ατμού.

Ε) Ασφάλεια.

Κάθε μονάδα κατανάλωσης ατμού, χαρακτηρίζεται από την «πίεση λειτουργίας» αλλά και την «μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση». Αν η πίεση της μονάδας παραγωγής του ατμού είναι μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας μιας κατανάλωσης, τότε επιβάλλεται η εγκατάσταση μειωτήρα πίεσης ατμού, στο δίκτυο διανομής, πριν από την μονάδα κατανάλωσης.

ΣΤ) Διαφορετικές μονάδες κατανάλωσης.

Σε κάθε σχεδόν εγκατάσταση ατμού οι διάφορες μονάδες κατανάλωσης, απαιτούν ατμό διαφορετικής πίεσης πράγμα που επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση μειωτήρων πίεσης ατμού.

3.2.2 Τύποι Μειωτήρων Πίεσης Ατμού

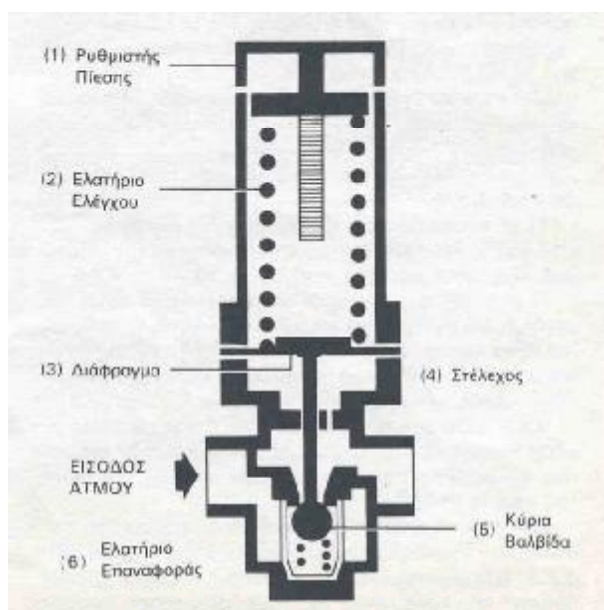
Αν και υπάρχουν διάφοροι τύποι μειωτήρων πίεσης ατμού, είναι δυνατός ο διαχωρισμός τους σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους:

- Μειωτήρες πίεσης άμεσης δράσης
- Μειωτήρες πίεσης έμμεσης δράσης

Α) Μειωτήρες άμεσης δράσης

Τα βασικά εξαρτήματα ενός μειωτήρα άμεσης δράσης φαίνονται στο Σχήμα 3.1. Η αρχή λειτουργίας του μειωτήρα βασίζεται στις δυνάμεις που εξασκούνται στο διάφραγμα (3). Όταν η πίεση εξόδου μειώνεται (λόγω κατανάλωσης ατμού από την μονάδα κατανάλωσης), τότε μειώνεται και η δύναμη που ασκείται στην κάτω επιφάνεια του διαφράγματος, με αποτέλεσμα το ελατήριο ελέγχου (2) να πιέζει το διάφραγμα (3) και μέσω του στελέχους

(4) να ανοίγει την βαλβίδα (5). Έτσι επιτρέπεται η παροχή ατμού στη μονάδα κατανάλωσης, με αποτέλεσμα την βαθμιαία αύξηση της πίεσης εξόδου. Όσο η πίεση εξόδου αυξάνεται, τόσο μειώνεται η δύναμη που ασκεί το ελατήριο ελέγχου στο στέλεχος μέσω του διαφράγματος, με αποτέλεσμα η κύρια βαλβίδα να κινείται πίσω, προς την έδρα της, με τη βοήθεια του ελατηρίου επαναφοράς (6).



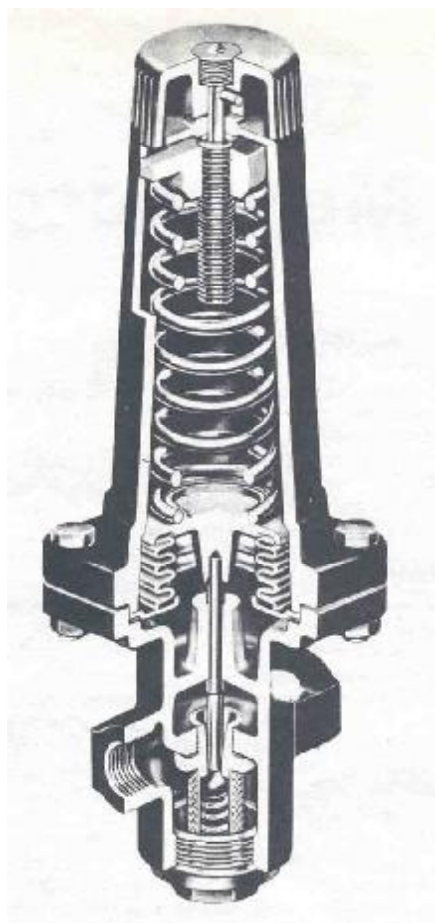
Σχήμα 3.1 Αρχή λειτουργίας μειωτήρα πίεσης ατμού άμεσης δράσης [5].

Από την αρχή λειτουργίας του μειωτήρα που περιγράφηκε, συνεπάγεται ότι η τιμή της πίεσης εξόδου, κατά το άνοιγμα ή το κλείσιμο της κύριας βαλβίδας, αποκλίνει από την επιθυμητή τιμή (πίεση ρύθμισης). Η απόκλιση είναι θετική (αύξηση της πίεσης) κατά το κλείσιμο και αρνητική (μείωση της πίεσης) κατά το άνοιγμα της βαλβίδας.

Λόγω μικρής διαδρομής του στελέχους, και ιδιαίτερα αν η διάμετρος του διαφράγματος είναι μικρή, η μέγιστη παροχή ατμού του μειωτήρα άμεσης πίεσης είναι μικρή.

Κατά την διάρκεια που η βαλβίδα είναι ανοικτή, η μεν πίεση εξόδου μεταφέρεται στο διάφραγμα, η δε πίεση εισόδου στην κάτω επιφάνεια της κύριας βαλβίδας με αποτέλεσμα να τείνουν να κλείσουν την βαλβίδα.

Έτσι συνιστάται κατά την ρύθμιση της πίεσης εξόδου, το ελατήριο ελέγχου πρέπει να είναι ικανό να αντιμετωπίζει τις δυνάμεις που προέρχονται από τις δύο πιέσεις. Σε εγκαταστάσεις που η πίεση εισόδου μεταβάλλεται, τότε μεταβάλλεται αναπόφευκτα και η πίεση εξόδου.



Σχήμα 3.2 Μειωτήρας πίεσης Ατμού άμεσης δράσης τύπου VRV της SPIRAX SARCO [5].

Συνοψίζοντας τα χαρακτηριστικά του μειωτήρα ατμού άμεσης δράσης, έχουμε ότι:

1. Ο μειωτήρας εμφανίζει μικρή απόκλιση της πίεσης εξόδου από την επιθυμητή τιμή.
2. Έχει σχετικά μικρή παροχή.
3. Η πίεση εξόδου μεταβάλλεται με την πίεση εισόδου.
4. Είναι κατάλληλος για πολλές εφαρμογές όπου δεν απαιτείται ακριβής έλεγχος της πίεσης και η παροχή ατμού είναι σχετικά μικρή και ακριβής.

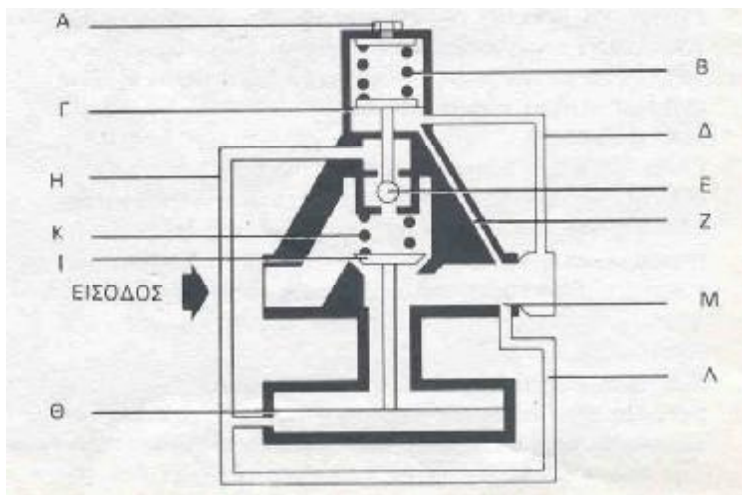
Στο Σχήμα 3.2 φαίνεται ένας μειωτήρας ατμού άμεσης δράσης BRV, της εταιρείας SPIRAX SARCO. Σ' αυτόν τον μειωτήρα το διάφραγμα έχει αντικατασταθεί με φουσούνα με σκοπό να μειωθεί η διάμετρος του διαφράγματος και συνεπώς το μέγεθος του μειωτήρα.

B) Μειωτήρες πίεσης έμμεσης δράσης

Οι μειωτήρες πίεσης έμμεσης δράσης χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ατμού που απαιτούν:

- 1) Μεγάλη παροχή ατμού και
- 2) διατήρηση σταθερής πίεσης εξόδου.

Τα βασικά εξαρτήματα ενός μειωτήρα ατμού έμμεσης δράσης φαίνονται στο Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Αρχή λειτουργίας μειωτήρα πίεσης ατμού έμμεσης δράσης [5].

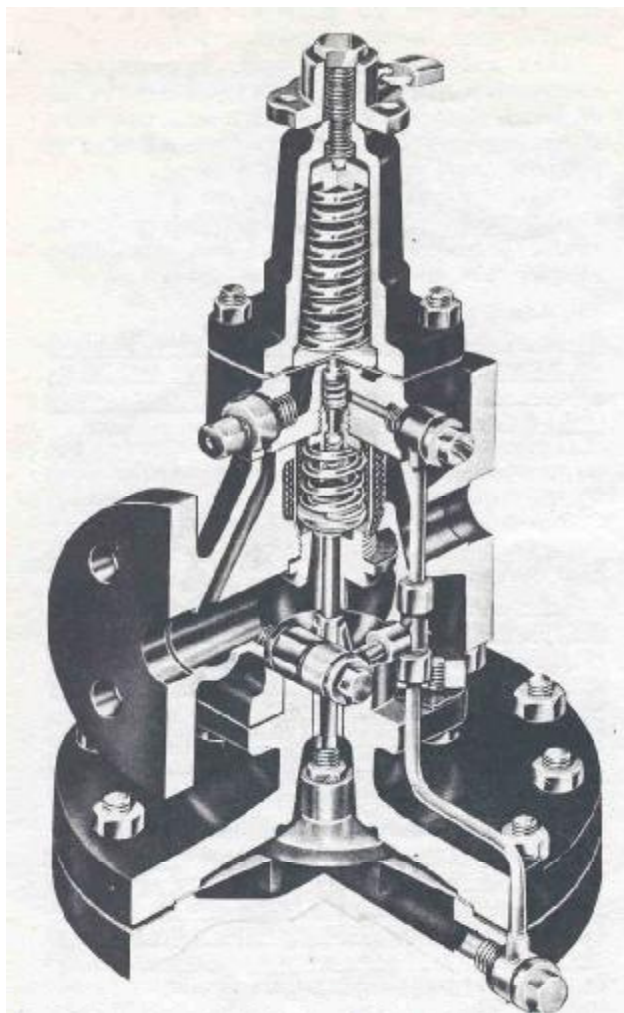
Η πίεση εξόδου δρα στη κάτω επιφάνεια της μικρής μεμβράνης (Γ) μέσω του εξωτερικού σωλήνα (Δ) ή του εσωτερικού (Ζ). Όταν η πίεση εξόδου μειώνεται τότε το ρυθμιστικό ελατήριο (Β) πιέζει την μικρή μεμβράνη με αποτέλεσμα να ανοίξει η βαλβίδα πιλότου (Ε) και να μεταφερθεί η πίεση εισόδου μέσω του σωλήνα (Η) στη κάτω επιφάνεια της μεγάλης μεμβράνης (Θ). Λόγω του μεγέθους της μεγάλης μεμβράνης, η δύναμη που εξασκείται στη κύρια βαλβίδα (Ι) αντισταθμίζει την δύναμη του ελατηρίου επαναφοράς (Κ) και τελικά ανοίγει την κύρια βαλβίδα επιτρέποντας την παροχή ατμού και την αύξηση της πίεσης εξόδου.

Η αύξηση της πίεσης εξόδου επηρεάζει την ισορροπία δυνάμεων στη μικρή μεμβράνη και τείνει να κλείσει τη βαλβίδα πιλότου και να μειώσει την ποσότητα ατμού που διέρχεται δια μέσου αυτής. Η ποσότητα αυτή του ατμού τελικά εξέρχεται μέσω του σωλήνα (Λ) και της οπής (Μ), στην έξοδο του μειωτήρα ενώ το ελατήριο επαναφοράς τείνει να κλείσει την κύρια βαλβίδα και να στραγγαλίσει την ροή.

Τελικά η βαλβίδα του πιλότου ισορροπεί σε τέτοια θέση ώστε:

1. Η ποσότητα του ατμού που διέρχεται δια μέσου αυτής να είναι ίση με την ποσότητα του ατμού που εξέρχεται από την οπή (Μ).
2. Η πίεση που ασκείται στη κάτω επιφάνεια της μεγάλης μεμβράνης, να ρυθμίζει την θέση της κύριας βαλβίδας ώστε να είναι ικανή να αντιμετωπίζει το απαιτούμενο φορτίο για τις δεδομένες τιμές των πιέσεων εισόδου και εξόδου.

Έτσι κάθε μεταβολή της πίεσης ή του φορτίου γίνεται αντιληπτή από την μικρή μεμβράνη η οποία μέσω της βαλβίδας πιλότου ρυθμίζει αμέσως τη θέση της κύριας βαλβίδας. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η τάση του ρυθμιστικού ελατηρίου ρυθμίζεται από τον κοχλία (Α).



Σχήμα 3.4 Μειωτήρας πίεσης ατμού έμμεσης δράσης τύπου DP της SPIRAX SARCO [5].

Πλεονεκτήματα

Οι μειωτήρες πίεσης έμμεσης δράσης συγκρινόμενοι με τους μειωτήρες άμεσης δράσης εμφανίζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Μεγάλη ευαισθησία σε μικρές μεταβολές της πίεσης εξόδου. Η ικανότητα αυτή του μειωτήρα οφείλεται στη μικρή ποσότητα ατμού που απαιτεί η μεγάλη μεμβράνη για να ανοίξει τελείως την κύρια βαλβίδα.
2. Η πίεση εξόδου παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τη μεταβολή της πίεσης εισόδου. Οποιαδήποτε μεταβολή (κυρίως αύξηση) της πίεσης εισόδου, μεταφέρεται ταυτόχρονα τόσο στην πάνω πλευρά της κύριας

βαλβίδας όσο και στη κάτω, μέσω της μεγάλης μεμβράνης, με αποτέλεσμα το άνοιγμα της κύριας βαλβίδας να μην επηρεάζεται από την αύξηση της πίεσης εισόδου.

Στο Σχήμα 3.4 φαίνεται ένας μειωτήρας έμμεσης δράσης της εταιρείας SPIRAX SARCO.

3.2.3 Εκλογή τύπου μειωτήρα πίεσης ατμού

Η εκλογή του σωστού τύπου μειωτήρα εξαρτάται από τις απαιτήσεις των μονάδων κατανάλωσης ατμού. Έτσι σε εγκαταστάσεις που οι απαιτήσεις σε ατμό είναι περιορισμένες (μικρό φορτίο), ή όταν η διατήρηση σταθερής πίεσης εξόδου δεν είναι και τόσο σημαντική τότε χρησιμοποιούνται μειωτήρες άμεσης δράσης (δηλαδή τύπου BRV).

Σε κάθε άλλη περίπτωση και ιδιαίτερα όταν υπάρχουν μεγάλα χρονικά διαστήματα που ο μειωτήρας πίεσης δεν δουλεύει, ή όταν η πίεση στο δίκτυο χαμηλής πίεσης δεν πρέπει να ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή (σταθερή πίεση εξόδου), τότε χρησιμοποιούνται μειωτήρες έμμεσης δράσης (δηλαδή τύπου DP).

Το ρυθμιστικό ελατήριο (και για τους δύο τύπους μειωτήρων) εκλέγεται ανάλογα με την πίεση εξόδου. Σε περιπτώσεις που η πίεση εξόδου (π.χ. 6,5 barg) περιλαμβάνεται στην περιοχή πιέσεων δύο διαφορετικών ελατηρίων (π.χ. για D.P. στις περιοχές 2,5-7 barg και 6-15 barg) τότε εκλέγεται το ελατήριο με την μικρότερη περιοχή πιέσεων. (δηλαδή παραπάνω αυτό με περιοχή 2,5-7 barg). Να σημειωθεί ότι με τη μονάδα barg δηλώνεται η υπερπίεση σε bar.

Τέλος όταν η μείωση της πίεσης που θέλουμε να επιτύχουμε είναι μεγάλη, ή το φορτίο μας μεταβάλλεται απότομα τότε προτείνεται η εγκατάσταση δύο ή και περισσότερων μειωτήρων.

3.2.4 Εκλογή μεγέθους μειωτήρα πίεσης

Η σωστή εκλογή του μεγέθους ενός μειωτήρα πίεσης είναι σημαντική για την κανονική λειτουργία του μειωτήρα και της εγκατάστασής. Αν το μέγεθος του μειωτήρα είναι μεγαλύτερο από εκείνο που απαιτεί η εγκατάσταση, τότε τα προβλήματα που θα παρουσιάσει η εγκατάσταση είναι:

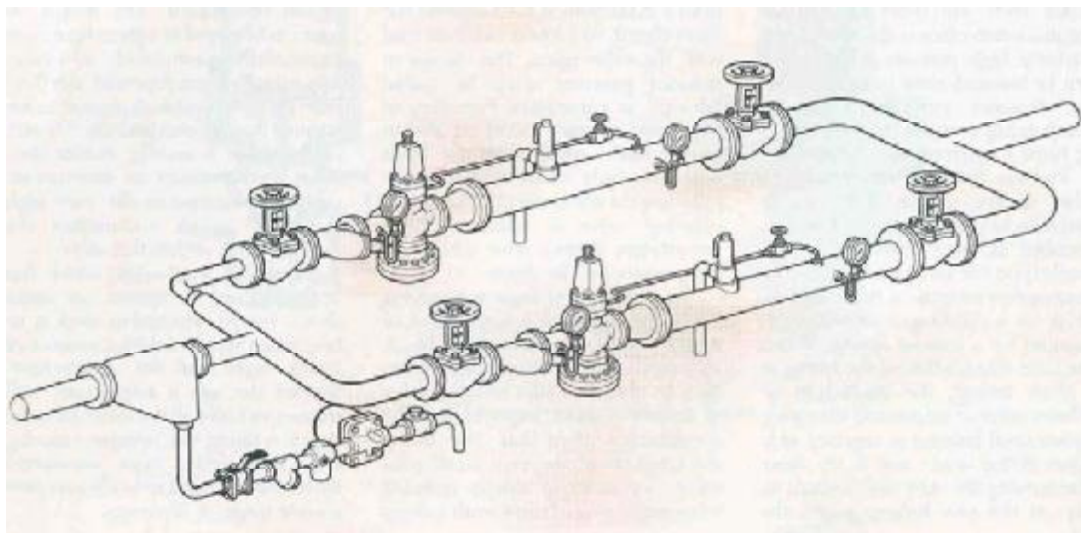
- 1) Φθορά της κύριας βαλβίδας λόγω της συνεχούς λειτουργίας (άνοιγμα-κλείσιμο) και
- 2) Ασταθής πίεσης εξόδου λόγω της μεγάλης παροχής του μειωτήρα.

Έτσι επιβάλλεται η εκλογή του μειωτήρα να γίνεται με βάση τις συγκεκριμένες απαιτήσεις (πίεση εξόδου-φορτίο) της εγκατάστασης.

3.2.5 Εγκατάσταση μειωτήρα πίεσης

Η αξιοπιστία και η ακρίβεια της λειτουργίας ενός μειωτήρα πίεσης εξαρτάται εκτός από τη σωστή εκλογή του τύπου και του μεγέθους του και από τη σωστή του εγκατάσταση.

Στο Σχήμα 3.5 φαίνεται η ιδανική εγκατάσταση ενός μειωτήρα ατμού. Έτσι πριν από τον μειωτήρα πρέπει να τοποθετηθεί ένας διαχωριστήρας διότι έτσι αποφεύγεται η παρουσία υγρασίας στον ατμό, ενώ ένα άλλο εξάρτημα που πρέπει να τοποθετηθεί πριν τον μειωτήρα είναι το φίλτρο ατμού. Η εγκατάσταση του φίλτρου προστατεύει τον μειωτήρα από τα ξένα αντικείμενα (σκουριά κ.τ.λ.) που μεταφέρει ο ατμός. Το φίλτρο πρέπει να τοποθετηθεί οριζόντια, έτσι ώστε ο ατμός να περνά μέσα από όλο το πλέγμα.



Σχήμα 3.5 Τυπική εγκατάσταση μειωτήρα πίεσης [5].

3.3 ΑΤΜΟΠΑΓΙΔΕΣ

3.3.1 Γενικά

Ένα από τα απαραίτητα εξαρτήματα κάθε δικτύου ατμού, είναι η ατμοπαγίδα που τοποθετείται μετά την μονάδα κατανάλωσης και επιτρέπει την απομάκρυνση του συμπυκνώματος ενώ εμποδίζει την έξοδο ατμού.

Προϋποθέσεις για την αποδοτική κατανάλωση των μονάδων κατανάλωσης και γενικότερα όλου του δικτύου ατμού είναι τόσο η σωστή λειτουργία, όσο και η εκλογή του κατάλληλου τύπου ατμοπαγίδας. Οι βασικές αιτίες που προκαλούν προβλήματα (αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου, μείωση της απόδοσης των μονάδων κατανάλωσης κ.ά.) σε ένα δίκτυο ατμού και οφείλονται στην κακή λειτουργία των ατμοπαγίδων είναι:

- Η ατμοπαγίδα μένει ανοικτή και ο ατμός περνά στο δίκτυο επιστροφής συμπυκνωμάτων ή χάνεται στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου, ή του κόστους παραγωγής ατμού (κατανάλωση νερού, κόστος επεξεργασίας).

- Η παροχή της ατμοπαγίδας είναι μικρότερη από την απαιτούμενη οπότε το συμπύκνωμα παραμένει στους χώρους ατμού (δίκτυο διανομής, μονάδες κατανάλωσης) με τα ακόλουθα αποτελέσματα:

α) Την μείωση της απόδοσης

β) Αύξηση του χρόνου παραγωγής ενός προϊόντος και συνεπώς μείωση της παραγωγικότητας.

γ) Αύξηση των θερμικών απωλειών με ακτινοβολία από τις μονάδες κατανάλωσης, λόγω αύξησης του χρόνου παραγωγής.

δ) Διάβρωση των σωληνώσεων και των μονάδων κατανάλωσης.

ε) Καταστροφή της εγκατάστασης λόγω υδραυλικών πληγμάτων.

Για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων επιβάλλεται:

i) Γνώση της λειτουργίας των διαφόρων τύπων ατμοπαγίδων.

ii) Γνώση των χαρακτηριστικών (πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα) κάθε τύπου ατμοπαγίδας.

iii) Υπολογισμός συνθηκών λειτουργίας (πίεση εισόδου, αντίθλιψη, φορτίο).

iv) Εκλογή του κατάλληλου τύπου και μεγέθους ατμοπαγίδας.

v) Προληπτικός έλεγχος της σωστής λειτουργίας κάθε ατμοπαγίδας του δικτύου.

3.3.2 Τύποι Ατμοπαγίδων

Οι τύποι των ατμοπαγίδων που κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο, περιλαμβάνονται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες :

- Μηχανικές ατμοπαγίδες
- Θερμοστατικές ατμοπαγίδες
- Θερμοδυναμικές ατμοπαγίδες

Οι Μηχανικές Ατμοπαγίδες αντιλαμβάνονται την διαφορά της πυκνότητας μεταξύ ατμού και συμπυκνώματος και απομακρύνουν το συμπύκνωμα σε θερμοκρασία ατμού.

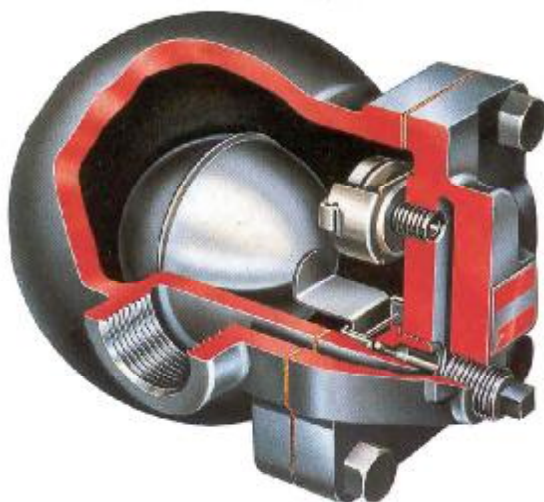
Οι Θερμοστατικές Ατμοπαγίδες αντιλαμβάνονται τις διαφορές θερμοκρασίας και απομακρύνουν το συμπύκνωμα σε θερμοκρασία κάτω από αυτήν του ατμού. Χρησιμοποιούνται συχνά για να συγκρατούν το συμπύκνωμα στον χώρο του ατμού, έτσι ώστε να παίρνει μέρος της αισθητής του θερμότητας και να μην χάνεται σε απώλειες ατμού.

Οι Θερμοδυναμικές ατμοπαγίδες αντιλαμβάνονται τις δυναμικές διαφορές ροής του συμπυκνώματος και του ατμού συμπυκνωμάτων και απομακρύνουν το συμπύκνωμα σε θερμοκρασία ελάχιστα κάτω από αυτήν του ατμού.

Για την εκλογή της κατάλληλης ατμοπαγίδας χρησιμοποιείται ο πίνακας 3 του Παραρτήματος.

3.3.3 Μηχανικές Ατμοπαγίδες Πλωτήρα

Λειτουργούν τόσο σε μικρά όσο και σε μεγάλα φορτία και αντιμετωπίζουν με επιτυχία μεγάλες διακυμάνσεις πίεσης. Αν και είναι συμπαγείς σε μέγεθος, η ικανότητα απομάκρυνσης του συμπυκνώματος, είναι μεγάλη και συνεχής, εξασφαλίζοντας την μέγιστη μεταφορά θερμότητας. Οι ατμοπαγίδες πλωτήρα είναι η καλύτερη επιλογή για την αποστράγγιση μιας εγκατάστασης, με αυτόματο έλεγχο της θερμοκρασίας. Έχουν πάντα ενσωματωμένο ένα αυτόματο εξαεριστικό ή/και σύστημα απεγκλωβισμού του ατμού.



Εικόνα 3.1 Μηχανική ατμοπαγίδα πλωτήρα [5].

Λειτουργία

Μόλις το συμπύκνωμα φθάσει στην ατμοπαγίδα, ανυψώνεται ο πλωτήρας και ο μηχανισμός του μοχλού ανοίγει την κεντρική βαλβίδα. Καθώς η βαλβίδα βρίσκεται πάντοτε κάτω από την επιφάνεια του νερού, δεν μπορεί να περάσει ο ζωντανός ατμός.

Το σοβαρό υδραυλικό πλήγμα μπορεί να καταστρέψει τον μηχανισμό και, εάν υπάρχει τέτοια πιθανότητα, δεν πρέπει να προδιαγράφεται αυτός ο τύπος ατμοπαγίδας. Επίσης εάν είναι εκτεθειμένες σε συνθήκες παγετού οι ατμοπαγίδες αυτές πρέπει να μονώνονται.

Οι ατμοπαγίδες πλωτήρα πρέπει να εγκαθίστανται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο αποστράγγισης, με τον άξονα του πλωτήρα οριζόντιο και με διεύθυνση όπως σημειώνεται στο σώμα τους. Πριν από την ατμοπαγίδα πρέπει να τοποθετείται φίλτρο.

Οι ατμοπαγίδες πλωτήρα έχουν ενσωματωμένο ένα θερμοστατικό εξαεριστικό που επιτρέπει στον αέρα να παρακάμψει την κεντρική βαλβίδα,

διότι διαφορετικά δεν θα μπορούσε να φύγει, γεγονός που δεν θα επέτρεπε στην ατμοπαγίδα να λειτουργήσει.

Χαρακτηριστικά

- Άμεση απομάκρυνση του συμπυκνώματος, στη θερμοκρασία του ατμού, μόλις δημιουργείται.
- Εργάζεται αποτελεσματικά σε μεγάλα αλλά και μικρά φορτία, χωρίς διαρροή ζωντανού ατμού.
- Δέχεται μεγάλες και ξαφνικές διακυμάνσεις της πίεσης.
- Μεγάλη παροχή σε σχέση με το μέγεθος.
- Ανοξείδωτα εσωτερικά εξαρτήματα που μειώνουν την φθορά και την διάβρωση.
- Διαστάσεις 15 mm έως 100 mm.
- Επιλογή βιδωτής ή φλαντζωτής σύνδεσης.
- Υλικό σώματος: Σφαιροειδής χυτοσίδηρος, ή χυτοσίδηρος, ή χυτοχάλυβας, ή ανοξείδωτος χάλυβας.
- Πίεση: έως 32 bar μανομετρική.
- Ικανότητα: έως 40.000 Kgr/h.

3.3.4 Μηχανικές Ατμοπαγίδες Ανεστραμμένου Κάδου

Οι ατμοπαγίδες ανεστραμμένου κάδου είναι ο πιο στιβαρός τύπος μηχανικής ατμοπαγίδας και αντέχει στο υδραυλικό πλήγμα. Επίσης με την τοποθέτηση μιας βαλβίδας αντεπιστροφής στην είσοδο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με υπέρθερμο ατμό. Διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία διατομών βαλβίδων για ακριβές ταίριασμα της πίεσης λειτουργίας και του φορτίου. Απομακρύνουν το συμπύκνωμα διακεκομμένα και δεν επιτρέπουν την γρήγορη απομάκρυνση του αέρα. Γι' αυτό πολλές φορές είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ξεχωριστού εξαεριστικού. Σε συνθήκες παγετού πρέπει να μονώνονται.

Λειτουργία

Ο ατμός εισέρχεται στον ανεστραμμένο κάδο. Αυτό αυξάνει την άνωση στον κάδο και κλείνει την βαλβίδα μέσω του μοχλού, εμποδίζοντας έτσι την διέλευση ζωντανού ατμού. Καθώς ο ατμός μέσα στον κάδο συμπυκνώνεται, λόγω της απώλειας θερμότητας από το σώμα της ατμοπαγίδας, ο κάδος βυθίζεται και ανοίγει η βαλβίδα μέσω του μοχλού. Το συμπύκνωμα απομακρύνεται μέχρις ότου ο ατμός αυξήσει πάλι την άνωση στο κάδο και κλείσει την βαλβίδα.

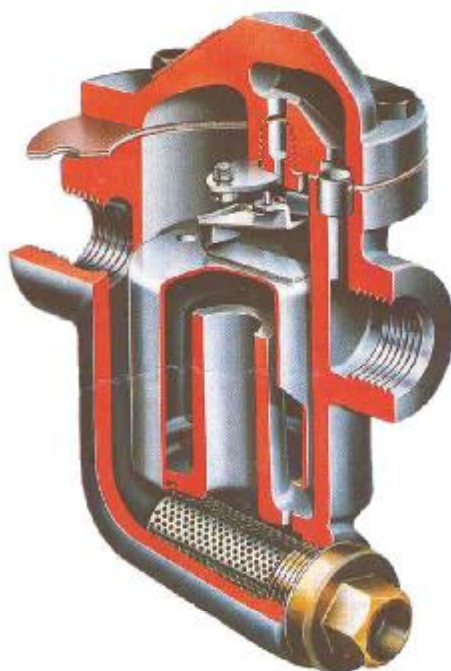
Η ύπαρξη σημαντικής ποσότητας αέρα μέσα στον κάδο, που προφανώς δεν συμπυκνώνεται, θα έκανε τον κάδο να επιπλέει συνεχώς. Για τον λόγο αυτό μια μικρή οπή εξαερισμού επιτρέπει την διαφυγή του αέρα. Η διαφυγή αυτή είναι μάλλον αργή και, εάν πρέπει να απομακρυνθεί σημαντική ποσότητα αέρα, πρέπει να εγκατασταθεί παράλληλα ένα θερμοστατικό εξαεριστικό.

Η ιδανική θέση των ατμοπαγίδων ανεστραμμένου κάδου, είναι χαμηλότερα από την μονάδα που αποστραγγίζεται ώστε να είναι πάντοτε

γεμάτες νερό. Εάν αναμένονται συνθήκες παγετού πρέπει να μονώνονται. Οποιαδήποτε παράκαμψη πρέπει να τοποθετείται πάνω από την ατμοπαγίδα, γιατί αν βρισκόταν από κάτω και ήταν ανοικτή ή είχε διαρροή, θα απομάκρυνε το υδατικό φράγμα.

Εάν η ατμοπαγίδα βρίσκεται σε ψηλό επίπεδο, τότε για την ανύψωση του συμπυκνώματος, πρέπει να χρησιμοποιείται σωλήνας μικρής διαμέτρου (με μικρό σιφώνι U στο κάτω μέρος). Μια πτωτική κλίση και μια βαλβίδα αντεπιστροφής πριν από την ατμοπαγίδα θα βελτιώσει την λειτουργία της.

Μερικοί τύποι έχουν ενσωματωμένη μια βαλβίδα αντεπιστροφής για προστασία από συνθήκες μικρού φορτίου, ξαφνικής πτώσης πίεσης, ή υπέρθερμου ατμού (ο οποίος μπορεί να εξατμίσει το υδατικό φράγμα). Σε συνθήκες υπέρθερμου ατμού, μπορεί να απαιτηθεί πλήρωση με νερό πριν ανοίξει η παροχή ατμού.



Εικόνα 3.2 Ατμοπαγίδα ανεστραμμένου κάδου [5].

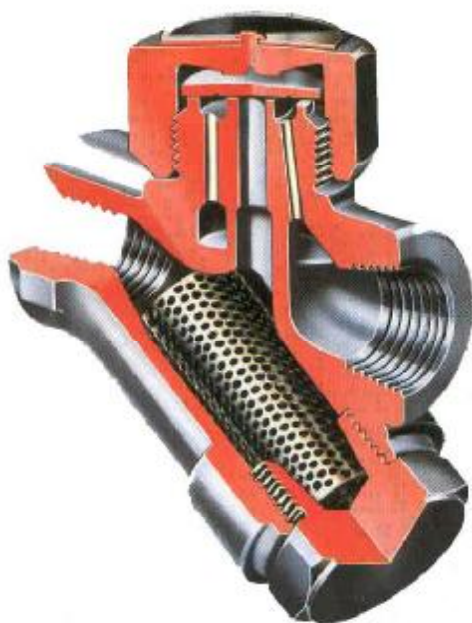
Τα κύρια χαρακτηριστικά των ατμοπαγίδων ανεστραμμένου κάδου είναι τα παρακάτω:

- Στιβαρή ατμοπαγίδα που αντέχει στο υδραυλικό πλήγμα.
- Μεγάλη επιλογή διατομών βαλβίδας για ακριβές ταίριασμα στην πίεση και το φορτίο.
- Καλό υδατικό φράγμα λόγω του σωλήνα εισόδου ο οποίος επεκτείνεται βαθιά μέσα στον κάδο.
- Επιλογή βιδωτής, κολλητής, φλαντζωτής ή περιστρεφόμενης σύνδεσης.

- Ανοξείδωτα εσωτερικά εξαρτήματα που μειώνουν την φθορά και την διάβρωση.
- Διαστάσεις 15 mm έως 50 mm.
- Υλικό σώματος: Σφαιροειδής χυτοσίδηρος, ή χυτοσίδηρος, ή χυτοχάλυβας, ή ανοξ. χάλυβας.
- Πίεση: έως 62 bar μανομετρική.
- Ικανότητα: έως 9.000 Kgr/h
- Προαιρετικοί σφραγισμένοι τύποι από ανοξείδωτο χάλυβα.

3.3.5 Θερμοδυναμικές Ατμοπαγίδες

Αυτές οι ελαφριές αλλά στιβαρές ατμοπαγίδες έχουν μόνο ένα κινούμενο μέρος- ένα σκληρημένο ανοξείδωτο δίσκο, που λειτουργεί και σαν βαλβίδα αντεπιστροφής. Σε ολόκληρο το εύρος των πιέσεων λειτουργίας δεν απαιτείται ρύθμιση ή αλλαγή του μεγέθους της βαλβίδας. Η απομάκρυνση του συμπυκνώματος είναι βέβαιη, με στεγανό κλείσιμο, χωρίς τυχαία ή ρυθμιζόμενη διαρροή. Οι ατμοπαγίδες αυτές αντέχουν στον υπέρθερμο ατμό, στο υδραυλικό πλήγμα, στον παγετό, στις διαβρωτικές συνθήκες και στους κραδασμούς. Εργάζονται σε οποιαδήποτε θέση και κάνουν ένα ευδιάκριτο κλικ κάθε φορά που κλείνει η βαλβίδα. Έτσι ελέγχεται εύκολα η λειτουργία τους.



Εικόνα 3.3 Θερμοδυναμική ατμοπαγίδα [5].

Λειτουργία

Κατά την εκκίνηση η εισερχόμενη πίεση ανυψώνει τον δίσκο και το ψυχρό συμπύκνωμα και ο αέρας απομακρύνονται αμέσως. Όταν διέρχεται

ζεστό συμπύκνωμα από την ατμοπαγίδα δημιουργείται ατμός συμπυκνωμάτων. Η υψηλή του ταχύτητα κάτω από τον δίσκο δημιουργεί υποπίεση κάτω από τον δίσκο και τον έλκει προς την έδρα. Την ίδια ώρα στον θάλαμο πάνω από τον δίσκο, παρουσιάζεται πίεση ατμού συμπυκνωμάτων που πιέζει κάτω τον δίσκο, αντίθετα δηλ. προς την πίεση του εισερχόμενου συμπυκνώματος, μέχρι ο δίσκος να καθήσει στον εσωτερικό δακτύλιο και να κλείσει την βαλβίδα.

Ταυτόχρονα ο δίσκος ακουμπάει πάνω στον εξωτερικό δακτύλιο και παγιδεύει ατμό και πίεση μέσα στον θάλαμο. Η πίεση μέσα στον θάλαμο μειώνεται καθώς συμπυκνώνεται ο ατμός συμπυκνωμάτων και έτσι ο δίσκος ανυψώνεται. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται.

Για βέλτιστη συμπεριφορά και μεγάλη διάρκεια ζωής οι θερμοδυναμικές ατμοπαγίδες πρέπει να εγκαθίστανται με τον δίσκο όρθιο. Με την χρήση ενός προαιρετικού εξαεριστικού δίσκου, είναι δυνατή η αποφυγή εγκλωβισμένου αέρα, όταν υπάρχουν εγκλωβισμένες μεγάλες ποσότητες αέρα στο δίκτυο. αυτό μπορεί να παρουσιαστεί όταν η εγκατάσταση κλείνει και αναρροφάται αέρας μέσα στο σύστημα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των θερμοδυναμικών ατμοπαγίδων είναι τα παρακάτω:

- Συμπαγής και ελαφριά ατμοπαγίδα.
- Μόνο ένα κινούμενο μέρος, (ένας ανοξείδωτος δίσκος) εξασφαλίζει αξιόπιστη λειτουργία.
- Βέβαιη απομάκρυνση του συμπυκνώματος, με στεγανό κλείσιμο, χωρίς τυχαία ή ρυθμιζόμενη διαρροή.
- Αντέχει στον υπέρθερμο ατμό, στο υδραυλικό πλήγμα, στον παγετό στο διαβρωτικό συμπύκνωμα και στους κραδασμούς.
- Ένα ευδιάκριτο κλικ, κατά το κλείσιμο, αποτελεί εύκολο τρόπο ελέγχου της συμπεριφοράς της ατμοπαγίδας.
- Δεν απαιτείται ρύθμιση ή αλλαγή του μεγέθους της βαλβίδας, σε ολόκληρο το εύρος των πιέσεων λειτουργίας.
- Επιλογή βιδωτής, κολλητής, φλαντζωτής ή περιστρεφόμενης σύνδεσης.
- Διαστάσεις 15 mm έως 25 mm.
- Υλικό σώματος: Ανοξείδωτος χάλυβας.
- Πίεση: έως 120 bar μανομετρική.
- Ικανότητα: έως 1.000 Kgr/h.
- Εξασφαλίζει την πλήρη απομάκρυνση του συμπυκνώματος.
- Προαιρετική ηλεκτρολυτική επινικέλωση.
- Προαιρετική τοποθέτηση κρουνού εκκένωσης στο φίλτρο.
- Προαιρετικός εξαεριστικός δίσκος.

3.3.6 Θερμοστατικές Ατμοπαγίδες Εξισορρόπησης Πίεσης

Αυτές οι συμπαγείς, ελαφρές ατμοπαγίδες απομακρύνουν το συμπύκνωμα μόλις ψυχθεί σε θερμοκρασία κάτω από αυτήν του

κεκορεσμένου ατμού. Συγκρατούν το συμπύκνωμα επιτρέποντας την χρησιμοποίηση μέρους της θερμότητάς του. Επομένως είναι φυσικό να παρουσιάζεται συγκέντρωση συμπυκνώματος στο χώρο του ατμού, πριν ανοίξει η ατμοπαγίδα. Δεν απαιτούν ρυθμίσεις στις διάφορες πιέσεις του ατμού. Οι Θερμοστατικές Ατμοπαγίδες Εξισορρόπησης Πίεσης απομακρύνουν ελεύθερα τον αέρα.

Λειτουργία

Στην καρδιά των Θερμοστατικών Ατμοπαγίδων Εξισορρόπησης Πίεσης βρίσκεται μια ανοξείδωτη κάψουλα γεμάτη υγρό, που περιέχει ένα ζεύγος διαφραγμάτων. Το υγρό βράζει σε θερμοκρασία λίγο κάτω από αυτήν του κορεσμένου ατμού. Κρύος αέρας και συμπύκνωμα εισέρχονται στην ατμοπαγίδα. Δεδομένου ότι η κάψουλα είναι κρύα, η βαλβίδα είναι ανοικτή και το συμπύκνωμα και ο αέρας απομακρύνονται.

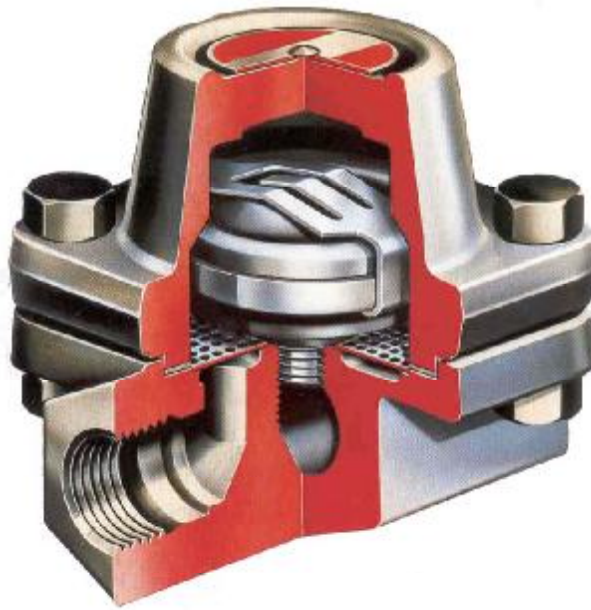
Καθώς το συμπύκνωμα πλησιάζει τη θερμοκρασία του ατμού, η κάψουλα θερμαίνεται. Το υγρό της βράζει και ο παραγόμενος ατμός επενεργεί στο συγκρότημα των διαφραγμάτων και σπρώχνει την βαλβίδα προς την έδρα.

Υπό την δυναμική επίδραση της ροής του συμπυκνώματος η βαλβίδα κλείνει και διακόπτεται η ροή. Καθώς η ατμοπαγίδα, που είναι γεμάτη νερό, χάνει θερμότητα το περιεχόμενο της κάψουλας συμπυκνώνεται και πέφτει η πίεσή του. Η βαλβίδα ανοίγει ξανά, απομακρύνεται συμπύκνωμα και έτσι επαναλαμβάνεται ο κύκλος.

Η ιδεώδης θέση των Θερμοστατικών Ατμοπαγίδων Εξισορρόπησης Πίεσης είναι σε οριζόντια γραμμή, με την κάψουλα προς τα επάνω και με ένα μικρό κατακόρυφο σωλήνα στην είσοδο της ατμοπαγίδας για υποβοήθηση της λειτουργίας της.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των θερμοστατικών ατμοπαγίδων εξισορρόπησης πίεσης είναι τα παρακάτω:

- Εξαιρετικά χαρακτηριστικά εξαερισμού.
- Στιβαρή ανοξείδωτη κάψουλα με χοντρά τοιχώματα, που αντέχει σε υδραυλικό πλήγμα και υπέρθερμο ατμό.
- Ειδικές κάψουλες για συστήματα επιστροφών με κενό, αποστειρωτές και φούρνους ψεκασμού ατμού.
- Επιλογή βιδωτής, κολλητής, φλαντζωτής ή περιστρεφόμενης σύνδεσης.
- Διαστάσεις 15 mm έως 50 mm.
- Υλικό σώματος: Ορείχαλκος, χυτοχάλυβας, ή ανοξείδωτος χάλυβας.
- Πίεση: έως 30 bar μανομετρική.
- Ικανότητα: έως 18.000 Kgr/h.
- Προαιρετικό ενσωματωμένο φίλτρο.
- Προαιρετικοί σφραγισμένοι τύποι από ανοξείδωτο χάλυβα.



Εικόνα 3.4 Θερμοστατική Ατμοπαγίδα Εξισορρόπησης Πίεσης [5].

3.3.7 Θερμοστατικές Διμεταλλικές Ατμοπαγίδες

Οι διμεταλλικές Θερμοστατικές Ατμοπαγίδες χρησιμοποιούνται κυρίως για τον έλεγχο της απομάκρυνσης του συμπυκνώματος, έτσι ώστε να χρησιμοποιείται η αισθητή του θερμότητας και να μειώνονται οι απώλειες που οφείλονται στον ατμό συμπυκνωμάτων κατά την εκτόνωση. Είναι εξαιρετικά στιβαρές ατμοπαγίδες με ενσωματωμένο ανοξείδωτο φίλτρο. Οι διμεταλλικές ατμοπαγίδες δέχονται μεγάλο εύρος φορτίων και πιέσεων και είναι ανθεκτικές σε υδραυλικό πλήγμα, διαβρωτικό συμπύκνωμα και παγετό. Επίσης απομακρύνουν ελεύθερα τον αέρα.

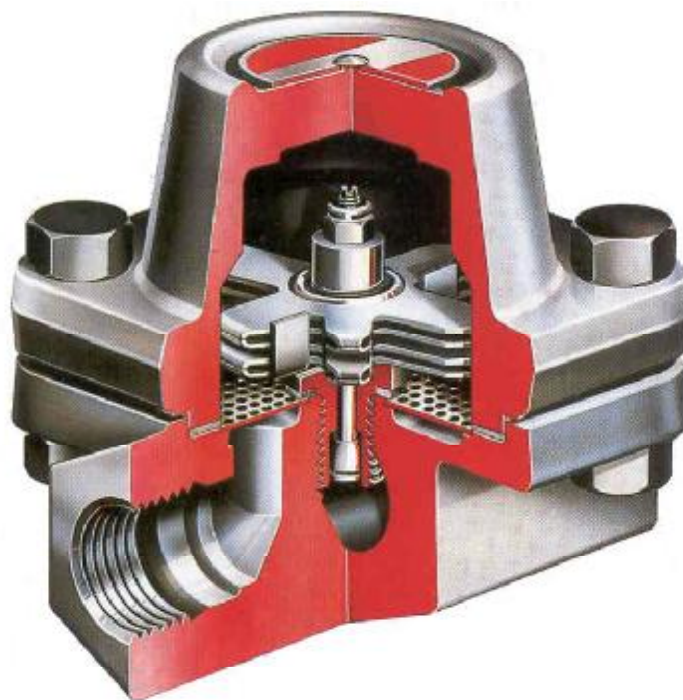
Λειτουργία

Καθώς το συμπύκνωμα στο εσωτερικό της ατμοπαγίδας πλησιάζει την θερμοκρασία του ατμού, τα φύλλα ενός πολλαπλού σταυροειδούς διμεταλλικού στοιχείου παραμορφώνονται και έλκουν την βαλβίδα στην έδρα της, αντίθετα προς την πίεση της γραμμής. Καθώς τα μπράτσα των στοιχείων έχουν διαφορετικά μήκη, έρχονται σε επαφή διαδοχικά, εξασφαλίζοντας πρόσθετη δύναμη κλεισίματος σε υψηλότερες πιέσεις. Καθώς το συμπύκνωμα ψύχεται, η παραμόρφωση μειώνεται και η βαλβίδα ανοίγει.

Σε διμεταλλικές ατμοπαγίδες μεγαλύτερης ικανότητας παροχής, χρησιμοποιείται ένα στοιχείο δίσκου/ελατηρίου.

Η εγκατάσταση και η συντήρησή τους είναι απλές. Οι Διμεταλλικές Ατμοπαγίδες μπορούν να ηλεκτροσυγκολληθούν κατευθείαν πάνω στην γραμμή, χωρίς να αφαιρεθούν τα εργαζόμενα εξαρτήματα. Εναλλακτικά διατίθενται επίσης φλαντζωτοί και βιδωτοί τύποι. Κατά την συντήρηση το

στοιχείο απλώς ξεβιδώνεται και αντικαθίσταται, χωρίς να χρειαστεί η απομάκρυνση της ατμοπαγίδας από την γραμμή.



Εικόνα 3.5 Θερμοστατική διμεταλλική ατμοπαγίδα [5].

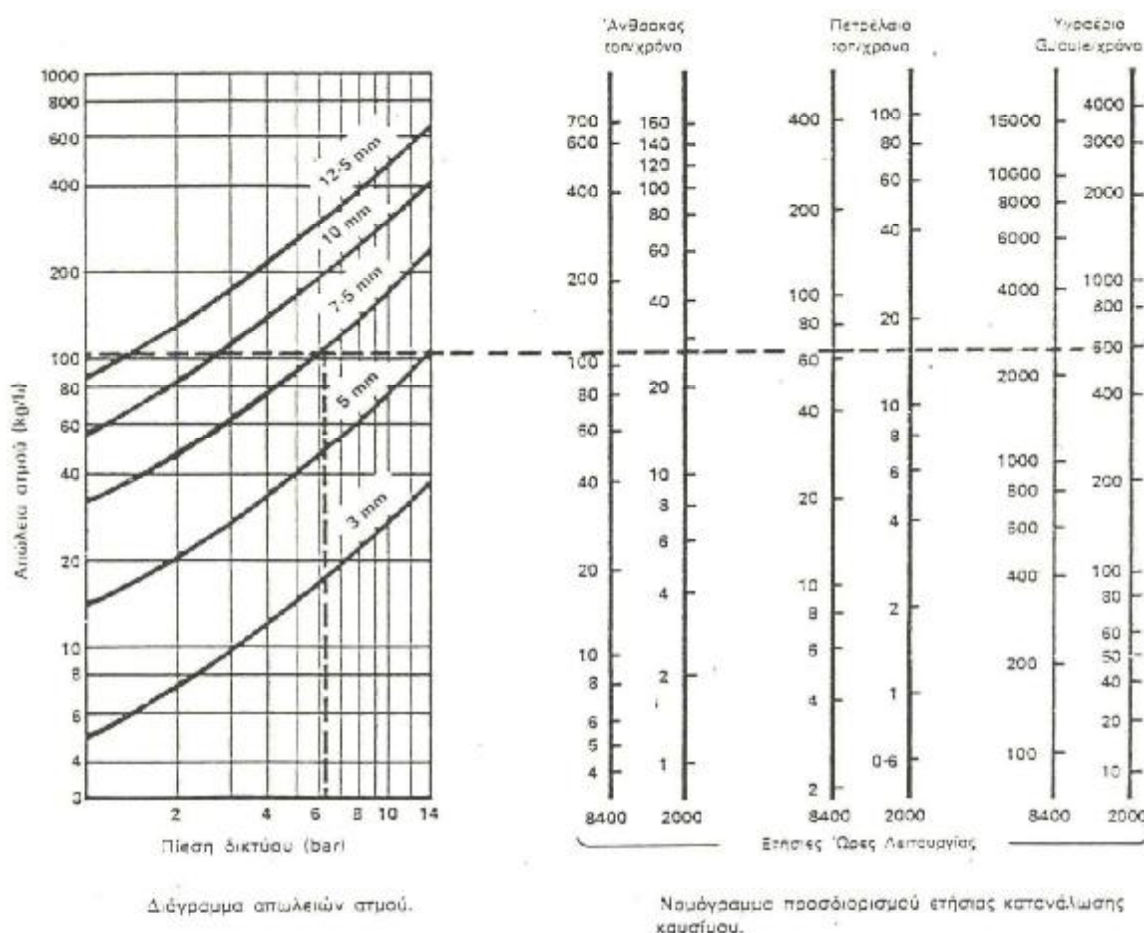
Τα κύρια χαρακτηριστικά των θερμοστατικών διμεταλλικών ατμοπαγίδων είναι τα παρακάτω:

- Η θερμοκρασία απομάκρυνσης του συμπυκνώματος ελέγχεται από διμεταλλικό στοιχείο, που επιτρέπει τη χρήση της αισθητής θερμότητας και μειώνει τις απώλειες από τον ατμό συμπυκνωμάτων.
- Το μοναδικό πολλαπλό σπειροειδές διμεταλλικό στοιχείο έχει μεγάλη επιφάνεια και μικρή μάζα για εξασφάλιση μέγιστης ευαισθησίας.
- Το στοιχείο ακολουθεί σχεδόν την καμπύλη κεκορεσμένου ατμού και είναι επομένως εξίσου αποτελεσματικό σ' όλες τις πιέσεις.
- Ευαίσθητη απόκριση που αποφεύγει την θερμική αδράνεια βαρύτερων στοιχείων.
- Εξαιρετικά στιβαρή κατασκευή. Αντέχει σε υδραυλικό πλήγμα, διαβρωτικό συμπύκνωμα και Παγετό.
- Απομακρύνει ελεύθερα τον αέρα.
- Ενσωματωμένο φίλτρο.
- Ευκολία στην εγκατάσταση.
- Επιλογή βιδωτής, κολλητής, ή φλαντζωτής σύνδεσης.
- Διαστάσεις 15 mm έως 40 mm.
- Υλικό σώματος: Χυτοχάλυβας, ή Ανοξείδωτος χάλυβας.

- Πίεση : έως 45 bar μανομετρική.
- Ικανότητα : έως 9.000 Kgr/h.
- Προαιρετικοί σφραγισμένοι τύποι από ανοξείδωτο χάλυβα.

3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΤΜΟΥ ΑΠΟ ΔΙΑΡΡΟΕΣ.

Τα τελευταία χρόνια η συνεχής αύξηση της τιμής των καυσίμων και συνεπώς του κόστους παραγωγής, έχει σαν αποτέλεσμα την προσπάθεια βελτίωσης όλων των βιομηχανικών εγκαταστάσεων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

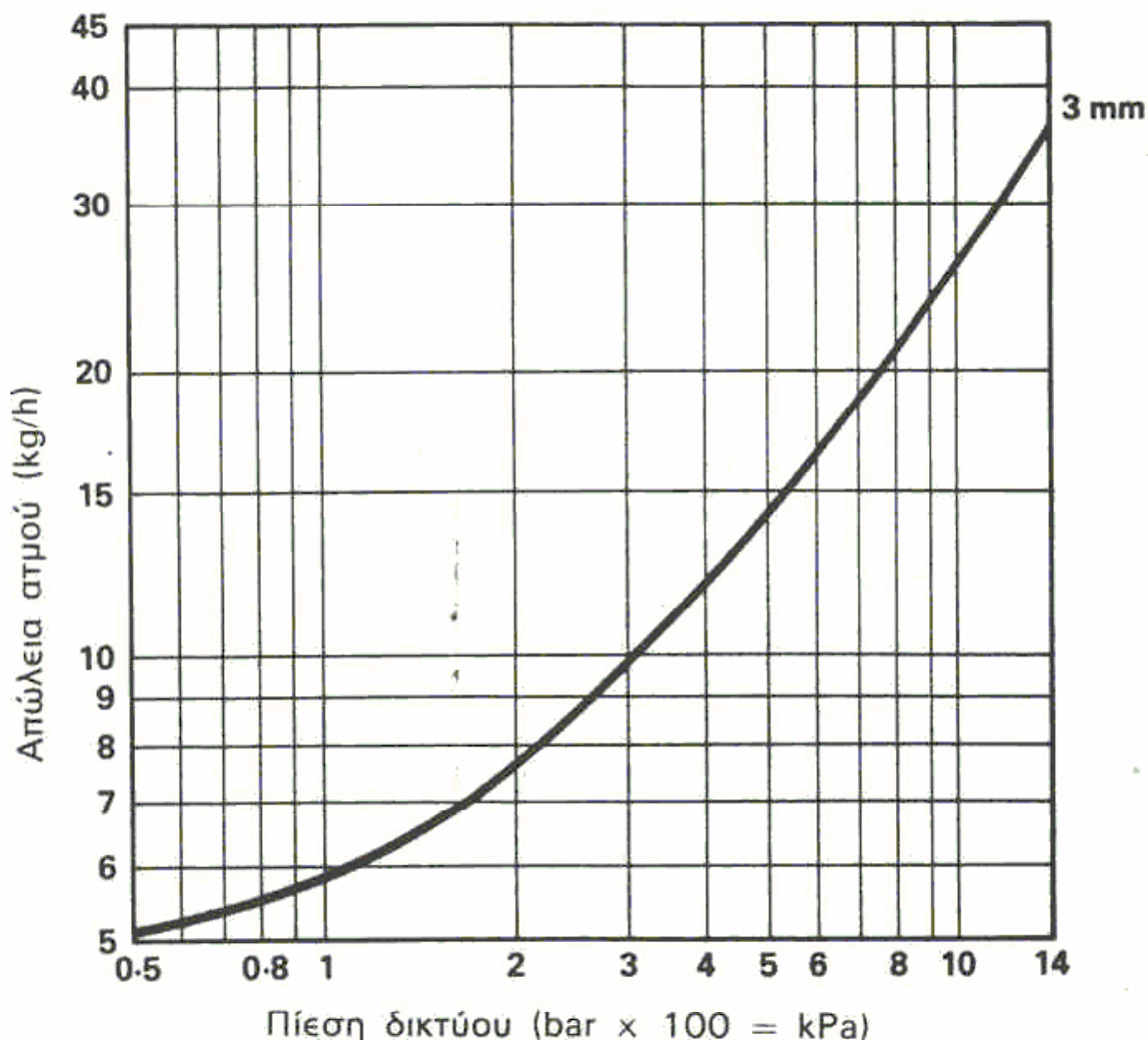


Σχήμα 3.6 Απώλεια ατμού ανάλογα με την πίεση λειτουργίας και το μέγεθος της οπής και νομογράφημα προσδιορισμού της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου ανάλογα με το είδος του καυσίμου και τις ώρες λειτουργίας [5].

Ειδικότερα στα δίκτυα ατμού, οι βασικές αιτίες που αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας είναι οι παρακάτω:

1. Κακή λειτουργία των ατμοπαγίδων

2. Έλλειψη μόνωσης στα δίκτυα μεταφοράς
3. Παρουσία υγρασίας και αέρα στον ατμό
4. Έλλειψη κλειστού δικτύου επιστροφής συμπυκνωμάτων
5. Έλλειψη δικτύου χαμηλής πίεσης (2 bar), χρησιμοποιώντας τον ατμό εκτόνωσης (Flash steam).
6. Απώλειες «ζωντανού» ατμού, από το δίκτυο μεταφοράς.



Σχήμα 3.7 Απώλεια ατμού συναρτήσει της πίεσης λειτουργίας για οπή διαμέτρου 3 mm [5].

Στο σημείο αυτό θα εξεταστούν οι απώλειες ατμού από διαρροές που συμβαίνουν στο δίκτυο ατμού (από φλάντζες, αμοφράκτες, αμοπαγίδες, διάφορα εξαρτήματα κ.τ.λ.). Αν και φαίνεται ασήμαντη η ποσότητα του ατμού που χάνεται στην ατμόσφαιρα, ωστόσο το συνολικό κόστος του καυσίμου

είναι σημαντικό και πολλές φορές μεγαλύτερο από το κόστος επισκευής ή και αντικατάστασης ενός εξαρτήματος (π.χ. ατμοπαγίδα, ατμοφράκτη).

Έτσι το αριστερό διάγραμμα του Σχήματος 3.6 μας δίνει την απώλεια ατμού σε Kg/h, ανάλογα με το μέγεθος της οπής και την πίεση λειτουργίας. Το νομογράφημα στη δεξιά πλευρά του Σχήματος 3.6 μας δίνει την ετήσια κατανάλωση καυσίμου, ανάλογα με το είδος του καυσίμου (άνθρακας, πετρέλαιο, υγραέριο) και τις ώρες λειτουργίας της εγκατάστασης. Το νομογράφημα του Σχήματος 3.7 μας δίνει επίσης την απώλεια ατμού σε Kg/h για οπή 3mm, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

4.1 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Το νερό που εισέρχεται στον λέβητα έχει θερμοκρασία $T_1=90^{\circ}\text{C}$ και εξέρχεται με θερμοκρασία $T_2=70^{\circ}\text{C}$. Επομένως η διαφορά θερμοκρασίας είναι:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = (90 - 70)^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$$

Η ογκομετρική παροχή δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\dot{V} = \frac{Q}{\rho \cdot C_p \cdot \Delta T} = \frac{300.000^{\text{kcal/h}}}{1^{\text{kg/lt}} \cdot 1^{\text{kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot 20^{\circ}\text{C}} = 15.000^{\text{lt/h}} = 15^{\text{m}^3/\text{h}}$$

4.2 ΙΣΧΥΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗ

Για τον υπολογισμό της ισχύος του κυκλοφορητή είναι γνωστή η παροχή $\dot{V}=15^{\text{m}^3/\text{h}}$ από το προηγούμενο βήμα. Το μανομετρικό του κυκλοφορητή εκτιμάται σε $H=4 \text{ mH}_2\text{O}$. Η ισχύς του κυκλοφορητή δίνεται από τον τύπο:

$$N = 1,10 \cdot \frac{\dot{V} \cdot H}{367 \cdot 0,6} = 1,10 \cdot \frac{15^{\text{m}^3/\text{h}} \cdot 4^{\text{mH}_2\text{O}}}{367 \cdot 0,6} = 0,3^{\text{KW}}$$

4.3 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ

Από τους Πίνακες κορεσμένων ατμών που εμπεριέχονται στο σύγγραμμα των ατμολεβήτων, για πίεση $P=6\text{bar}$ ο κορεσμένος ατμός έχει ενθαλπία:

$$h_1 = 2756,14^{\text{kJ/kg}}$$

και η ενθαλπία του κορεσμένου νερού είναι:

$$h_2 = 670,50^{kJ/kg}$$

Γνωρίζουμε ότι η ισχύς της κεντρικής θερμάνσεως είναι:

$$Q = 300.000^{kcal/h}$$

Επιπροσθέτως, ο ατμός δίνει θερμότητα ανά χιλιόγραμμο ίση με την διαφορά της ενθαλπίας $h_1 - h_2$. Οπότε αν η παροχή ατμού είναι D θα έχουμε:

$$Q = D(h_1 - h_2) \Rightarrow D = \frac{Q}{h_1 - h_2} = \frac{300.000^{kcal/h}}{\frac{2756,14^{kJ/kg} - 670,50^{kJ/kg}}{4,187}} = 600^{kg/h}$$

4.4 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ ΑΠΟΤΟΝΩΣΕΩΣ

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα T-S (Σχήμα 4.1), η μεταβολή από το σημείο $2 \rightarrow 3$ είναι ισενθαλπική, οπότε ισχύει η ισότητα

$$h_3 = h_2 = 670,50^{kJ/kg}$$

Στο σημείο 3 έχουμε $P = 1^{bar}$, δηλαδή ατμοσφαιρική πίεση.

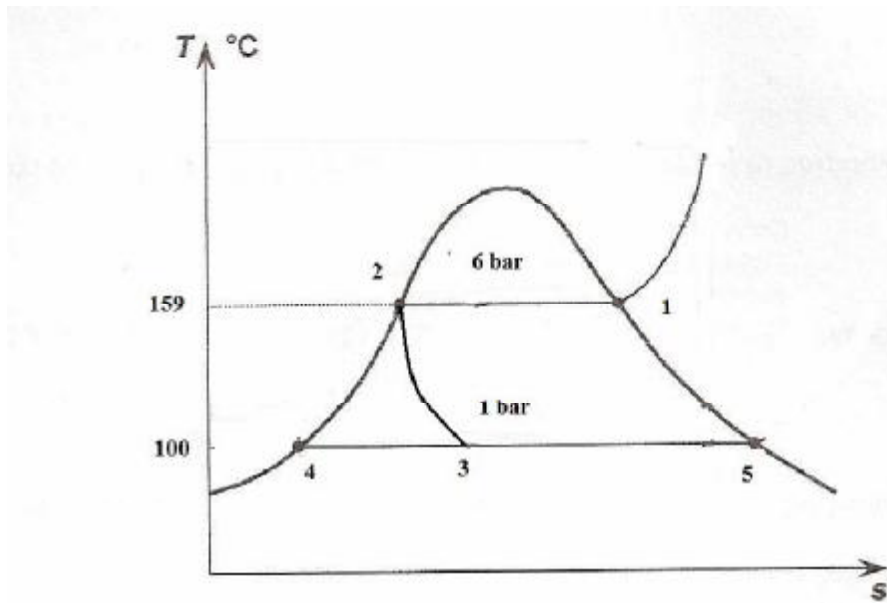
Στην περίπτωση αυτήν, ανατρέχοντας στους Πίνακες του κορεσμένου ατμού και διαπιστώνουμε ότι το κορεσμένο νερό έχει ενθαλπία:

$$h_4 = 417,44^{kJ/kg}$$

και ο κορεσμένος ατμός έχει ενθαλπία:

$$h_5 = 2674,95^{kJ/kg}$$

Αφού η ενθαλπία h_3 στο διάγραμμα βρίσκεται μεταξύ των τιμών των ενθαλπιών h_4 και h_5 επιβεβαιώνεται ότι είναι μίγμα κορεσμένου υγρού-ατμού με ποιότητα έστω X_3



Σχήμα 4.1 Διάγραμμα T-S.

Βάσει του παρακάτω τύπου βρίσκουμε το ποσοστό της ποιότητας X_3 του μίγματος κορεσμένου υγρού-ατμού, έτσι ώστε να δούμε αν το μίγμα μας τείνει περισσότερο σε υγρό ή σε ατμό. Άρα:

$$h_3 = X_3 \cdot h_5 + (1 - X_3)h_4$$

$$\Rightarrow X_3 = \frac{h_3 - h_4}{h_5 - h_4} = \frac{670,50 - 417,44}{2674,95 - 417,44} = 0,112 = 11,2\%$$

Γνωρίζουμε ότι η ποιότητα ορίζεται ως:

$$X = \frac{\text{Μάζα _ ατμού}}{\text{Μάζα _ Μίγματος}}$$

Οπότε αντίστοιχα για τις παροχές ισχύει:

$$X_3 = \frac{\dot{m}_D}{D}$$

όπου \dot{m}_D είναι η παροχή του ατμού αποτονώσεως.
Επομένως:

$$\dot{m}_D = X_3 \cdot D = 11,2\% \cdot 600^{kg/h} = 67^{kg/h}$$

4.5 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ

Το συμπύκνωμα που εισέρχεται στην δεξαμενή των συμπυκνωμάτων ευρίσκεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$m_c = D - \dot{m}_D = (600 - 67)^{kg/h} = 533^{kg/h}$$

4.6 ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΩΛΗΝΩΝ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Από προηγούμενο ερώτημα έχουμε βρει την παροχή νερού

$$\dot{V} = 15^{m^3/h}$$

και θεωρήσαμε την ταχύτητα

$$u = 0,6^{m/s}$$

Από την Μηχανική των Ρευστών γνωρίζουμε την εξίσωση της συνέχειας, όπου η ογκομετρική παροχή ισούται με το γινόμενο της ταχύτητας του ρευστού που αναπτύσσεται σε έναν αγωγό επί το εμβαδόν της διατομής του σωλήνα, δηλαδή:

$$\dot{V} = u \cdot A$$

Το εμβαδόν της διατομής του σωλήνα δίνεται από τον τύπο:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

όπου d η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα σε mm.

Σε συνάρτηση με τα παραπάνω καταλήγουμε στον τύπο της εσωτερικής διαμέτρου:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{\dot{V}}{u}} = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{15^{m^3/h}}{0,6^{m/s}}} = 94^{mm}$$

Από την τυποποίηση των χαλυβδοσωλήνων άνευ ραφής, επιλέγουμε τον σωλήνα $d = DN100 = 114,3^{\Phi} \times 3,6^{mm}$, που έχει εσωτερική διάμετρο:

$$d = DN100 = 114,3^{mm} - 2 \cdot 3,6^{mm} = 107,1^{mm}$$

που είναι αποδεκτή τιμή διότι είναι η αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη τιμή από το $d = 94^{mm}$ που βρήκαμε. Γνωρίζουμε ότι γενικά η ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου που περνάει το ρευστό. Στην περίπτωσή μας αφού θα έχουμε μεγαλύτερη διάμετρο, θα πρέπει και η ταχύτητα του νερού να είναι λίγο μικρότερη από $u = 0,6^{m/s}$

Έτσι χρησιμοποιούμε την αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη εσωτερική διάμετρο από την $d = 94^{mm}$ που θέλουμε, η οποία είναι $d = 107,1^{mm}$. Αφού θα έχουμε μεγαλύτερη διάμετρο αυτό σημαίνει ότι και η ταχύτητα του νερού θα είναι λίγο μικρότερη από $u = 0,6^{m/s}$. Άρα η ταχύτητα που θα έχουμε είναι:

$$\begin{aligned} d &= 18,8 \sqrt{\frac{\dot{V}}{u}} \Rightarrow 107,1^{mm} = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{15^{m^3/h}}{u}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{107,1^{mm}}{18,8} &= \sqrt{\frac{15^{m^3/h}}{u}} \Rightarrow \left(\frac{107,1^{mm}}{18,8} \right)^2 = \left(\sqrt{\frac{15^{m^3/h}}{u}} \right)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow 32,456^{mm^2} &= \frac{15^{m^3/h}}{u} \Rightarrow u = \frac{15^{m^3/h}}{32,456^{mm^2}} \Rightarrow u = 0,462^{m/s} \end{aligned}$$

4.7 ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΩΛΗΝΑ ΑΤΜΟΥ

Γνωρίζουμε ότι η παροχή του ατμού είναι:

$$D = 600^{kg/h} = 0,6^{t/h}$$

Υποθέτουμε ότι η ταχύτητα ροής του ατμού είναι:

$$u = 20^{m/s}$$

Για να μετατρέψουμε τη μαζική παροχή σε ογκομετρική παροχή χρειαζόμαστε τον ειδικό όγκο του ατμού.

Από πίνακα κορεσμένου ατμού σε πίεση:

$$P = 6^{bar}$$

βρίσκουμε ότι

$$\hat{V} = 0,316^{m^3/kg}$$

Οπότε η διάμετρος του σωλήνα του ατμού βρίσκεται από τη σχέση:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{D \cdot \hat{V}}{u}} = 18,8 \sqrt{\frac{600^{Kg/h} \cdot 0,316^{m^3/Kg}}{20^{m/s}}} = 594 \sqrt{\frac{0,6^{t/h} \cdot 0,316^{m^3/Kg}}{20^{m/s}}} = 57,8^{mm}$$

Από το σχετικό Πίνακα επιλέγουμε το σωλήνα:

$$DN65 = 76,1^{\Phi} \times 2,9^{mm}$$

με εξωτερική διάμετρο: 76,1 mm

πάχος: 2,9 mm

και εσωτερική διάμετρο: $d = 76,1^{mm} - 2 \cdot 2,9^{mm} = 70,3^{mm}$

που είναι αρκετά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη εσωτερική διάμετρο των 57,8^{mm}. Το γεγονός αυτό, όπως και προηγουμένως, σημαίνει ότι η ταχύτητα θα είναι τελικά μικρότερη από 20m/s. Άρα από τον γνωστό τύπο της εσωτερικής διαμέτρου έχουμε:

$$d = 594 \cdot \sqrt{\frac{D \cdot \hat{V}}{u}} \Rightarrow 70,3 = 594 \cdot \sqrt{\frac{0,6^{t/h} \cdot 0,316^{m^3/Kg}}{u}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 70,3^2 = 594^2 \cdot \left(\sqrt{\frac{0,6^{t/h} \cdot 0,316^{m^3/Kg}}{u}} \right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = \frac{0,6^{t/h} \cdot 0,316^{m^3/Kg} \cdot 594^2}{70,3^{2mm}} = 13,5^{m/s}$$

4.8 ΔΙΑΤΟΜΗ ΣΩΛΗΝΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ

Από προηγούμενο βήμα έχουμε:

$$D = 600^{kg/h} = 0,6^{t/h} .$$

Θεωρούμε ταχύτητα ροής

$$u = 1^{m/s}$$

Ο ειδικός όγκος βρίσκεται από τους Πίνακες του κορεσμένου νερού.
Για $P = 6^{atm}$ ο ειδικός όγκος είναι:

$$\hat{V} = 0,0011^{m^3/Kg} .$$

Όπως και στο προηγούμενο βήμα θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο της εσωτερικής διαμέτρου. Οπότε:

$$d = 594 \cdot \sqrt{\frac{D \cdot \hat{V}}{u}} = 594 \cdot \sqrt{\frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{1^{m/s}}} = 15,2^{mm}$$

Από τους Πίνακες της τυποποίησης των χαλυβδοσωλήνων άνευ ραφής επιλέγουμε τον χαλυβδοσωλήνα $DN 20 = 26,9^{\Phi} \times 2,3^{mm}$

- Με εξωτερική διάμετρο: $26,9^{mm}$
- Πάχος: $2,3^{mm}$
- Εσωτερική διάμετρο: $26,9^{mm} - 2 \times 2,3^{mm} = 22,3^{mm}$ (που είναι λίγο μεγαλύτερη από την απαιτούμενη)

Από τον τύπο της εσωτερικής διαμέτρου θα βρούμε την ταχύτητα για την συγκεκριμένη εσωτερική διάμετρο. Επομένως θα έχουμε:

$$\begin{aligned} d &= 594 \cdot \sqrt{\frac{D \cdot \hat{V}}{u}} \Rightarrow 22,3^{mm} = 594 \cdot \sqrt{\frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{u}} \Rightarrow \\ \Rightarrow (22,3^{mm})^2 &= 594^2 \cdot \left(\sqrt{\frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{u}} \right)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow 497,3^{mm^2} &= 352836 \cdot \frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{u} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{497,3^{mm^2}}{352836} = \frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{u} \Rightarrow 0,0014 = \frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{u}$$

$$\Rightarrow u = \frac{0,6^{t/h} \cdot 0,0011^{m^3/Kg}}{0,0014} \Rightarrow u = 0,47^{m/s}$$

5. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΑΝΤΙΠΡΟΗΣ ΑΤΜΟΥ-ΝΕΡΟΥ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα υπολογιστούν οι θερμικές παράμετροι του εναλλάκτη όπως η μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας, η θερμική ισχύς κ.τ.λ. καθώς επίσης και μεγέθη που έχουν να κάνουν με το μέγεθος του εναλλάκτη όπως ο αριθμός και το μέγεθος των αυλών κ.τ.λ. Θα υπολογίσουμε τις θερμικές παραμέτρους του εναλλάκτη με την κλασική μέθοδο της μέσης λογαριθμικής διαφοράς θερμοκρασίας.

5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Δεδομένα:

Θερμοκρασία εισόδου ατμού: $T_3=159^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία εξόδου ατμού: $T_4=159^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία εισόδου νερού: $T_2=70^{\circ}\text{C}$

Θερμοκρασία εξόδου νερού: $T_1=90^{\circ}\text{C}$

Παροχή νερού: $\dot{V} = 15\text{m}^3/\text{h}$

Παροχή ατμού: $D = 600\text{kg}/\text{h}$

Για διευκόλυνση στους υπολογισμούς ορίζουμε τους παρακάτω δείκτες:

i=είσοδος (in),

o=έξοδος (out)

1=ατμός,

2=νερό θέρμανσης

5.3 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

Διαφορά θερμοκρασίας ρευστού 1:

$$\Delta T_1 = T_{1i} - T_{1o} = 159 - 159 = 0^{\circ}\text{C}$$

Διαφορά θερμοκρασίας ρευστού 2:

$$\Delta T_2 = T_{2o} - T_{2i} = 90 - 70 = 20^\circ\text{C}$$

Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστών στα άκρα εισόδου:

$$\Delta T_i = T_{1i} - T_{2i} = 159 - 70 = 89^\circ\text{C}$$

Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστών στα άκρα εξόδου:

$$\Delta T_o = T_{1o} - T_{2o} = 159 - 90 = 69^\circ\text{C}$$

5.4 ΜΕΣΗ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Για να υπολογίσουμε την μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας κατά Grashof χρειαζόμαστε τις θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των ρευστών στα δύο άκρα του εναλλάκτη. Αυτές διακρίνονται σε μέγιστη (max) και ελάχιστη (min):

$$\Delta T_{\min} = T_{1i} - T_{2o} = 159 - 90 = 69^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\max} = T_{1o} - T_{2i} = 159 - 70 = 89^\circ\text{C}$$

Οπότε έχουμε :

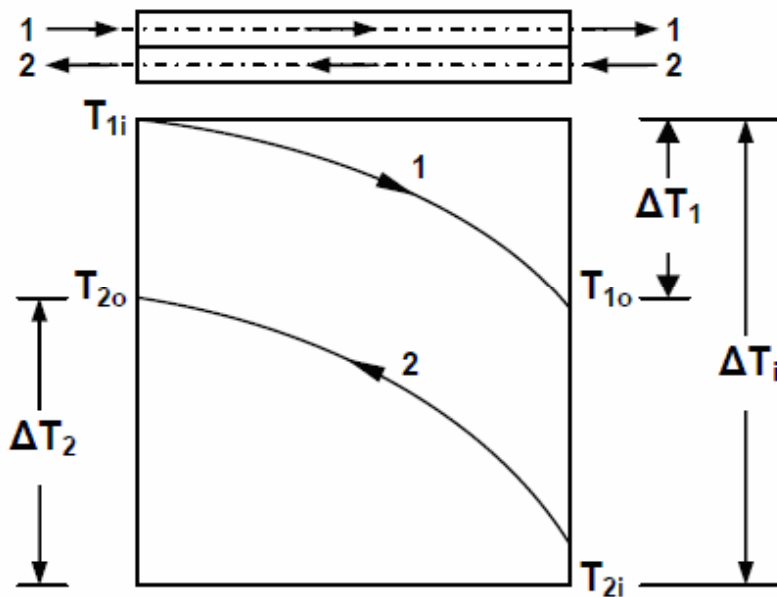
$$(\Delta T_m)_{\log} = \frac{\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}}{\ln \frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}}} = 78,6^\circ\text{C}$$

5.5 ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

Ο εναλλάκτης που μελετάμε είναι εναλλάκτης αντιρροής. Στο Σχήμα 5.1 φαίνεται σχηματικά η μορφή του εναλλάκτη και το διάγραμμα μεταβολής των θερμοκρασιών των ρευστών.

Η θερμική ισχύς του εναλλάκτη είναι δεδομένη και ίση με:

$$Q = 300.000 \text{ Kcal/h}$$



Σχήμα 5.1 Εναλλάκτης αντιρροής [3].

5.6 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ

Η επιφάνεια εναλλαγής του εναλλάκτη υπολογίζεται με βάση τον γνωστό τύπο που συνδέει την θερμική ισχύ με την μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας και τον συντελεστή μεταβίβασης θερμότητας:

$$F = \frac{Q}{k \cdot (\Delta T_m)_{\log}} = \frac{300.000 \text{ Kcal/h}}{800 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 78,6^\circ\text{C}} \approx 5 \text{ m}^2$$

όπου ο συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας k του εναλλάκτη θεωρήθηκε ίσος με:

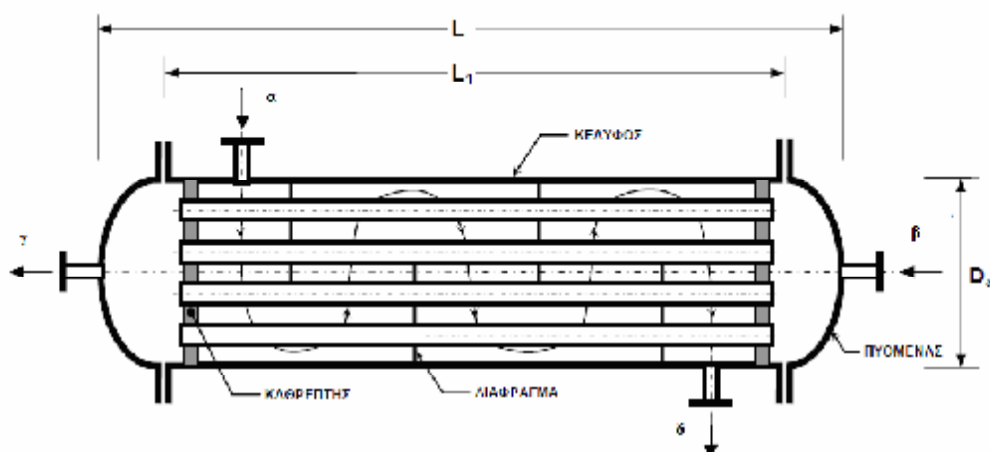
$$k = 800 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$$

5.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

Ο εναλλάκτης θα είναι τύπου ‘αντιρροής’ μιας διαδρομής. Θα περιλαμβάνει κέλυφος από χαλυβδοσωλήνα με ραφή και ευθύγραμμους αυλούς από χαλυβδοσωλήνες άνευ ραφής, οι οποίοι θα στερεώνονται σε επίπεδους κυκλικούς ‘καθρέπτες’ με εκτόνωση. Οι πυθμένες θα είναι κυρτοί με μικρή γόβωση και θα συνδέονται στο κέλυφος με φλάντζες. Η είσοδος του ατμού θα γίνεται από ένα φλαντζωτό στόμιο τοποθετημένο στο ένα άκρο του κελύφους, ενώ η έξοδος των συμπυκνωμάτων θα είναι στο άλλο άκρο αυτού.

Επίσης, η είσοδος του νερού θέρμανσης θα γίνεται από ένα φλαντζωτό στόμιο τοποθετημένο στον ένα πυθμένα και η έξοδος αυτού από τον άλλο πυθμένα. Λεπτομερής διάταξη του εναλλάκτη φαίνεται στο Σχήμα 5.2.

Στο εσωτερικό του εναλλάκτη θα τοποθετηθούν διαφράγματα για καλύτερη κατανομή της ροής του ατμού.



Σχήμα 5.2 Κατασκευαστική διαμόρφωση του εναλλάκτη [3], α) ατμός, β) είσοδος νερού θέρμανσης, γ) έξοδος νερού θέρμανσης, δ) συμπυκνώματα.

5.8 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΥΛΩΝ

Σε εναλλάκτες τέτοιου είδους τοποθετούνται συνήθως αυλοί με εσωτερική διάμετρο από 10 έως 50^{mm}. Για την περίπτωσή μας, με βάση τον Πίνακα 1 του Παραρτήματος, επιλέγουμε αυλούς από τυποποιημένο χαλυβδοσωλήνα άνευ ραφής 21,3^Φx2^{mm}.

Θεωρούμε ότι το πάχος του σωλήνα (2^{mm}) είναι απολύτως επαρκές για την πίεση λειτουργίας των αυλών.

Οι αυλοί αυτοί έχουν τα εξής στοιχεία:

Εξωτερική διάμετρος: $d_a=21,3^{\text{mm}}$

Εσωτερική διάμετρος: $d_i=21,3-2\cdot 2=17,3^{\text{mm}}$

Πάχος: $s=2^{\text{mm}}$

5.9 ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΥΛΩΝ

Ο αριθμός των απαιτούμενων αυλών θα προσδιοριστεί με βάση την παροχή του νερού θέρμανσης, το οποίο θα κυκλοφορεί εντός αυτών. Η παροχή αυτή είναι: $\dot{V}=15^{\text{m}^3/\text{h}}$. Η ταχύτητα του νερού εντός των αυλών λαμβάνεται αρκετά χαμηλή, δηλαδή από 0,1 έως $0,5^{\text{m}/\text{sec}}$. Εάν δεχθούμε μια ενδιάμεση τιμή περίπου $0,4\text{m}/\text{sec}$, κοντά στο άνω όριο επειδή έχουμε μια διαδρομή με ευθύγραμμους αυλούς, μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των αυλών με την σχέση που συνδέει την παροχή, την ταχύτητα και την διάμετρο του αυλού [3]:

$$n = 354 \frac{\dot{V}}{u \cdot d_i^2} = 354 \cdot \frac{15^{\text{m}^3/\text{h}}}{0,4^{\text{m}/\text{s}} \cdot 17,3^{2(\text{mm}^2)}} \approx 44$$

Άρα απαιτούνται 44 αυλοί.

5.10 ΜΗΚΟΣ ΑΥΛΩΝ

Η εξωτερική επιφάνεια όλων των αυλών του εναλλάκτη πρέπει να ισούται με την επιφάνεια εναλλαγής που ήδη έχουμε υπολογίσει σε προηγούμενο βήμα. Επομένως, το μήκος των αυλών θα προσδιοριστεί με βάση την επιφάνεια εναλλαγής, τον αριθμό και την εξωτερική διάμετρο αυτών, χρησιμοποιώντας την σχέση [3]:

$$l = \frac{10^6 \cdot F}{\pi \cdot d_a \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 5^{\text{m}^2}}{\pi \cdot 21,3^{\text{mm}} \cdot 44} \approx 1700^{\text{mm}}$$

όπου $F=5 \text{ m}^2$ η επιφάνεια εναλλαγής η οποία υπολογίστηκε στην παράγραφο 5.6.

5.11 ΜΗΚΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

Σύμφωνα με το Σχήμα 5.2, το μήκος L_1 του εναλλάκτη από φλάντζα σε φλάντζα είναι περίπου ίσο με το πραγματικό μήκος των αυλών. Αυτό ισχύει όταν ο εναλλάκτης έχει ευθύγραμμους αυλούς εκτονωμένους επάνω στους 'καθρέπτες'. Όμως, για να είναι δυνατή η συγκόλληση των καθρεπτών το μήκος L_1 του κελύφους του εναλλάκτη γίνεται συνήθως λίγο μεγαλύτερο από το πραγματικό μήκος των αυλών. Εκτιμούμε ότι το πρόσθετο μήκος που θα δοθεί στο κέλυφος για περισσότερη ευρυχωρία στους αυλούς θα είναι για κάθε 'καθρέπτη' περίπου 25^{mm} . Επομένως, το μήκος L_1 του εναλλάκτη από φλάντζα σε φλάντζα θα είναι:

$$L_1 = \ell + 2 \cdot 25 = 1700 + 50 = 1750^{\text{mm}}$$

Το συνολικό μήκος L του εναλλάκτη προκύπτει εάν στο προηγούμενο μήκος προστεθεί και το πάχος (βαθούλωμα) των πυθμένων, το οποίο εκτιμάμε ότι θα είναι για τον καθένα περίπου 200^{mm} . Συνεπώς, για το μήκος του εναλλάκτη έχουμε:

$$L = L_1 + 2 \cdot 200 = 1750 + 400 = 2150^{\text{mm}}$$

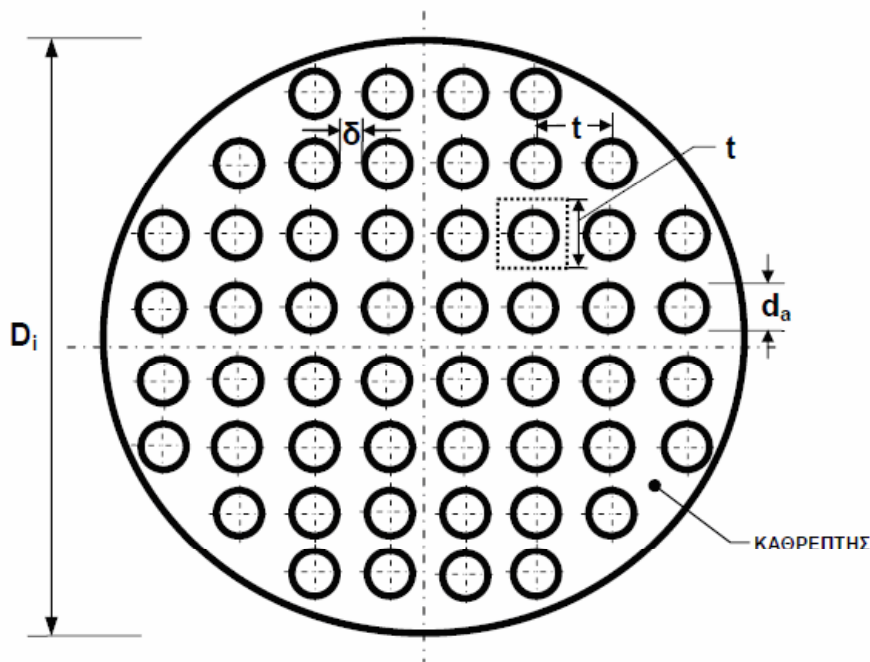
5.12 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Η διάμετρος του κελύφους πρέπει να είναι κατάλληλη σε μέγεθος ώστε να χωράνε με αρκετή ευρυχωρία όλοι οι αυλοί. Θα υπολογίσουμε πρώτα την εσωτερική διάμετρο του κελύφους η οποία είναι ίση με την διάμετρο των 'καθρεπτών'. Συγκεκριμένα, θα διανοιχθούν οπές πάνω στους 'καθρέπτες' σε αριθμό ίσο με τον αριθμό των αυλών.

Οι οπές θα διαταχθούν σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους και σε απόλυτη ευθυγραμμία, όπως φαίνονται στο Σχήμα 5.3. Μεταξύ των αυλών πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικό διάκενο για την κυκλοφορία του ρευστού.

Σε εναλλάκτες αυτού του είδους το διάκενο δ λαμβάνεται από 5 έως 20^{mm} . Δεχόμαστε μια ενδιάμεση τιμή περίπου 10^{mm} . Εφόσον οι αποστάσεις μεταξύ των αυλών διατηρούνται ίδιες οριζοντίως και καθέτως, τότε το βήμα t αυτών είναι:

$$t = d_a + \delta = 21,3 + 10 = 31,3^{\text{mm}}$$



Σχήμα 5.3 Η διάταξη των οπών [3].

Ο χώρος που καταλαμβάνει κάθε αυλός σχηματίζεται από ένα μικρό τετράγωνο το οποίο έχει πλευρά t και δείχνεται με διακεκομμένη γραμμή. Μια προσεγγιστική μέθοδος για να υπολογίσουμε την απαιτούμενη διάμετρο του 'καθρέπτη' είναι να λάβουμε την συνολική επιφάνεια των τετραγώνων $t \times t$ και αφού την αυξήσουμε κατά $\sim 20\%$ να την εξισώσουμε με την επιφάνεια του 'καθρέπτη'.

Η προσαύξηση αυτή χρειάζεται για να καλύψει νεκρά τμήματα που μένουν κοντά στην περιφέρεια και όπου δεν χωράνε οπές, αλλά και σε μερικές άλλες περιπτώσεις για να χωράει κατάλληλο διάφραγμα στον ένα 'καθρέπτη', το οποίο να διαχωρίζει τις ροές εισόδου και εξόδου, όταν ο εναλλάκτης είναι δύο διαδρομών και έχει και τα δύο στόμια στον ίδιο πυθμένα. Σύμφωνα με αυτό το σκεπτικό, για τον υπολογισμό της εσωτερικής διαμέτρου D_i του κελύφους, ή αλλιώς της διαμέτρου του 'καθρέπτη', εφαρμόζεται η παρακάτω σχέση:

$$D_i = 1,24 \cdot t \cdot \sqrt{n} = 1,24 \cdot 31,3^{mm} \cdot \sqrt{44} = 257,4^{mm}$$

όπου n =αριθμός οπών στον 'καθρέπτη'.

Αναζητάμε χαλυβδοσωλήνα με ραφή ο οποίος να έχει εσωτερική διάμετρο ίση ή μεγαλύτερη από την υπολογισθείσα. Από τον Πίνακα 2 του Παραρτήματος επιλέγουμε τον χαλυβδοσωλήνα:

DN250 ή 273^Φ×4,5^{mm}

με τα εξής στοιχεία:

Εξωτερική διάμετρος: $D_a=273^{\text{mm}}$

Εσωτερική διάμετρος: $D_i=273-2\cdot 4,5=264^{\text{mm}}$

Πάχος: $s=4,5^{\text{mm}}$

Θεωρούμε ότι το πάχος του σωλήνα που επιλέξαμε (4,5mm) είναι απόλυτα επαρκές για την πίεση λειτουργίας του κελύφους. Επίσης, παρατηρούμε ότι για την εσωτερική διάμετρο πράγματι ισχύει:

$$D_i=264^{\text{mm}} > 257,4^{\text{mm}}$$

Συνεπώς, όλοι οι αυλοί θα χωρέσουν εντός του κελύφους.

5.13 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΡΕΥΣΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΤΩΝ ΑΥΛΩΝ

Όπως έχουμε προαναφέρει στην κατασκευαστική διαμόρφωση του εναλλάκτη, το θερμό νερό ρέει εξωτερικά των αυλών και έχει παροχή: $\dot{V}=15^{\text{m}^3/\text{h}}$. Για καλή κυκλοφορία του ρευστού εξωτερικά των αυλών, η ταχύτητα αυτού πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή, δηλαδή από 0,05 έως 0,5 m/sec. Είναι προφανές ότι η χαμηλή ταχύτητα προσφέρει περισσότερο χρόνο στο ρευστό για την μεταβίβαση της θερμότητας. Η ταχύτητα που θα αποκτήσει το ρευστό στον ελεύθερο χώρο μεταξύ των αυλών εξαρτάται από την συνολική ελεύθερη επιφάνεια αυτού του χώρου, όπως φαίνεται στην εγκάρσια τομή του Σχήματος 5.3. Ο υπολογισμός της ελεύθερης επιφάνειας, την οποία συμβολίζουμε με F_s , μπορεί να γίνει με την σχέση [3]:

$$F_s = \frac{\pi}{4} [D_i^2 - n d_a^2] = \frac{\pi}{4} [0,264^2 - 44 \cdot 0,0213^2] = 0,05^{\text{m}^2}$$

όπου:

D_i = εσωτερική διάμετρος κελύφους ή διάμετρος 'καθρέπτη', σε m.

d_a = εξωτερική διάμετρος αυλών, σε m.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την ταχύτητα του ρευστού στον ελεύθερο χώρο μεταξύ των αυλών, την οποία συμβολίζουμε με v_s , και ελέγχουμε εάν αυτή είναι ικανοποιητική. Για τον υπολογισμό της ταχύτητας χρησιμοποιούμε την σχέση:

$$v_s = \frac{\dot{V}}{3600 \cdot F_s} = \frac{15^{m^3/h}}{3600 \cdot 0,05^{m^2}} = 0,083^{m/s}$$

όπου:

\dot{V} = παροχή, σε m^3/h .

F_s = επιφάνεια, σε m^2 .

Παρατηρούμε ότι η ταχύτητα που βρήκαμε είναι ικανοποιητική, διότι είναι μεταξύ των ορίων που προαναφέραμε.

5.14 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΤΟΜΙΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

Τα στόμια εισόδου και εξόδου του ατμού, καθώς και του νερού θέρμανσης θα γίνουν από μικρά τεμάχια χαλυβδοσωλήνων άνευ ραφής και θα είναι φλαντζωτά. Για την επιλογή των χαλυβδοσωλήνων απαιτείται ο υπολογισμός της διαμέτρου αυτών. Η παροχή των ρευστών στην είσοδο κάθε στομίου είναι γνωστή. Δεχόμαστε ότι η ταχύτητα του νερού θέρμανσης στην θέση των στομίων είναι περίπου $v=1^{m/sec}$, του ατμού περίπου $15^{m/sec}$, και του συμπυκνώματος $1^{m/sec}$. Κατόπιν αυτών υπολογίζουμε τις διαμέτρους των στομίων ως εξής:

(i) *Στόμια νερού θέρμανσης*. Παροχή $\dot{V}=15^{m^3/h}$, ταχύτητα $v=1^{m/sec}$. Η απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος είναι:

$$d_f = 18,8 \sqrt{\frac{\dot{V}}{v}} = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{15^{m^3/h}}{1^{m/s}}} = 72,8^{mm}$$

Από τον Πίνακα 1 του Παραρτήματος επιλέγουμε χαλυβδοσωλήνα άνευ ραφής:

DN80, ή $88,9^{\Phi} \times 3,2^{mm}$

με τα εξής στοιχεία:

Εξωτερική διάμετρος: $d_a=88,9^{mm}$

Εσωτερική διάμετρος: $d_i=88,9-2 \cdot 3,2=82,5^{mm}$

Πάχος: $s=3,2^{\text{mm}}$
Ισχύει $d_i=82,5^{\text{mm}} > d_f=72,8^{\text{mm}}$

(ii) *Στόμια ατμού*. Παροχή $D=0,6^{\text{t/h}}$, ειδικός όγκος $\hat{V}=0,316^{\text{m}^3/\text{kg}}$, ταχύτητα $v=15^{\text{m/sec}}$. Η απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος είναι:

$$d_f = 594 \sqrt{\frac{D \cdot \hat{V}}{v}} = 594 \cdot \sqrt{\frac{0,6^{\text{t/h}} \cdot 0,316^{\text{m}^3/\text{kg}}}{15^{\text{m/s}}}} = 66,8^{\text{mm}}$$

Από τον Πίνακα 1 του Παραρτήματος επιλέγουμε χαλυβδοσωλήνα άνευ ραφής:

DN65, ή $76,1^{\Phi} \times 2,9^{\text{mm}}$
με τα εξής στοιχεία:

Εξωτερική διάμετρος: $d_a=76,1^{\text{mm}}$

Εσωτερική διάμετρος: $d_i=76,1-2 \cdot 2,9=70,3^{\text{mm}}$

Πάχος: $s=2,9^{\text{mm}}$
Ισχύει $d_i=70,3^{\text{mm}} > d_f=66,8^{\text{mm}}$

(iii) *Στόμιο συμπυκνωμάτων*. Παροχή $D=0,6^{\text{t/h}}$, ειδικός όγκος $v=0,316^{\text{m}^3/\text{kg}}$, ταχύτητα $v=1^{\text{m/sec}}$. Η απαιτούμενη εσωτερική διάμετρος του στομίου είναι:

$$d = 18,8 \sqrt{\frac{D \cdot \hat{V}}{u}} = 18,8 \sqrt{\frac{0,6^{\text{t/h}} \cdot 0,0011^{\text{m}^3/\text{kg}}}{1^{\text{m/s}}}} = 15,2^{\text{mm}}$$

Από τον Πίνακα 1 του Παραρτήματος επιλέγουμε χαλυβδοσωλήνα άνευ ραφής:

DN20, ή $26,9^{\Phi} \times 2,3^{\text{mm}}$
με τα εξής στοιχεία:

Εξωτερική διάμετρος: $d_a=26,9^{\text{mm}}$

Εσωτερική διάμετρος: $d_i=26,9-2 \cdot 2,3=22,3^{\text{mm}}$

Πάχος: $s=2,3^{\text{mm}}$
Ισχύει $d_i=22,3^{\text{mm}} > d_f=15,2^{\text{mm}}$

5.15 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΤΜΟΠΑΓΙΔΑΣ

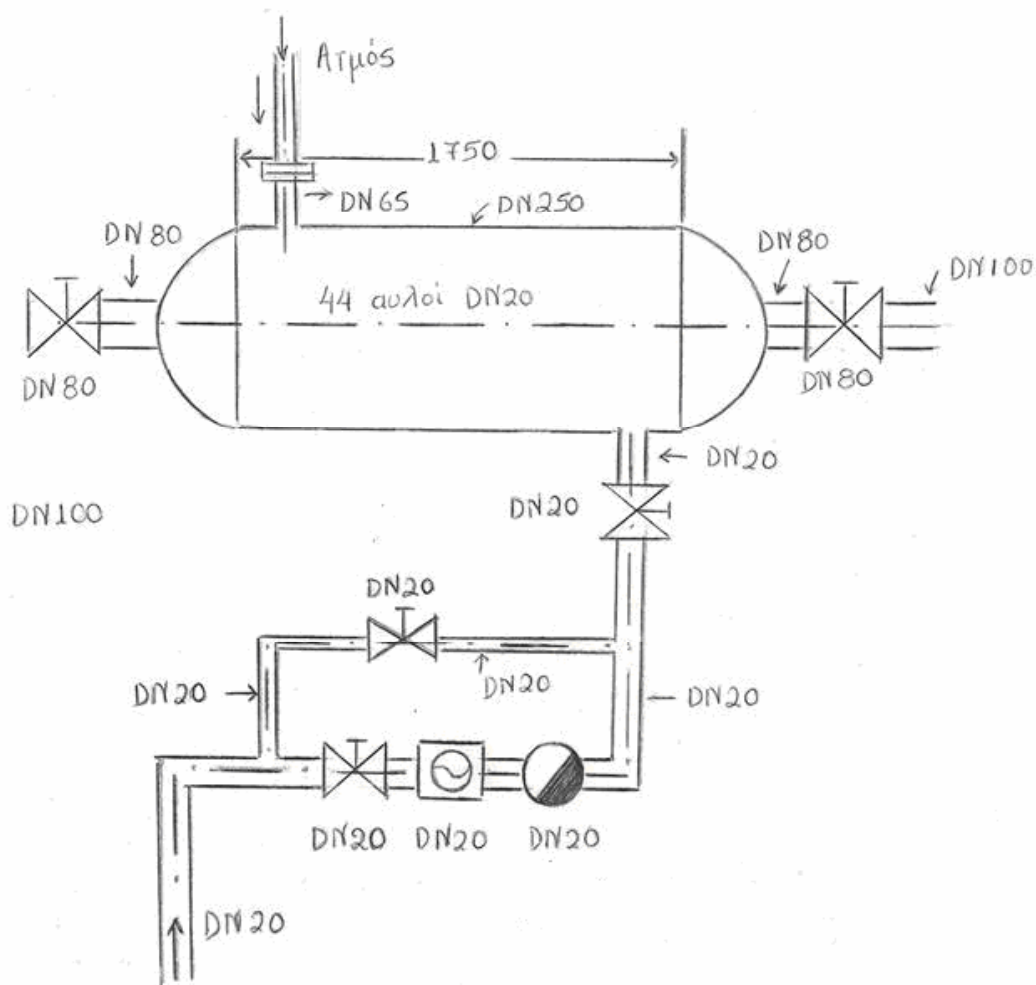
Η ατμοπαγίδα επιλέγεται με βάση την παροχή συμπυκνωμάτων $D = 600 \frac{Kg}{h}$ και την διαφορά πίεσης $\Delta P = 6 - 1 = 5$ bar, από πίνακες κατασκευαστών. Στην υπό μελέτη εγκατάσταση τοποθετείται θερμοστατική ατμοπαγίδα DN20. Από τους πίνακες της εταιρείας Spirax-Sarco επιλέχθηκε η θερμοδυναμική ατμοπαγίδα TDS46M από ανοξείδωτο χάλυβα που φαίνεται στην εικόνα 5.1. Έχει ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας $-50^{\circ}C$ και μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία $450^{\circ}C$. Επίσης η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση είναι 46bar.



Εικόνα 5.1 Η θερμοδυναμική ατμοπαγίδα TDS46M.

Τα λοιπά όργανα όπως «ατμοφράκτες», οι βάννες νερού θέρμανσης και ο υαλοδείκτης ροής μετά την ατμοπαγίδα λαμβάνονται με διάμετρο ίση με την ονομαστική διάμετρο των σωληνώσεων.

Κατόπιν των ανωτέρω το κατασκευαστικό σχέδιο της εγκατάστασης του εναλλάκτη με όλες τις διαστάσεις θα είναι όπως στο Σχήμα 5.4.



Σχήμα 5.4 Κατασκευαστικό σχέδιο εγκατάστασης εναλλάκτη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης με ατμό. Έγινε βιβλιογραφική έρευνα και αποκτήθηκε σημαντική εμπειρία στην εκτέλεση υπολογισμών σχετικά με τον εξοπλισμό της εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω:

Μελετήθηκε ο απαιτούμενος εξοπλισμός των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης έγιναν υπολογισμοί των σχετικών παραμέτρων όπως της ισχύος του κυκλοφορητή, των απαιτούμενων διαμέτρων των σωλήνων του ατμού και του νερού κ.τ.λ.

Επειδή στην εγκατάσταση που μελετήσαμε χρησιμοποιείται ατμός μελετήθηκαν επίσης όλες οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις ατμού και κυρίως οι μειωτήρες πίεσης και οι ατμοπαγίδες.

Επιπλέον, έγινε βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με τους εναλλάκτες θερμότητας. Μελετήθηκε ο τρόπος λειτουργίας των διαφόρων τύπων των εναλλακτών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Επίσης, μελετήθηκαν οι μέθοδοι ανάλυσης και υπολογισμού των θερμικών παραμέτρων των εναλλακτών.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον υπολογισμό των θερμικών και των κατασκευαστικών παραμέτρων του εναλλάκτη που χρησιμοποιείται στην υπό μελέτη εγκατάσταση για τη μεταφορά θερμότητας από τον ατμό στο νερό τροφοδοσίας των θερμαντικών σωμάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Χαλυβδοσωλήνες άνευ ραφής

Ονομαστική διάμετρος DN ή NW, σε mm	Εξωτ. διάμετρος και πάχος σωλήνων κατά ISO, σε mm	Ισχύοντα πάχη σωλήνων, σε mm
10	17,2 ^φ x 1,8	1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5
15	21,3 ^φ x 2	2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
20	26,9 ^φ x 2,3	2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1
25	33,7 ^φ x 2,6	2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8
32	42,4 ^φ x 2,6	2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11
40	48,3 ^φ x 2,6	2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
50	60,3 ^φ x 2,9	2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16
65	76,1 ^φ x 2,9	2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20
80	88,9 ^φ x 3,2	3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2
100	114,3 ^φ x 3,6	3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
125	139,7 ^φ x 4	4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
150	168,3 ^φ x 4,5	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
200	219,1 ^φ x 5,9	5,9-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
250	273 ^φ x 6,3	6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
300	323,9 ^φ x 7,1	7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
350	355,6 ^φ x 8	8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
400	406,4 ^φ x 8,8	8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
450	457,2 ^φ x 10	10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
500	508 ^φ x 11	11-12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25
550	558,8 ^φ x 12,5	12,5-14,2-16-17,5-20-22,2-25

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Χαλυβδοσωλήνες με ραφή

Ονομαστική διάμετρος DN ή NW, σε mm	Εξωτ. διάμετρος και πάχος σωλήνων κατά DIN 2458, σε mm	Ισχύοντα πάχη σωλήνων, σε mm
10	17,2 ^φ x 1,8	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9
15	21,3 ^φ x 2	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5
20	26,9 ^φ x 2	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
25	33,7 ^φ x 2,3	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
32	42,4 ^φ x 2,3	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
40	48,3 ^φ x 2,3	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
50	60,3 ^φ x 2,6	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
65	76,1 ^φ x 2,6	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5
80	88,9 ^φ x 2,9	1,4-1,6-1,8-2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6
100	114,3 ^φ x 3,2	2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1
125	139,7 ^φ x 3,6	2-2,3-2,6-2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1
150	168,3 ^φ x 4	2,9-3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8
200	219,1 ^φ x 4,5	3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
250	273 ^φ x 4,5	3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
300	323,9 ^φ x 5	3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
350	355,6 ^φ x 5	3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
400	406,4 ^φ x 5	3,2-3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
450	457,2 ^φ x 5,6	3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5
500	508 ^φ x 5,6	3,6-4-4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5

550	558,8 ^φ x6,3	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20
600	609,6 ^φ x6,3	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20
650	660,4 ^φ x7,1	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25
700	711,2 ^φ x7,1	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25
750	762 ^φ x8	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25
800	812,8 ^φ x8	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25
850	863,6 ^φ x8,8	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25
900	914,4 ^φ x10	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25
1000	1016 ^φ x10	4,5-5-5,6-6,3-7,1-8-8,8-10-11-12,5-14,2-16-17,5-20-25

Πίνακας 3: Επιλογή Ατμοπαγίδων

A: Καλύτερη επιλογή, B: Αποδεκτή επιλογή

	ΠΛΩΤΗ ΡΟΣ ΘΕΡΜΟ ΣΤΑΤΙΚΗ	ΑΝΕ ΣΤΡΑΜ ΜΕΝΟ Υ ΚΑΔΟΥ	ΘΕΡΜ Ο ΔΥΝΑ ΜΙΚΗ	ΕΞΙΣΟΡ ΡΟΠΗ ΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	ΔΙΜΕΤΑ ΛΛΙΚΗ	ΔΙΑΣΤΟ ΛΗΣ ΥΓΡΟΥ	ΠΛΩΤΗ ΡΟΣ ΘΕΡΜΟ ΣΤΑΤΙΚΗ + ΑΠΕΓΚΛ ΩΒΙΣΜ. ΑΤΜΟΥ
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΩΝ							
• Χύτρες Βρασμού - Σταθερές	A	---	B	B	---	---	B
• Χύτρες Βρασμού - Ανατρεπ.	---	---	---	B	---	---	A
• Χύτρες Βρασμού - Με βάση	B	---	---	A	---	---	B
• Φούρνοι Ατμού	---	---	---	A	---	---	---
• Πλάκες Θέρμανσης	B	---	---	A	---	---	B
ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (ΜΑΖΟΥΤ)							
• Δεξαμενές Αποθήκευσης	A	A	B	---	---	---	---
• Θερμαντήρες Γραμμής	B	A	---	---	---	---	---
• Θερμαντήρες Εξαγωγής	---	---	B	A	B	B	---
• Γραμμές Συνοδείας & Σωλήνες με Χιτώνιο	---	---	---	---	---	---	---
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΩΝ							
• Αυτόκλειστα & Αποστειρωτές	B	B	---	A	---	---	B
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΞΗΡΑΝΤΗΡΕΣ							
• Σερπαντίνες Ξήρανσης (συνεχ.)	B	A	---	B	B	---	---
• Σερπαντίνες Ξήρανσης (σχάρες)	---	B	---	B	A	---	---
• Κύλινδροι Ξήρανσης	B	B	---	---	---	---	A
• Σωληνωτοί Ξηραντήρες	A	B	---	B	---	---	---
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΥΝΤΗΡΙΩΝ							
• Πρέσσες Σιδερώματος	B	B	A	---	---	---	---
• Σιδερωτήρια & Κύλινδροι Σιδερ.	B	B	B	B	---	---	A
• Μονάδες Ανάκτησης Διαλυτικού	A	B	B	---	---	---	---
• Φυγοκεντρικά Στεγνωτήρια	A	B	---	---	---	---	B
ΠΡΕΣΣΕΣ							
• Πρέσσες Πολλαπλών Πλακών (Παράλ.)	B	B	A	---	---	---	---
• Πρέσσες Πολλαπλών Πλακών (Εν σειρά)	---	B	A	---	---	---	---
• Πρέσσες Ελαστικών	B	A	B	---	---	---	---

ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ <ul style="list-style-type: none"> • Χύτρες Βρασμού -Σταθερές • Χύτρες Βρασμού-Ανατρεπόμενες • Δεξαμενές Ζύμωσης Μπύρας-Εξατμιστ. • Χωνευτήρια • Τράπεζες Θέρμανσης • Αποστακτήρες • Δεξαμενές Αποθήκευσης • Μηχανήματα Βουλκανισμού 	A --- A A --- A --- B	--- --- B B --- B A A	B --- --- B B --- ---	B --- --- --- A --- ---	--- --- --- --- --- --- ---	--- --- --- --- --- --- ---	B A B --- --- --- ---
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ <ul style="list-style-type: none"> • Εναλλάκτες Θέρμανσης Νερού-Αέρος • Πάνελ και Ταινίες Ακτινοβολίας • Θερμαντικά Σώματα Ακτινοβολίας & Επαγωγής • Σερπαντίνες Θέρμανσης οροφής 	A A B B	B B --- B	--- B --- --- ---	--- --- A A ---	--- --- B ---	--- --- --- ---	B B --- ---
ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΑΤΜΟΥ <ul style="list-style-type: none"> • Οριζόντιες Γραμμές - Τερματικά • Διαχωριστές • Αποστράγγιση κλεισίματος 	B A ---	B B ---	A B ---	B B B	--- --- ---	--- --- A	--- --- ---
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΔΟΙ <ul style="list-style-type: none"> • Καδοί Επεξεργασίας (Ανοδικός Σωλήνας Αποστράγγισης) • Καδοί Επεξεργασίας (Σωλήνας Αποστράγγισης στη βάση) • Μικρές Δεξαμενές με Σερπαντίνες (γρήγορο βράσιμο) • Μικρές Δεξαμενές με Σερπαντίνες (αργό βράσιμο) 	B A A ---	B B B ---	A B --- ---	B B B ---	--- --- --- ---	--- --- --- A	--- --- --- ---

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ-ΑΡΘΡΑ

1. Cengel Y., *Μεταφορά Θερμότητας*, εκδόσεις Τζιόλα 2005.
2. Γεωργουδάκης Ι., *Ατμολέβητες-Ατμοστροβίλοι*, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Πάτρας, 1992.
3. Γιαννόπουλος Α., *Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί-Οδηγός Επίλυσης Ασκήσεων Πράξης*, εκδόσεις Ίων 2011.
4. Κροντήρης Η., *Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί*, τόμος Β, εκδόσεις Ίων 1994.
5. Μονιάκης Μ., *Σημειώσεις Εργαστηρίου Ατμολεβήτων-Ατμοστροβίλων*, Τμήμα Μηχανολογίας, Τ.Ε.Ι Ηρακλείου 1996.
6. Παπαλαζάρου Α., *Μοντελοποίηση και έλεγχος απόδοσης πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων*, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης 2010.
7. Φιλιππόπουλος Α., *Εξοπλισμός Δικτύων Ατμού, Μετάδοση Ισχύος* Σεπτέμβριος 2007.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

8. <http://www.metal.ntua.gr/uploads/2263/enallaktes.pdf>
9. <http://wikipedia.org>
- 10 <http://eclass.auth.gr/>
11. Ιστοσελίδες εταιρειών εμπορίας συστημάτων θέρμανσης.