

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΥΛΗ Β' ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ

ΙΩΑΝΝΗ Κ. ΔΑΓΚΙΝΗ

Α' Μηχανικού Ε.Ν.
Ε.Δι.Π. Πανεπιστημίου Αιγαίου
Τμήμ. Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών
Υπηρεσιών

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ Ι. ΓΛΥΚΑ

Ναυπηγού Μηχ. Μηχανικού ΕΜΠ
Δρ Πανεπιστημίου Γλασκώβης
Επίκουρου Καθηγητή
Ναυτιλιακής Τεχνολογίας

Β' ΕΚΔΟΣΗ

ΑΘΗΝΑ
2017

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή	2
----------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Σύντομη περιγραφή των βασικών βοηθητικών μηχανημάτων και συσκευών

1.1 Εισαγωγή.....	4
1.2 Ταξινόμηση βοηθητικών μηχανημάτων.....	4
1.3 Συνοπτική περιγραφή των βοηθητικών μηχανημάτων.	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αντλίες

2.1 Εισαγωγή.....	9
2.2 Ταξινόμηση των αντλιών.....	10
2.3 Αντλίες θετικής εκτοπίσεως.....	12
2.4 Δυναμικές ή κινητικού τύπου αντλίες.....	17
2.5 Αντλίες στα πλοία.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Εναλλακτικές θερμότητας

3.1 Εισαγωγή.....	22
3.2 Ταξινόμηση των εναλλακτικών θερμότητας.....	22
3.3 Απόδοση εναλλακτικών θερμότητας.....	24
3.4 Εναλλακτικές επιφάνειες.....	24
3.5 Μετάδοση θερμότητας στους εναλλακτικές επιφάνειες.....	32
3.6 Ψυγεία.....	34
3.7 Ψυγεία πλοίων με μηχανές εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ).....	42
3.8 Προθερμαντήρες.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Δίκτυα

4.1 Δίκτυα.....	52
-----------------	----

Εισαγωγή

Τα πλοία έχουν σχεδιαστεί με προδιαγραφές που εξασφαλίζουν την αυτονομία τους, ώστε να πραγματοποιείται ο σκοπός λειτουργίας τους με επιτυχία και πάνω απ' όλα με ασφάλεια, τόσο για το πλήρωμα ή τους επιβάτες, όσο και για το φορτίο το οποίο μεταφέρουν. Η ομαλή λειτουργία του πλοίου, είτε βρίσκεται εν πλω είτε σε λιμένα και φορτοεκφορτώνει, εξαρτάται άμεσα από την αξιοπιστία των βοηθητικών εγκαταστάσεων και των μηχανημάτων που συνθέτουν τον μηχανολογικό του εξοπλισμό.

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι οι **βοηθητικές εγκαταστάσεις** των πλοίων περιλαμβάνουν:

α) Τα **βοηθητικά μηχανήματα** (auxiliary machinery) ενός πλοίου, που υποστηρίζουν την ομαλή λειτουργία:

- Της **κύριας μηχανής** (main engine) και των **ηλεκτροπαραγωγών ζευγών** (diesel generators).
- Του **ατμολέβητα** (steam boiler).
- Του **συστήματος φορτοεκφορτώσεως** (cargo gear) και
- εξασφαλίζουν την άνετη **διαβίωση** του πληρώματος και πολλές άλλες λειτουργίες.

β) Τα **δίκτυα** (ripping), που περιλαμβάνουν το σύστημα των σωληνώσεων για τη μεταφορά των ρευστών (υγρών, αερίων ή ατμού) και τις **καλωδιώσεις** (cabling), για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας και την τροφοδότηση των κινητήρων των μηχανημάτων. Επίσης, τα δίκτυα αποτελούν το μέσο παροχής αέρα, ρεύματος ή υδραυλικού ελαίου για τους αυτοματισμούς χειρισμών κ.λπ..

γ) Τα **εξαρτήματα χειρισμού**, που περιλαμβάνουν τις **βαλβίδες** (επιστόμια-valves) **ελέγχου ροής** ενός ρευστού εντός του δικτύου, τους διακόπτες, τις ασφαλιστικές διατάξεις, τους μειωτήρες πίεσεως, τους θερμοστάτες, τους αυτόματους ρυθμιστές κ.λπ..

δ) Τα **όργανα ελέγχου και παρακολούθησης της καλής λειτουργίας**, που περιλαμβάνουν τα θλιβόμετρα, τα θερμομέτρα, τους υδροδείκτες και άλλες ενδεικτικές διατάξεις και

ε) τις **εγκαταστάσεις εκτάκτου ανάγκης**, οι οποίες διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του συνόλου

των μηχανημάτων, στην περίπτωση που παρατηρηθεί αστοχία ή βλάβη ενός μηχανήματος μεμονωμένα.

Οι **βασικές κατηγορίες** των βοηθητικών εγκαταστάσεων και των μηχανημάτων που τις απαρτίζουν είναι:

α) Οι **εξαρτημένες εγκαταστάσεις**, που λειτουργούν με ενέργεια, η οποία λαμβάνεται από την κύρια μηχανή. Αυτές είναι:

- Οι **εξαρτημένες αντλίες** λιπάνσεως και ψύξεως, σε μικρής και μεσαίας ιπποδυνάμεως προωστικές μηχανές ντήζελ (diesel), σε ηλεκτρομηχανές, σε αεροσυμπιεστές κ.ά..

- Οι **εγκαταστάσεις σταδιακής προθερμάνσεως** του τροφοδοτικού νερού σε ατμοστρόβιλους, που πραγματοποιείται με την απαγωγή ατμού από τους στυπιοθλίπτες των κυρίων στροβίλων και με απομάστευση¹.

β) Οι **ανεξάρτητες ή αυτοτελείς εγκαταστάσεις**, που λειτουργούν ανεξάρτητα από την κύρια μηχανή. Αυτές είναι:

- Οι εγκαταστάσεις λιπάνσεως και ψύξεως σε μεγάλης ιπποδυνάμεως μηχανές ντήζελ.
- Η εγκατάσταση συμπυκνώσεως των εξατμίσεων και η εγκατάσταση τροφοδοσίας με νερό του λέβητα σε πλοία με ατμοστρόβιλους.
- Η εγκατάσταση παραγωγής αποσταγμένου νερού από τον βραστήρα.
- Η εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο.
- Η ψυκτική εγκατάσταση.
- Η εγκατάσταση κατασβέσεως πυρκαγιάς κ.ά..

Ως **μέρος των βοηθητικών εγκαταστάσεων**, τα βοηθητικά μηχανήματα και οι συσκευές (εγκατεστημένα ή φορητά) υποστηρίζουν την ομαλή και αποδοτική λειτουργία της κύριας μηχανής, όπως και τις υπόλοιπες λειτουργίες του πλοίου και ορίζονται ως ακολούθως:

α) **Βοηθητικά μηχανήματα** είναι τα ανεξάρτητα ή εξαρτημένα συγκροτήματα, που αποτελούνται από σταθερά και κινητά μέρη, πραγματοποιώντας μια λειτουργία ή παράγοντας έργο (π.χ. είναι η ηλεκτρομηχανή, ο μηχανισμός του πηδαλίου, οι αντλίες φορτίου,

¹ **Απομάστευση** (δηλ. εξαγωγή) ονομάζεται η απαγωγή μέρους του ατμού από ενδιάμεσες βαθμίδες ενός στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις.

οι αντλίες κυκλοφορίας νερού στα δίκτυα ψύξεως των μηχανών, οι αεροσυμπιεστές, ο εργάτης άγκυρας, οι αντλίες έρματος κ.λπ.).

β) **Βοηθητικές συσκευές** ονομάζονται τα ανάλογα συγκροτήματα από σταθερά κατά κανόνα μέρη, που εξυπηρετούν μια λειτουργία. Μερικά παραδείγματα των λειτουργιών αυτών και των βοηθητικών συσκευών είναι:

- Η εναλλαγή θερμότητας με τους προθερμαντήρες, τα ψυγεία κ.λπ..
- Η αποθήκευση ενέργειας, π.χ. με τις φιάλες αποθηκεύσεως του πεπιεσμένου αέρα προκινήσεως της μηχανής.
- Οι συσκευές καθαρισμού καυσίμων και λιπαντικών.
- Οι μειωτήρες πίεσεως, οι αυτόματοι ρυθμιστές ελέγχου και οι θερμοστάτες, που παρεμβαίνουν αυτόματα στην ολική ή μερική συνδυασμένη λειτουργία των βοηθητικών μηχανημάτων και συσκευών, ακόμα και στη λειτουργία της κύριας μηχανής προώσεως.

Οι βοηθητικές εγκαταστάσεις **με βάση τις λειτουργίες** που εξυπηρετούν διακρίνονται σε:

α) **Εγκαταστάσεις προώσεως**, στις οποίες ανήκουν όσες έχουν σχέση με τη λειτουργία της κύριας μηχανής. Σε πλοία με πρόωση από μηχανή ντήζελ ή μηχανή εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ) ανήκουν οι εγκαταστάσεις λιπάνσεως, ψύξεως, παροχής πετρελαίου στους καυστήρες, παραγωγής πεπιεσμένου αέρα, παραγωγής αποσταγμένου νερού και η ηλεκτρική εγκατάσταση. Σε πλοία με ατμοστρόβιλο ανήκουν οι εγκαταστάσεις κυκλοφορίας ατμού προς το προωστήριο μηχανήμα, η εγκατάσταση προθερμάνσεως πετρελαίου, αφυπερθερμάνσεως¹, προθερμάνσεως και τροφοδοσίας του νερού στον λέβητα, λιπάνσεως του στροβίλου και η ηλεκτρική εγκατάσταση.

β) **Εγκαταστάσεις χειρισμών**, που εξυπηρετούν την **πλοήγηση** και τους **χειρισμούς** του πλοίου. Είναι ανεξάρτητες από το σύστημα προώσεως και σ' αυτές ανήκουν οι εγκαταστάσεις **πηδαλιουχίας, μείωσης διατοιχισμών, αγκυροβολίας και προόδεως** του πλοίου.

γ) **Εγκαταστάσεις ασφαλείας**, που εξυπηρετούν την ασφάλεια του πλοίου. Σ' αυτές ανήκουν η εγκατάσταση κατασβέσεως πυρκαγιάς, αντλήσεως κυτών και αντιμετώπισης διαρροής καθώς και η διάταξη διατήρησης της στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου.

δ) **Εγκαταστάσεις φορτίου**, που εξυπηρετούν τη **φόρτωση**, την **εκφόρτωση**, τη **μετάθεση φορτίου** και τον **ερματισμό**, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Έτσι, οι εγκαταστάσεις αυτές χρησιμοποιούνται για φορτοεκφόρτωση ξηρού, υγρού, αερίου φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων, για πλύση και αποστράγγιση δεξαμενών, τηλεχειρισμού επιστομίων και εξαερισμού δεξαμενών και

ε) σε **εγκαταστάσεις βοηθητικών υπηρεσιών**, που αναπτύσσονται εξυπηρετώντας διάφορες λειτουργικές ανάγκες του πλοίου. Αυτές είναι το δίκτυο παραλαβής και μεταγίσεως πετρελαίου, έρματος, η εγκατάσταση επεξεργασίας νερού κυτών, η ψυκτική εγκατάσταση, η εγκατάσταση κλιματισμού, αερισμού, πόσιμου νερού, νερού γενικής χρήσεως και υγιεινής και η εγκατάσταση επεξεργασίας βιολογικών λυμάτων.

Όλες οι εγκαταστάσεις και τα βοηθητικά μηχανήματα που τις αποτελούν για να εκπληρώνουν τον **προορισμό τους με αξιοπιστία** πρέπει:

α) Να λειτουργούν με ασφάλεια για το προσωπικό και το περιβάλλον, σύμφωνα με τις Διεθνείς Συμβάσεις.

β) Να είναι κατασκευασμένες από κατάλληλα για κάθε περίπτωση υλικά, τα οποία προβλέπονται από τις Διεθνείς Συμβάσεις και τους κανονισμούς των Νοσητών, όπως του Lloyd's Register of Shipping (L.R.), του American Bureau of Shipping (A.B.S.), του Det Norske Veritas (D.N.V.) κ.ά..

γ) Να έχουν απλή διάταξη παρέχοντας εύκολο χειρισμό, έλεγχο και επιθεώρηση.

δ) Να παρέχουν με επάρκεια, καλύπτοντας με άνεση το μέγιστο των απαιτήσεων της βοηθητικής λειτουργίας, για την οποία προορίζονται, χωρίς να υφίσταται κίνδυνος υπερκοπώσεως ή πιθανής ανωμαλίας.

ε) Η εγκατάστασή τους να παρέχει ασφάλεια από πιθανές εξωτερικές βλάβες και τέλος

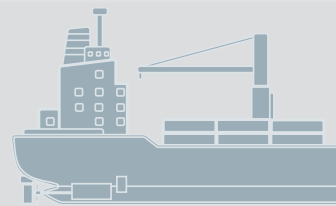
στ) να είναι εύκολη η διάκριση των δικτύων τους, η οποία επιτυγχάνεται με ειδικό συμβολικό χρωματισμό των σωλήνων και ανάλογες επιγραφές στα μηχανήματα, στις συσκευές, στα όργανα και στα επιστόμια.

Στα επόμενα κεφάλαια, η περιγραφή και η λειτουργία των βοηθητικών μηχανημάτων όπως και η ανάπτυξη της περιγραφής των εγκαταστάσεων και των συσκευών, πραγματοποιείται ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και στη συνέχεια με την ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών τους.

¹ **Αφυπερθέρμανση** (desuper heating) ονομάζεται η ισοβαρής διαδικασία αφαιρέσεως ατμού από τον υπέρθερμο ατμό και η μετατροπή του σε κορεσμένο. Με την αφυπερθέρμανση στο δίκτυο ατμού στις εγκαταστάσεις προώσεως με ατμοστρόβιλο επιτυγχάνεται ο έλεγχος της τελικής θερμοκρασίας του υπέρθερμου ατμού με ψεκασμό.

Κεφάλαιο 1

Σύντομη περιγραφή των βασικών βοηθητικών μηχανημάτων και συσκευών



1.1 Εισαγωγή.

Τα βοηθητικά μηχανήματα ενός πλοίου επιλέγονται για να εξυπηρετήσουν τις λειτουργικές απαιτήσεις της κύριας μηχανής προώσεως και διεργασίες όπως φόρτωση, εκφόρτωση, πρόσδεση κ.λπ.. Επομένως, ανάλογα με τον τύπο της κύριας μηχανής και του πλοίου (π.χ. πλοία χύδην φορτίου ή δεξαμενόπλοια) επιλέγονται και τα αντίστοιχα βοηθητικά μηχανήματα. Η περαιτέρω επιλογή που αφορά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε βοηθητικού μηχανήματος και οφείλεται στην ποικιλία των κατασκευαστών, αποφασίζεται πριν από τη ναυπήγηση του πλοίου κατόπιν συνεννοήσεως με τον πλοιοκτήτη.

1.2 Ταξινόμηση βοηθητικών μηχανημάτων.

Τα βοηθητικά μηχανήματα ταξινομούνται ανάλογα με τον τύπο της κύριας μηχανής του πλοίου (πίν. 1.2.1) και τον τύπο του πλοίου (πίν. 1.2.2).

Οι βασικοί τύποι πλοίων ανάλογα με τις κυρίες μηχανές τους είναι οι εξής:

- α) Πλοίο με κύρια μηχανή ατμοστρόβιλο (ΑΣ).
- β) Πλοίο με κύρια μηχανή αεριοστρόβιλο (ΑΕ).
- γ) Πλοίο με κύρια μηχανή εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ).

- δ) Πλοίο με ηλεκτροπρόωση (ΗΛ).

Οι βασικοί τύποι πλοίων που περιγράφονται στον πίνακα 1.2.2 είναι:

- α) Δεξαμενόπλοια υγρού φορτίου (ΔΞ).
- β) Φορτηγά πλοία χύδην φορτίου (ΦΧ).
- γ) Δεξαμενόπλοια υγροποιημένου αερίου (ΥΓ).
- δ) Υπόλοιπα πλοία (ΥΠ).

Στους πίνακες αυτούς το **πράσινο χρώμα** δηλώνει τη διαθεσιμότητα των αντιστοίχων βοηθητικών μηχανημάτων, ενώ το **κόκκινο χρώμα** την απουσία. Μετά τους πίνακες, ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των μηχανημάτων, με ενδεικτικές φωτογραφίες. Στα σχεδιαγράμματα Π.Γ.1 έως Π.Γ.5 του Παραρτήματος Γ (σελ. 442–446) παρουσιάζεται η τυπική διατάξη μηχανοστασίου ενός Δ/Ξ.

Πίνακας 1.2.1

Βοηθητικά μηχανήματα ανάλογα με τον τύπο της κύριας μηχανής.

Τύπος βοηθητικού μηχανήματος	Αγγλικός όρος	Τύπος κύριας μηχανής πλοίου			
		ΑΣ	ΑΕ	ΜΕΚ	ΗΛ
Κύριο ψυγείο	Main Condenser	■	■	■	■
Εκχυτήρες κενού	Vacuum Ejector	■	■	■	■
Εξαεριστής	Deaerator	■	■	■	■
Αφυπερθερμαντήρας ατμού	Desuperheater	■	■	■	■
Αναθερμαντήρας ατμού	External superheat reheat	■	■	■	■
Ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού	Forced draft Fan	■	■	■	■
Προθερμαντήρας αέρα	Air heater	■	■	■	■
Μηχανήματα διακινήσεως πετρελαίου	Fuel oil injector apparatus	■	■	■	■

(συνεχίζεται)

■ Διαθέσιμο ■ Μη διαθέσιμο

Τύπος βοηθητικού μηχανήματος	Αγγλικός όρος	Τύπος κύριας μηχανής πλοίου			
		ΑΣ	ΑΕ	ΜΕΚ	ΗΛ
Προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού	Feed water heater				
Αντλία συμπυκνώματος	Condenser pump				
Αντλία ελαίου λιπάνσεως	Lube oil pump				
Τροφοδοτική αντλία νερού στον ατμολέβητα	Main feed water pump				
Ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως	Booster feed pump				
Αντλίες κυκλοφορίας θαλάσσης	Sea water circulating pumps				
Αντλία παροχής ή τροφοδοτήσεως πετρελαίου	Fuel oil pump				
Αντλία μεταγίσεως πετρελαίου	Fuel oil transfer pump				
Αντλία ψύξεως χιτωνίων και πωμάτων κύριας μηχανής	Jacket cooling water pump				
Αντλία ψύξεως εμβόλων κύριας μηχανής	Piston cooling pump				
Αντλία έρματος	Ballast pump				
Αντλία γενικής χρήσεως	General service pump				
Αντλία υγιεινής	Sanitary pump				
Αντλία πόσιμου νερού	Drinking water pump				
Αντλία πυρκαγιάς	Fire pump				
Αντλία πυρκαγιάς εκτάκτου ανάγκης	Emergency fire pump				
Αντλία ραντισμού νερού κατασβέσεως	Fire Sprinkler pump				
Αντλία κύτους	Bilge pump				
Αποτεφρωτής	Incinerator				
Αντλία κινδύνου εξαντλήσεως κυτών	Emergency bilge pump				
Ψυγείο λαδιού	Lube oil heat exchanger				
Ψυγείο γλυκού νερού ψύξεως κύριας μηχανής	Main engine fresh water heat exchanger				
Μειωτήρες	Reduction gear box				
Συστήματα αυτοματισμών	Automation control systems				
Πίνακες σημάτων και δυσλειτουργιών	Alarm panel				
Φυγοκεντρικός καθαριστής διαχωριστής ελαίου	Oil separator				
Φυγοκεντρικός καθαριστής διαχωριστής πετρελαίου	Fuel oil separator				
Διαχωριστής νερών κύτους	Oil-Water separator				
Αεροσυμπιεστές	Air compressors				
Φιάλες πεπιεσμένου αέρα	Air bottles				
Βραστήρας	Fresh water generator				
Μηχανήματα πηδαλιουχίσεως	Steering gear				
Παρατροπίδια	Stabilizers				
Εργάτες και βαρούλκα προσδέσεως	Winches				

Πίνακας 1.2.2
Βοηθητικά μηχανήματα ανάλογα με τον τύπο του πλοίου.

Τύπος βοηθητικού μηχανήματος	Αγγλική ορολογία	Τύπος πλοίου			
		ΔΕ	ΦΧ	ΥΓ	ΥΠ
Μηχανήματα χειρισμού καλυμμάτων στομιών κυτών	Hatch cover gear	■	■	■	■
Φορτοεκφορτωτικά μέσα	Cranes–Gear	■	■	■	■
Βοηθητικοί γερανοί	Provision cranes	■	■	■	■
Αντλίες υγρών φορτίων	Cargo pumps	■	■	■	■
Σύστημα αδρανούς αερίου	Inert gas system	■	■	■	■

■ Διαθέσιμο ■ Μη διαθέσιμο

1.3 Συνοπτική περιγραφή των βοηθητικών μηχανημάτων.

Τα κυριότερα βοηθητικά μηχανήματα είναι τα ακόλουθα:

α) **Κύριο ψυγείο:** Είναι εναλλακτικής θερμότητας που χρησιμοποιεί στη συμπύκνωση του ατμού και των επιστροφών από τους ατμοστροβίλους.

β) **Εκχυτήρες κενού:** Χρησιμοποιούνται προκειμένου να δημιουργείται κενό στο κύριο ψυγείο.

γ) **Εξαεριστής:** Είναι δεξαμενή με κατάλληλη διαμόρφωση, προκειμένου να γίνεται επεξεργασία του τροφοδοτικού νερού των λεβήτων.

δ) **Αφυπερθερμαντήρας ατμού:** Είναι εναλλακτικής θερμότητας, που χρησιμοποιεί στη μείωση της θερμοκρασίας του ατμού.

ε) **Αναθερμαντήρας ατμού:** Είναι εναλλακτικής θερμότητας που χρησιμοποιεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού, στην περίπτωση που υπάρχει πολυβάθμιος ατμοστροβίλος. Παρεμβάλλεται ανάμεσα στις βαθμίδες του στροβίλου, έτσι ώστε να έχει καλύτερη απόδοση.

στ) **Ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού:** Είναι ηλεκτροκίνητοι ή στροβιλοκίνητοι περιστροφικοί ανεμιστήρες, οι οποίοι εξασφαλίζουν την αναγκαία ποσότητα καυσιγόνου αέρα στους λέβητες.

ζ) **Προθερμαντήρας αέρα:** Είναι εναλλακτικής θερμότητας, που θερμαίνει τον αέρα του ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού.

η) **Μηχανήματα διακινήσεως πετρελαίου:** Τέτοια μηχανήματα είναι οι αντλίες, οι προθερμαντήρες, τα φίλτρα, οι ρυθμιστές για την κατάθλιψη του πετρελαίου ως τους καυστήρες της κύριας μηχανής των λεβήτων ή των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

θ) **Προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού:** Είναι εναλλακτικής θερμότητας, που θερμαίνει το νερό πριν αυτό καταθλίβει στον λέβητα.

ι) **Αντλία συμπυκνώματος:** Είναι αντλία που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο κύριο ψυγείο και στον προθερμαντήρα του τροφοδοτικού νερού.

ια) **Αντλία ελαίου λιπάνσεως:** Είναι αντλία, στην οποία κυκλοφορεί το έλαιο λιπάνσεως της κύριας μηχανής, όπως επίσης και των τριβέων, μειωτήρων και του ωστικού τριβέα.

ιβ) **Τροφοδοτική αντλία νερού στον ατμολέβητα:** Η αντλία αυτή χρησιμοποιείται για να μεταφέρει νερό από τον εξαεριστή, το οποίο καταθλίβει στον λέβητα.

ιγ) **Ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως:** Η αντλία αυτή παρεμβάλλεται σε κάποιες εγκαταστάσεις με λέβητες υψηλής πίεσεως, μεταξύ του εξαεριστή και της τροφοδοτικής αντλίας νερού, η οποία αναρροφά από τον εξαεριστή και καταθλίβει το νερό με πίεση στην αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας νερού.

ιδ) **Αντλίες κυκλοφορίας θαλάσσης:** Με την αντλία αυτή κυκλοφορεί το θαλασσινό νερό προς το κυρίως ψυγείο και τους επιμέρους εναλλακτικές θερμότητας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την απαγωγή θερμότητας.

ιε) **Αντλία παροχής ή τροφοδοτήσεως πετρελαίου:** Η αντλία αυτή παραλαμβάνει το πετρέλαιο από τη δεξαμενή ημερήσιας καταναλώσεως (service tank) ή, σε περίπτωση ανάγκης, από τις δεξαμενές κατακαθίσεως (settling tanks) και τροφοδοτεί τους καυστήρες είτε του λέβητα, είτε της κύριας μηχανής.

ιστ) **Αντλία μεταγίσεως πετρελαίου:** Η αντλία αυτή μεταφέρει το πετρέλαιο από τις δεξαμενές απο-

θηκεύσεως (fuel oil storage tanks) στις δεξαμενές καθιζήσεως (ή κατακαθίσεως).

ιζ) **Αντλία ψύξεως χιτωνίων και πωμάτων κύριας μηχανής:** Η αντλία αυτή κυκλοφορεί γλυκό νερό στο δίκτυο ψύξεως των χιτωνίων και πωμάτων της κύριας μηχανής.

ιν) **Αντλία ψύξεως εμβόλων κύριας μηχανής:** Με την αντλία αυτή κυκλοφορεί το γλυκό νερό στο δίκτυο ψύξεως των εμβόλων της κύριας μηχανής.

ιθ) **Αντλία έρματος:** Η αντλία αυτή χρησιμοποιείται για την πλήρωση ή εξάντληση των δεξαμενών έρματος ή τη μεταφορά έρματος από δεξαμενή σε δεξαμενή έρματος.

κ) **Αποτεφρωτής:** Η αντλία αυτή χρησιμοποιείται για την αποτέφρωση απορριμμάτων και πετρελαιοειδών αποβλήτων.

κα) **Αντλία γενικής χρήσεως:** Παρέχει νερό στο δίκτυο καταστρώματος για πλύση καταστρωμάτων, αλυσίδων, αγκυρών κ.λπ. και εναλλακτικά στα ψυγεία λαδιού των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών και στην ψυκτική εγκατάσταση, στην εγκατάσταση κλιματισμού.

κβ) **Αντλία υγιεινής:** Παρέχει γλυκό νερό στους χώρους υγιεινής του πλοίου και, σε περίπτωση ανάγκης, μπορεί να τροφοδοτήσει με νερό τα βοηθητικά δίκτυα ψύξεως.

κγ) **Αντλία πόσιμου νερού:** Παρέχει πόσιμο νερό στο αντίστοιχο δίκτυο του πλοίου.

κδ) **Αντλία πυροσβέσεως (πυρκαγιάς):** Χρησιμοποιείται για την αναρρόφηση θαλασσινού νερού, το οποίο και καταθλίβει στο αντίστοιχο δίκτυο. Σύμφωνα με τους κανονισμούς, όλα τα φορτηγά πλοία από 1000 GRT¹ και πάνω, καθώς και τα επιβατηγά μικρότερα από 4000 GRT πρέπει να έχουν δύο ανεξάρτητες αντλίες πυρκαγιάς. Οι αντλίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιούνται για την άντληση έρματος, κυτών και για γενική χρήση.

κε) **Αντλία πυροσβέσεως εκτάκτου ανάγκης:** Όλα τα πλοία είναι εφοδιασμένα με αντλία πυροσβέσεως εκτάκτης ανάγκης, διότι σε περίπτωση πυρκαγιάς στο μηχανοστάσιο, οι αντλίες πυροσβέσεως θα μπορούσαν να τεθούν εκτός λειτουργίας. Αυτή η αντλία βρίσκεται εκτός του μηχανοστασίου, συνήθως στον χώρο του πηδαλιού ή σε διαμέρισμα στο μπροστινό τμήμα του πλοίου.

κο) **Αντλία ραντισμού νερού κατασβέσεως:** Η αντλία αυτή τροφοδοτεί το ειδικό δίκτυο κατασβέσεως πυρκαγιάς, με ραντισμό με νερό μέσω **ψεκαστήρων** (sprinklers) και για τον λόγο αυτό ονομάζεται και **αντλία sprinkler**.

κζ) **Αντλία κύτους:** Η αντλία αυτή αναρροφεί νερό απ' τις σεντίνες στα κύπη του πλοίου και το καταθλίβει εκτός του πλοίου.

κη) **Αντλία κινδύνου εξαντλήσεως κυτών:** Είναι αντλία ηλεκτροκίνητη, ειδικής κατασκευής, ικανή να λειτουργεί και όταν είναι εμβυσιμένη στο νερό. Είναι φορητή και χρησιμοποιείται σε έκτακτες καταστάσεις για την άντληση του νερού από το κύτος. Το βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι ο ηλεκτροκινητήρας που διαθέτει περιβάλλεται από κώδωνα αέρα. Κατά την κατάκλυσή της, ο αέρας του κώδωνα συμπιέζεται, εμποδίζοντας έτσι την εισροή του νερού στον θάλαμο του ηλεκτροκινητήρα, προστατεύοντάς τον από βραχυκύκλωμα.

κθ) **Ψυγείο λαδιού:** Επιφανειακός εναλλακτήρας, αυλωτός ή με πλάκες, με σκοπό να πραγματοποιεί απαγωγή της θερμότητας από το λάδι λιπάνσεως της κύριας μηχανής ή άλλων μηχανημάτων.

λ) **Ψυγείο γλυκού νερού ψύξεως κύριας μηχανής:** Επιφανειακός εναλλακτήρας, αυλωτός ή με πλάκες, με σκοπό να πραγματοποιεί απαγωγή της θερμότητας από το γλυκό νερό ψύξεως της κύριας μηχανής.

λα) **Μειωτήρες:** Είναι μηχανικά συστήματα, που παρεμβάλλονται ανάμεσα στον στροφαλοφόρο άξονα μεσοστρόφων ή ταχυστρόφων κυρίων μηχανών και στον ελικοφόρο άξονα, προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των στροφών.

λβ) **Συστήματα αυτοματισμών:** Είναι αυτόματες διατάξεις που παρακολουθούν, ελέγχουν και ρυθμίζουν την ομαλή λειτουργία συστημάτων, όπως την πίεση του λαδιού, την θερμοκρασία του νερού ψύξεως, την πίεση του αέρα κ.λπ..

λγ) **Πίνακες σημάτων και δυσλειτουργιών:** Είναι διατάξεις που ενημερώνουν με ηχητικό και οπτικό σήμα για πιθανή δυσλειτουργία μηχανημάτων.

λδ) **Φυγοκεντρικός καθαριστής – διαχωριστής ελαίου:** Είναι μηχανήμα επεξεργασίας με φυγοκεντρικό καθαρισμό του ελαίου λιπάνσεως.

λε) **Φυγοκεντρικός καθαριστής – διαχωρι-**

¹ **Ολική Χωρητικότητα** (Gross Register Tonnage): ορίζεται ο συνολικός εσωτερικός όγκος όλων των μόνιμα κλειστών χώρων και σκεπασμένων του πλοίου, οι οποίοι βρίσκονται κάτω από το ανώτατο κατάστρωμα και πάνω από αυτό μετρούμενο σε κόρους (1 κόρος = 100ft³ = 2,83m³).

σπής πετρελαίου: Είναι μηχανήμα επεξεργασίας με φυγοκεντρικό καθαρισμό του πετρελαίου τροφοδοσίας της κύριας μηχανής και των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

λστ) **Διαχωριστής νερών κύτους:** Είναι η συσκευή επεξεργασίας του νερού των σεντινών του μηχανοστασίου, πριν την κατάθλιψή του στη θάλασσα.

λζ) **Αεροσυμπιεστές:** Είναι ηλεκτροκίνητα μηχανήματα παραγωγής συμπιεσμένου αέρα.

λη) **Αεροφιάλες πεπιεσμένου αέρα:** Εγκαθίστανται εντός του μηχανοστασίου, όπου αποθηκεύεται ο αέρας που παράγεται από τους συμπιεστές

λθ) **Βραστήρας:** Ο βραστήρας χρησιμοποιείται για την παραγωγή αποσταγμένου νερού από το νερό της θάλασσας.

μ) **Μηχανήματα πηδαλιουχίσεως:** Πρόκειται για διάταξη που εξασφαλίζει την περιστροφή του πηδαλίου και κατά συνέπεια την αλλαγή της διεύθυνσης του πλοίου.

μα) **Παρατροπίδια:** Είναι μηχανικές διατάξεις (δυναμικές ή στατικές), που αυξάνουν την περίοδο διατοιχισμών του πλοίου, με σκοπό την επίτευξη καλύτερης ευστάθειας σε κυματισμούς.

μβ) **Εργάτες και βαρούλκα προσδέσεως:** Είναι

μηχανήματα του καταστρώματος, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανύψωση ενός βάρους, όπως η άγκυρα, ή για την πρόσδεση του πλοίου σε λιμένες.

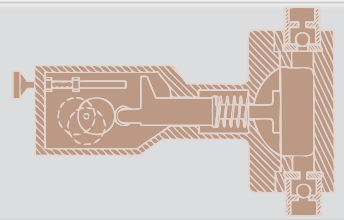
μγ) **Μηχανήματα χειρισμού καλυμμάτων σπομιών κυτών:** Είναι μεταλλικές κατασκευές και συνήθως αποτελούνται από δύο ή περισσότερα μικρότερα μεταλλικά καλύμματα, πτυσσόμενα ή συρταρωτά, που καλύπτουν το στόμιο του αμπαριού. Οι μηχανισμοί των χειρισμών, ανάλογα τον τύπο του πλοίου, και τον τρόπο κατασκευής των καλυμμάτων, κινούνται από ηλεκτροκινήτες ή υδραυλικούς κινήτες.

μδ) **Φορτοεκφορτωτικά μέσα:** Είναι οι γερανοί, γερανογέφυρες, ιμάντες που χρησιμοποιούνται για την φορτοεκφόρτωση.

με) **Βοηθητικοί γερανοί:** Χρησιμοποιούνται για την παραλαβή προμηθειών και ανταλλακτικών. Συνήθως είναι εγκατεστημένοι στην πρύμνη του πλοίου.

μστ) **Αντλίες υγρών φορτίων:** Είναι οι αντλίες εκφορτώσεως του φορτίου των δεξαμενοπλοίων.

μζ) **Σύστημα αδρανούς αερίου:** Είναι το σύστημα παραγωγής και διαθήσεως αδρανούς αερίου για την πλήρωση των δεξαμενών φορτίου κατά την εκφόρτωση.



2.1 Εισαγωγή.

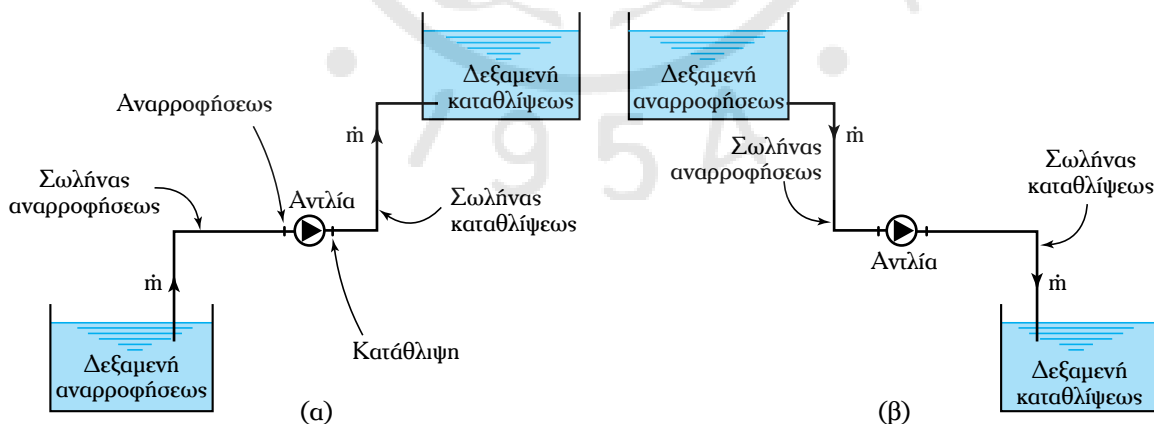
Η επιτυχής λειτουργικότητα κάποιων συστημάτων συνδέεται με τη ροή-μεταφορά υγρών. Σ' αυτά τα συστήματα μπορούν να ενταχθούν η μεταφορά νερού στα δίκτυα αρδεύσεως από μία φυσική ή τεχνητή δεξαμενή, η παροχή καυσίμου σε μία μηχανή, η κυκλοφορία του νερού για την ψύξη των μηχανών ενός πλοίου, η παροχή θαλασσινού νερού σ' ένα δίκτυο πυροσβέσεως κ.ά..

Για να αποδοθεί στο υγρό η απαιτούμενη σε κάθε περίπτωση ενέργεια χρησιμοποιούνται ειδικά μηχανήματα, οι αντλίες¹. Οι **αντλίες**, καταναλώνοντας μηχανικό έργο, πραγματοποιούν την ροή ή τη μεταφορά ενός υγρού από έναν χώρο σε άλλο ή από ένα επίπεδο Α με χαμηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο² σε ένα επίπεδο Β με υψηλότερο. Έτσι, επιτυγχάνεται ο σκοπός της λειτουργίας των αντλιών που ονομάζεται **άντληση**, η οποία ολοκληρώνεται με την **αναρρόφηση** (λήψη) του υγρού από έναν χώρο και την **κατάθλιψη** του (παροχή) σε έναν άλλο, ενώ ταυτό-

χρονα προστίθεται ενέργεια στο υγρό που μεταφέρεται (σχ. 2.1α).

2.1.1 Γενικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των αντλιών (σχ. 2.1β).

Για να πραγματοποιηθεί η λειτουργία της αντλήσεως θα πρέπει οι αντλίες να διαθέτουν έναν θάλαμο που ονομάζεται **σώμα** (ή κέλυφος) **της αντλίας**. Μέσα σε αυτόν υπάρχουν εξαρτήματα με κατάλληλο σχήμα και διάταξη, τα οποία κινούνται από κινητήριο μηχανήμα ώστε να αποδίδεται η ενέργεια στο υγρό. Επί πλέον το σώμα διαθέτει δύο ανοίγματα με κατάλληλη διαμόρφωση όπου συνδέονται οι σωλήνες του δικτύου που είναι εγκατεστημένη η αντλία και συγκοινωνούν το εσωτερικό του με το δίκτυο (σχ. 2.1β). Μέσω αυτών των ανοιγμάτων, στα οποία υπάρχουν εγκατεστημένες βαλβίδες, ελέγχεται η ροή του υγρού καθώς επιτυγχάνεται η εισαγωγή και η εξαγωγή του στο εσωτερικό της αντλίας. Τα ανοίγματα αυτά ονομάζονται αναρρόφηση και κατάθλιψη της αντλίας αντίστοιχα.

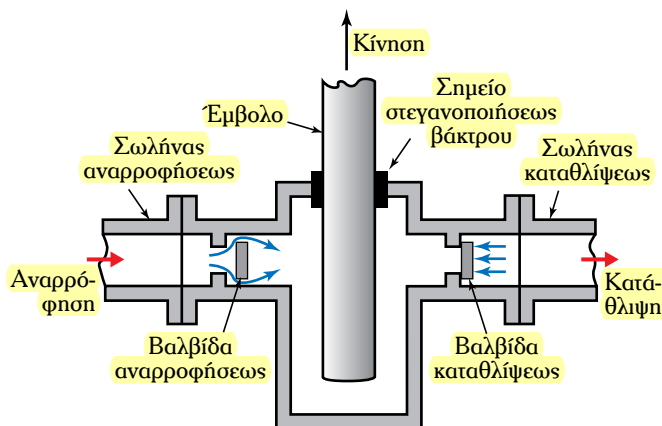


Σχ. 2.1α

Τυπικό σύστημα αντλήσεως όπου η αντλία μεταφέρει το υγρό σε δεξαμενή που βρίσκεται (α) υψηλότερα, (β) χαμηλότερα.

¹ Για περαιτέρω μελέτη των αντλιών που χρησιμοποιούνται στα πλοία βλ. βιβλίο *Αντλίες*, Ι. Δάγκινη, Α. Γλύκα, Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 2016.

² Η ενέργεια που αποδίδεται στο υγρό και μεταβάλλει την κινητική ενέργεια των μορίων του ή τη δυναμική τους ενέργεια λόγω θέσεως.



Σχ. 2.1β

Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αντλίας.

2.1.2 Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά μίας αντλίας.

Πέρα από τα γενικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των αντλιών που αναφέρθηκαν, πρέπει να ισχύουν τα τρία ακόλουθα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά για τη μεταφορά των υγρών:

1) Η **αναρρόφηση** (suction), η οποία αναφέρεται στην εισαγωγή του υγρού στο σώμα της αντλίας. Η αναρρόφηση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. **Θετική αναρρόφηση** υπάρχει όταν το υγρό βρίσκεται σε δεξαμενή τοποθετημένη υψηλότερα από την αντλία, ώστε το υγρό να ρέει προς την αντλία λόγω της ενέργειάς του. Η αντλία προσθέτει ενέργεια μόνο για τη διέλευση του υγρού από το υπόλοιπο σύστημα. **Αρνητική αναρρόφηση** υπάρχει όταν η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού βρίσκεται χαμηλότερα απ' το σημείο που είναι τοποθετημένη η αντλία, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1α. Για να πραγματοποιηθεί αναρρόφηση θα πρέπει στην εισαγωγή της αντλίας να δημιουργηθεί πίεση χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική.

2) Η **μετάδοση της ενέργειας στο υγρό** μέσα στο σώμα της αντλίας. Αυτή μπορεί να γίνεται είτε με **θετική μετατόπιση** του υγρού που περιέχεται στην αντλία, η οποία είναι αποτέλεσμα της μείωσης του όγκου του εσωτερικού του σώματος όπου περιέχεται το υγρό, είτε με **δυναμική μεταβολή** κατά την οποία αυξάνεται η ταχύτητα του υγρού.

3) Η **κατάθλιψη** (discharge), που είναι η αναγκαστική εξαγωγή του όγκου του υγρού που υπάρχει στο εσωτερικό της αντλίας προς το δίκτυο και κατ' επέκταση προς τη δεξαμενή ή το σύστημα όπου πρόκειται να γίνει η μεταφορά (ή η παροχή) του υγρού.

2.2 Ταξινόμηση των αντλιών.

Η ταξινόμηση των αντλιών μπορεί να γίνει με βάση πάμπολα κριτήρια. Σε αυτά περιλαμβάνονται η **χρήση που εξυπηρετούν** π.χ. αντλίες παροχής πετρελαίου, ελαίου ή νερού, τα **υλικά κατασκευής** τους π.χ. ανοξείδωτες, από κράμα χαλκού, ορείχαλκου κ.λπ., το **είδος του υγρού που τις διαρρέει** π.χ. νερό, πετρέλαιο έλαιο κ.λπ. ή ακόμα και τον **προσανατολισμό** τους **στον χώρο** όπως **κάθετης** ή **οριζόντιας διατάξεως**. Όμως, όλοι αυτοί οι τρόποι ταξινομήσεως έχουν περιορισμένο πεδίο εφαρμογής και την τάση ουσιαστικά να συμπίπτουν. Στην προσπάθεια λοιπόν δημιουργίας ενός συστήματος ταξινομήσεως το οποίο να δύναται να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα για τις αντλίες, αλλά ταυτόχρονα να ισχύει και κατά την ταξινόμηση των αντλιών που συναντώνται στις εγκαταστάσεις των πλοίων, καταρτίστηκε το διάγραμμα 2.1.

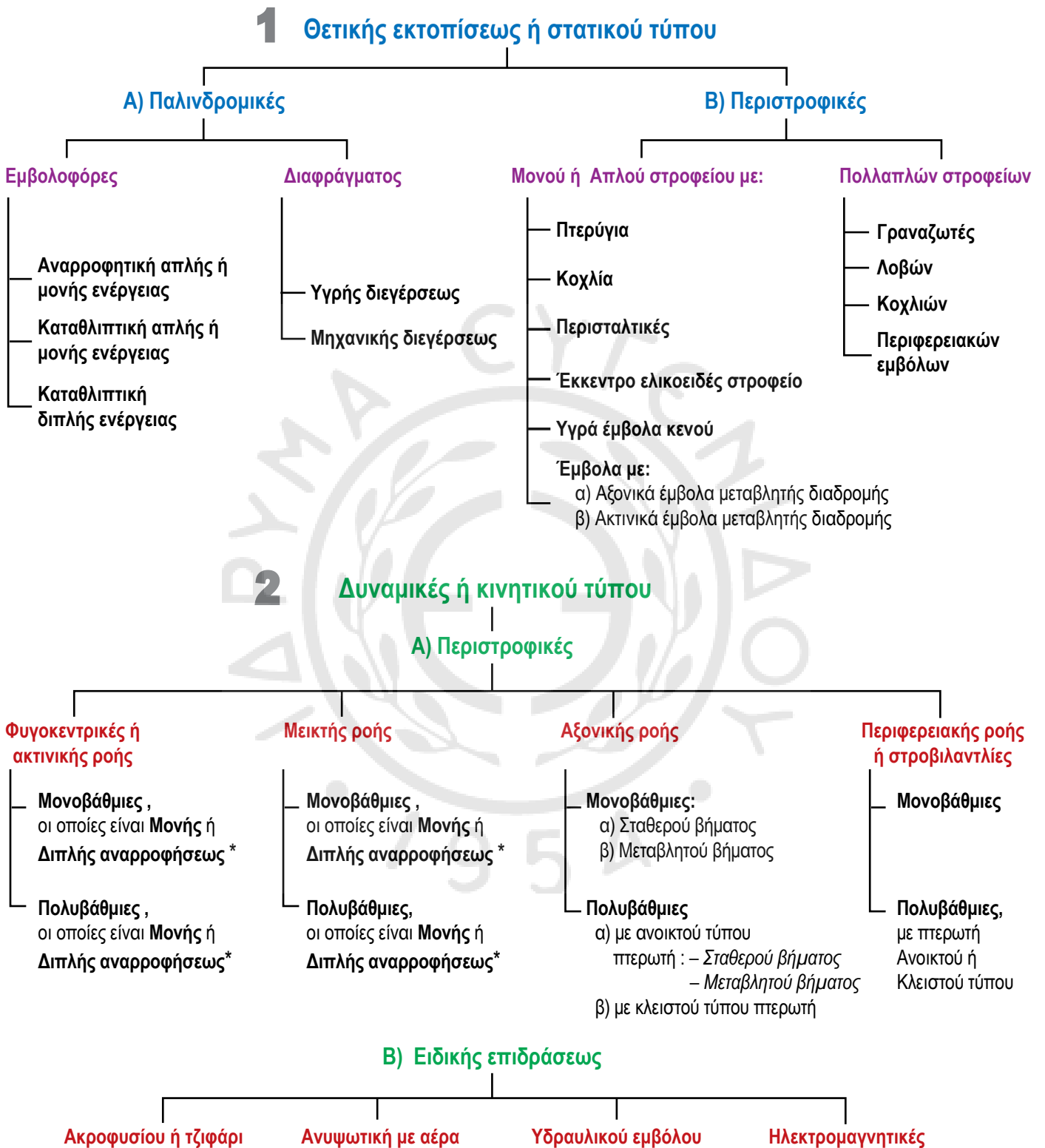
Βάσει αυτού όλες οι αντλίες μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κύριες κατηγορίες:

1) Στις **αντλίες θετικής εκτοπίσεως ή στατικού τύπου** (positive displacement pumps ή static type), στις οποίες η ενέργεια προστίθεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με την εφαρμογή δυνάμεως σε έναν ή περισσότερους θαλάμους μεταβαλλόμενου όγκου, που περιέχουν ποσότητες από το υγρό. Η άμεση αύξηση στην τιμή της πίεσεως δημιουργεί τις συνθήκες που απαιτούνται, ώστε να αναγκάσουν το υγρό να κινηθεί μέσω βαλβίδων ή θυρίδων στην εισαγωγή και στην εξαγωγή από το σώμα της αντλίας προς τον αγωγό σωλήνα καταθλίψεως. Οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως υποδιαιρούνται σε παλινδρομικές και περιστροφικές.

α) Στις **παλινδρομικές** (reciprocating), ένα έμβολο ή ένα διάφραγμα που κινείται μηχανικά παλινδρομεί μέσα σ' έναν κύλινδρο ή στο σώμα της αντλίας που περιέχει το υγρό, μεταβάλλοντας τον όγκο στο εσωτερικό του. Αποτέλεσμα της μεταβολής του όγκου είναι η αύξηση της πίεσεως του υγρού. Με βάση το μέσο που παλινδρομεί, οι αντλίες διακρίνονται σε **εμβολοφόρες** και **διαφράγματος** αντίστοιχα.

β) Στις **περιστροφικές** (rotary), το υγρό πιέζεται μέσα στον κύλινδρο ή στο σώμα της αντλίας. Λόγω κατασκευής οι περιστροφικές αντλίες μπορούν περαιτέρω να ταξινομηθούν σε **μονού** ή **απλού στροφείου** και **πολλαπλών στροφείων**. Τα στροφεία αποτελούνται από κατάλληλα διαμορφωμένα περιστρεφόμενα πτερύγια, κοχλίες, αγωγούς από συνθετικό υλικό, έκκεντρο ελικοειδές στροφείο, υγρά έμβολα και έμβολα ειδικού σχεδιασμού που δημιουργούν αντίστοιχες υποκατηγορίες αντλιών.

Διάγραμμα 2.1
Ταξινόμηση των αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους.



* Διακρίνονται σε: Ανοικτού τύπου πτερωτή (Open impeller), ημίκλειστου τύπου πτερωτή (Semi-closed/open impeller), κλειστού τύπου πτερωτή (Closed impeller).

2) Στις **αντλίες δυναμικής μεταβολής, δυναμικές ή κινητικού τύπου** (dynamic ή kinetic type pumps), η ενέργεια προστίθεται συνεχώς στο υγρό αυξάνοντας την ταχύτητά του μέσα στην αντλία. Η αύξηση της ταχύτητας του υγρού είναι σε τιμή μεγαλύτερη απ' αυτήν που έχει στην κατάθλιψη, ώστε να δημιουργείται αύξηση της πύεσης. Οι δυναμικές αντλίες υποδιαιρούνται:

α) Σε **δυναμικές περιστροφικές** (rotodynamic), στις οποίες η μεταφορά του υγρού επιτυγχάνεται από την επίδραση της φυγόκεντρης δυνάμεως. Η μετάδοση της ενέργειας στο υγρό γίνεται χρησιμοποιώντας τα περιστρεφόμενα περύγια απ' τα οποία αποτελείται το στρωφείο που ονομάζεται **περωτή** (impeller). Οι δυναμικές περιστροφικές διακρίνονται σε **φυγόκεντρικές ή ακτινικής ροής** (centrifugal ή radial flow), **μικτής ροής** (mixed flow), **αξονικής ροής** (axial flow) και **περιφερειακής ροής ή στροβιλαντλίες** (peripheral flow ή vortex ή regenerative).

β) Σε **αντλίες ειδικής επιδράσεως** (special effect), στις οποίες η μετάδοση της ενέργειας για την άντληση του υγρού παρέχεται από ένα άλλο ρευστό (υγρό, αέριο ή σε αέρια κατάσταση) μέσω κατάλληλης διατάξεως. Σε αυτές ανήκουν οι αντλίες **ακροφυσίου ή εκχυτήρες**, οι **ανυψωτικές** με αέρα, οι **υδραυλικών εμβόλων** και οι **πλεκτρομαγνητικές**.

Στην ταξινόμηση αυτή, παρατηρούμε ότι αναφέρονται εξαρτήματα όπως έμβολα, περύγια, διαφράγματα και εξαρτήματα με κατάλληλη διαμόρφωση, τα οποία κατά τη λειτουργία της αντλίας επιδρούν στο προς άντληση υγρό. Αυτά τα εξαρτήματα αποτελούν το μέσο μεταφοράς της ενέργειας και περιλαμβάνονται στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των αντλιών δημιουργώντας τις ομάδες των **εμβολοφόρων**, των **περιστροφικών** και των **φυγομεντρικών** αντλιών, που περιγράφονται στη συνέχεια.

2.3 Αντλίες θετικής εκτοπίσεως.

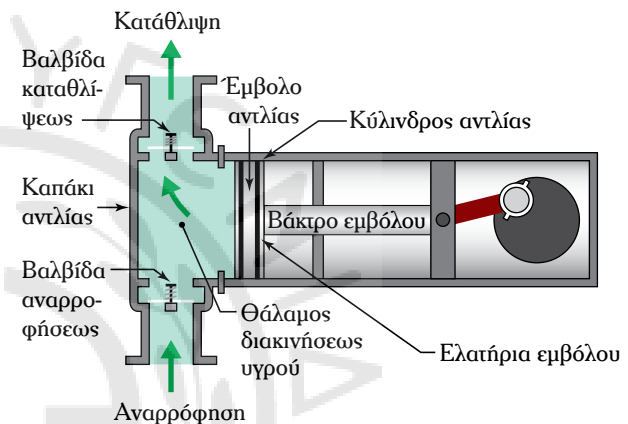
Οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως ή στατικού τύπου (positive displacement or static type) χωρίζονται σε **παλινδρομικές** και **περιστροφικές**.

2.3.1 Παλινδρομικές αντλίες θετικής εκτοπίσεως.

Οι παλινδρομικές αντλίες (reciprocating) διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις **εμβολοφόρες** και τις **διαφράγματος**, για τις οποίες ισχύουν τα εξής:

1) Εμβολοφόρες αντλίες (piston/plunger).

Στις εμβολοφόρες αντλίες (σχ. 2.3α) το έμβολο βυθίζεται μέσα σε έναν κύλινδρο καταλαμβάνοντας περιφερειακά ολόκληρο το άνοιγμά του. Η μία πλευρά του κυλίνδρου είναι ανοικτή για να διέρχεται το έμβολο, ενώ η άλλη είναι καλυμμένη από πώμα (καπάκι). **Ως εκ τούτου η διαδικασία της άντλήσεως με εμβολοφόρες αντλίες βασίζεται στην μεταβολή του όγκου ενός δεδομένου θαλάμου που περιέχει το προς άντληση υγρό, στον οποίο παλινδρομεί ένα έμβολο εκτοπίζοντας έναν συγκεκριμένο όγκο υγρού σε κάθε διαδρομή του.**



Σχ. 2.3α

Εμβολοφόρος αντλία.

Ο θάλαμος αυτός είναι στεγανός από διαρροές, ώστε καθώς το έμβολο κινείται, δημιουργεί την εισαγωγή και την εξαγωγή του υγρού, άρα και τη μεταφορά του υγρού. Η στεγανοποίηση του θαλάμου μεταβαλλόμενου όγκου είναι και το συγκριτικό πλεονέκτημα των εμβολοφόρων αντλιών, μιας και η πίεση είναι μεγαλύτερη από αυτή που αναπτύσσεται σε σχέση με άλλους τύπους αντλιών. Έτσι δίνεται η δυνατότητα οι εμβολοφόρες αντλίες να χρησιμοποιούνται σε δίκτυα όπου απαιτείται μεγάλη πίεση ή όταν είναι απαραίτητο να καταθλιβεί το υγρό σε μεγάλο ύψος, θεωρητικά απεριόριστο.

Η εμβολοφόρος αντλία αποτελείται από:

1) Τον **κύλινδρο** (cylinder), που αποτελεί και το σώμα της αντλίας ή τους κυλίνδρους που είναι εγκατεστημένοι στο σώμα της αντλίας εάν πρόκειται για αντλία με περισσότερα έμβολα.

2) Το **πώμα** (ή καπάκι) (cover) του κυλίνδρου.

3) Τη **βαλβίδα αναρροφήσεως** (suction valve) ή τη **θυρίδα αναρροφήσεως** ανάλογα με τον τύπο και τον τρόπο κατασκευής της αντλίας.

4) Τη **βαλβίδα καταθλίψεως** (discharge valve)

ή τη **θυρίδα καταθλίψεως** ανάλογα με τον τύπο και τον τρόπο κατασκευής της αντλίας.

5) Το **έμβολο** (plunger ή piston) ή τα έμβολα που παλινδρομούν μέσα στον κύλινδρο ή στους κυλίνδρους αντίστοιχα.

6) Στο **σώμα του εμβόλου** σε κατάλληλα διαμορφωμένα αυλάκια τοποθετούνται **ελατήρια** (piston rings) επιτυγχάνοντας τη στεγανοποίηση του θαλάμου μεταφοράς του υγρού, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπεται ελεύθερα η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου.

7) Το **βάκτρο του εμβόλου** (piston rod) για τη μετάδοση της κινήσεως από το κινητήριο μηχανήμα.

8) Τον **διωστήρα** (connected rod) και τον **στροφαλοφόρο άξονα** (crank shaft) για αντλίες που για την κίνηση των εμβόλων χρησιμοποιούνται περιστροφικά μηχανήματα.

9) Τον **κινητήριο μηχανισμό**, ο οποίος μπορεί να είναι κύλινδρος με **έμβολα ατμού** (steam cylinder), **μηχανή εσωτερικής καύσεως** (internal combustion engine), **σύστημα μεταδόσεως της κινήσεως από κάποιο μηχανήμα** (mechanical transmission system) ή **ηλεκτροκινητήρας** (electric motor ή απλά motor).

Για να πραγματοποιηθεί η άντληση, ο κύλινδρος της αντλίας συνδέεται στο δίκτυο, ενώ η αναρρόφηση και η κατάθλιψη μπορεί να γίνεται είτε μέσω βαλβίδων είτε μέσω θυρίδων. Έτσι:

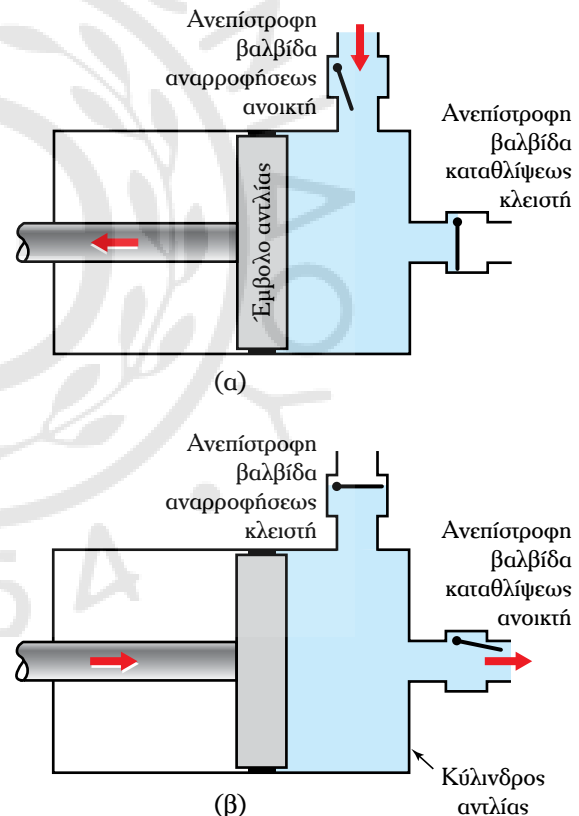
1) Όταν **χρησιμοποιούνται εμβολοφόρες αντλίες με βαλβίδες, αυτές είναι εγκατεστημένες πάνω στο πώμα** του κυλίνδρου (σχ. 2.3β) τότε κατά την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου το υγρό:

α) **Εισέρχεται** (ή αναρροφάται) **στον κύλινδρο** από τη βαλβίδα αναρροφήσεως, η οποία ανοίγει και εισέρχεται το υγρό, καθώς το έμβολο κινούμενο απομακρύνεται από τη βαλβίδα (κίνηση από το Άνω Νεκρό Σημείο – ΑΝΣ προς το Κάτω Νεκρό Σημείο – ΚΝΣ¹). Σε αυτήν την μετατόπιση του εμβόλου η βαλβίδα καταθλίψεως διατηρείται κλειστή, υπό την επίδραση της εντάσεως ενός ελατηρίου είτε λόγω διαμορφώσεως, που την διατηρεί σε επαφή με έδρα που βρίσκεται στο πώμα του κυλίνδρου. Ο σχεδιασμός των βαλβίδων είναι τέτοιος ώστε η βαλβίδα καταθλίψεως να παραμένει κλειστή κατά τη διαδικασία αναρροφήσεως όταν δεν είναι επιθυμητή η ροή μέσω αυτής και αντίστοιχα κατά την κατάθλιψη για την βαλβίδα αναρροφήσεως. Οι βαλβίδες αυτές

χαρακτηρίζονται αντιστοίχως ως ανεπίστροφες.

β) **Εξέρχεται** (ή καταθλίβεται) **από τον κύλινδρο** μέσω της βαλβίδας καταθλίψεως, καθώς το έμβολο κινείται προς τη βαλβίδα καταθλίψεως (κίνηση από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ). Τότε αναλόγως η βαλβίδα αναρροφήσεως διατηρείται κλειστή.

2) Όταν χρησιμοποιούνται **εμβολοφόρες αντλίες που η άντληση πραγματοποιείται μέσω θυρίδων**, αυτές βρίσκονται στο σώμα του κυλίνδρου. Με την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου, καθώς αυτό κινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ, το υγρό **αναρροφάται στο εσωτερικό του κυλίνδρου** από τη θυρίδα αναρροφήσεως. Η θυρίδα καταθλίψεως του υγρού παραμένει κλειστή, διότι είναι εφοδιασμένη με βαλβίδα που ελέγχει τη ροή. Στην αντίστροφη κίνηση του εμβόλου, δηλαδή από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ, η πίεση που αναπτύσσεται στο υγρό ανοίγει



Σχ. 2.3β

Εμβολοφόρος αντλία με βαλβίδες, (α) με ανοικτή τη βαλβίδα αναρροφήσεως και κλειστή της καταθλίψεως (β) με κλειστή τη βαλβίδα αναρροφήσεως και ανοικτή της καταθλίψεως.

¹ Τα ΑΝΣ και ΚΝΣ προσδιορίζουν την ανώτερη και κατώτερη θέση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο της αντλίας, αντίστοιχα.

τη βαλβίδα που βρίσκεται στην θυρίδα καταθλίψεως και το υγρό καταθλίβεται προς το δίκτυο. Αυτήν τη φορά από τη θυρίδα διακόπεται η διέλευση του υγρού, εφόσον η βαλβίδα με την οποία είναι εφοδιασμένη και ελέγχει τη ροή παραμένει κλειστή.

Οι εμβολοφόρες αντλίες ανάλογα με τα **κατασκευαστικά** ή τα **λειτουργικά τους χαρακτηριστικά** διακρίνονται σε:

1) **Αναρροφητικές** ή **καταθλιπτικές**, ανάλογα με τον τρόπο αντλήσεως και παροχής του υγρού. Η **αναρροφητική αντλία** σε έναν κύκλο λειτουργίας της αναρροφά το υγρό και μέσω βαλβίδας το ανυψώνει, ενώ στη συνέχεια αυτό ρέει μόνο του. Γι' αυτόν τον λόγο οι αναρροφητικές αντλίες ονομάζονται και **ανυψωτικές**. Η **καταθλιπτική αντλία** αποτελεί επέκταση της ανυψωτικής, διότι αναρροφά το υγρό μέσω βαλβίδας, το ανυψώνει και στη συνέχεια το καταθλίβει μέσω βαλβίδας υπερνικώντας μία εξωτερική αντίσταση.

Η καταθλιπτική αντλία διακρίνεται σε **απλής** ή **διπλής ενέργειας**.

α) **Απλής ενέργειας** ονομάζονται όταν το υγρό κατά την αναρρόφηση και την κατάθλιψη έρχεται σε επαφή μόνο με την μία πλευρά του εμβόλου.

β) **Διπλής ενέργειας** ονομάζονται όταν το υγρό έρχεται σε επαφή και με τις δύο πλευρές του εμβόλου.

3) Ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων χωρίζονται σε **μονοκύλινδρες** και **πολυκύλινδρες**.

4) Ανάλογα με τη διάταξη στον χώρο κατατάσσονται σε **οριζόντιες** ή **κάθετες**.

5) Ανάλογα με το μέσο λειτουργίας τους χωρίζονται σε **χειροκίνητες**, **ατμοκίνητες**, **πετρελαιοκίνητες**, **πλεκτροκίνητες** ή **υδραυλικές κινήσεις**. Σχετικά με τον τρόπο κινήσεώς τους ενδέχεται να ονομάζονται **ανεξάρτητες**, όταν η παραγόμενη ενέργεια από τον μηχανισμό κινήσεως αποδίδεται μόνο στην αντλία, και **εξαρτημένες** όταν κινούνται από ένα κινητό τμήμα της μηχανής.

6) **Απευθείας** ή **άμεσες μεταδόσεως**, όταν το έμβολο κινείται κατευθείαν από το κινητήριο μηχανήμα και **στροφαλοκίνητες** ή **στροφαλοφόρες** όταν κινούνται μέσω συστήματος στροφάλου-διωστήρα-ζυγώματος και βάκτρου.

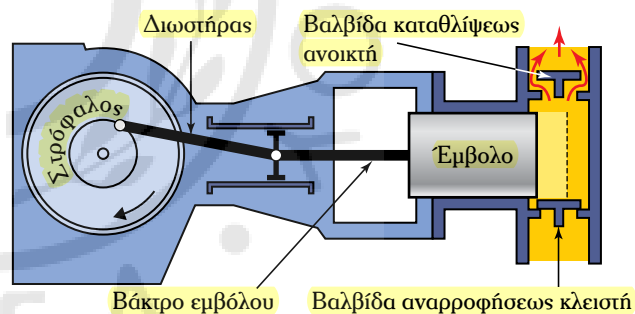
7) Αντλίες που κινούνται με κύλινδρο ατμού διακρίνονται σε **απλής διάταξεως** (simplex) και **συζευγμένης διάταξεως** (duplex).

α) **Απλής διάταξεως** όταν ο σύρτης παροχής του ατμού λειτουργίας στον κύλινδρο κινήσεως κινείται απ' το βάκτρο του εμβόλου, στο οποίο διανέμει τον ατμό.

β) **Συζευγμένης διάταξεως** όταν σε αντλία με δύο κυλίνδρους για την διακίνηση του υγρού και δύο κυλίνδρους κινήσεως των εμβόλων αντλήσεως του υγρού –όπου κάθε κύλινδρος ατμού και κύλινδρος αντλίας αποτελούν ένα συγκρότημα– ο σύρτης διανομής του ατμού κινείται από το βάκτρο του εμβόλου του άλλου συγκροτήματος.

Οι συνθεότεροι τύποι εμβολοφόρων αντλιών που χρησιμοποιούνται στα πλοία είναι ηλεκτροκίνητες ή ατμοκίνητες. Αυτό βέβαια εξαρτάται από τον σκοπό που εξυπηρετούν, τη διαθέσιμη ενέργεια για την κίνησή τους, τη θέση που είναι εγκατεστημένες, την ταχύτητα που χρειάζεται να αναπτύξουν κατά τη λειτουργία τους και καί' επέκταση την παροχή που μπορούν να διαχειριστούν ή την πίεση δικτύου που πρέπει να υπερνικήσουν.

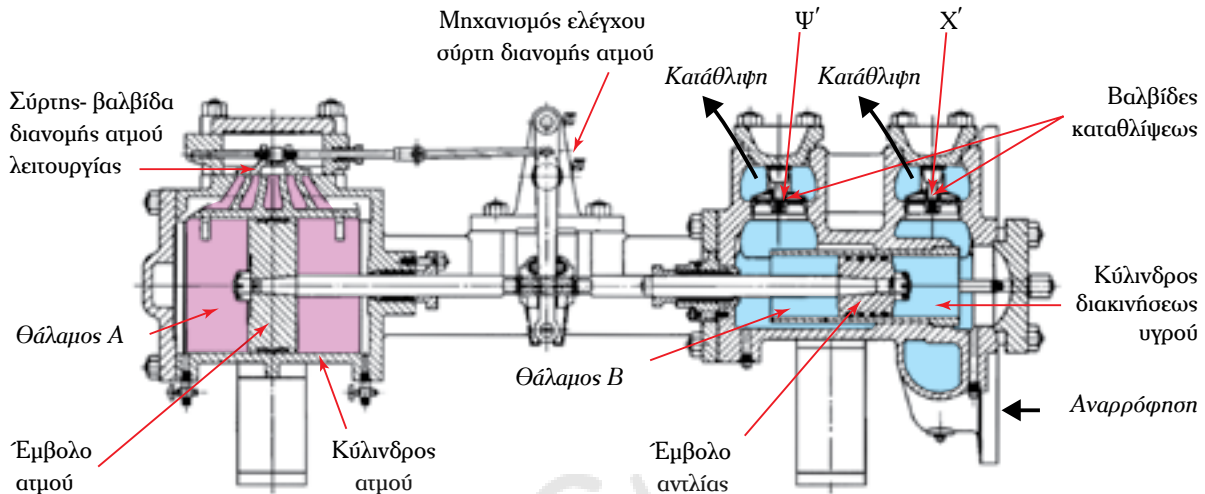
Η αντλία του σχήματος 2.3γ είναι εμβολοφόρος με στρόφαλο που μπορεί να κινείται από ηλεκτροκινητήρα ή μηχανή εσωτερικής καύσεως. Κατά την περιστροφή του στροφάλου παρασύρεται το έμβολο αυξάνοντας τον όγκο στο εσωτερικό του κυλίνδρου αναρροφώντας το υγρό από την βαλβίδα αναρροφώσεως και στη συνέχεια κινούμενο αντίθετα μειώνεται ο όγκος στο εσωτερικό του κυλίνδρου επιτυγχάνοντας την κατάθλιψη.



Σχ. 2.3γ

Εμβολοφόρος αντλία κινούμενη με στρόφαλο (στροφαλοκίνητη).

Η αντλία του σχήματος 2.3δ είναι κινούμενη με ατμό. Σε αυτή διακρίνονται οι δύο κύλινδροι, ένας που διαρρέεται από ατμό για την κίνηση της αντλίας και ένας για την μεταφορά του υγρού. Σε κάθε κύλινδρο υπάρχει εγκατεστημένο και το αντίστοιχο έμβολο. Τα έμβολα αυτά συνδέονται με κοινό βάκτρο. Η παροχή του ατμού πραγματοποιείται από μηχανισμό (τη βαλβίδα διανομής ατμού) εγκατεστημένο στο σώμα του κυλίνδρου ατμού. Ο ατμός επιδρά κάθε φορά σε μία από τις ελεύθερες επιφάνειες του εμβόλου. Έτσι όταν παρέχεται ατμός στην ελεύθερη επιφάνεια του



Σχ. 2.38

Τομή εμβολοφόρου αντλίας σε οριζόντια διάταξη που κινείται από κύλινδρο ατμού.

εμβόλου (στην αριστερή πλευρά του σχήματος Α) πιέζει το έμβολο να κινηθεί προς τα δεξιά. Με την κίνηση αυτή παρασύρεται το έμβολο των υγρών που είναι εγκατεστημένο στον κύλινδρο της αντλίας (κύλινδρος διακινήσεως του υγρού), το οποίο κινείται αντίστοιχα προς τα δεξιά δημιουργώντας την αύξηση του θαλάμου Β και αναρρόφηση του υγρού από την εισαγωγή. Ταυτόχρονα στον δεξιό θάλαμο του κυλίνδρου της αντλίας ο όγκος μειώνεται και προκαλείται η κατάθλιψη από την βαλβίδα καταθλίψεως Χ', ενώ η βαλβίδα Ψ' παραμένει κλειστή. Όταν φτάσει στο τέλος της διαδρομής το έμβολο, η βαλβίδα διανομής ατμού μετατοπίζεται, τα έμβολα κινούνται στην αντίθετη διεύθυνση επιτυγχάνοντας κατάθλιψη από τη βαλβίδα Ψ' ενώ η Χ' παραμένει κλειστή.

Η στεγανοποίηση για την εξάλειψη των διαρροών προς το περιβάλλον, αλλά και για την καλή λειτουργία των εμβολοφόρων αντλιών, η οποία επηρεάζεται από την παρουσία αέρα στον κύλινδρο, επιτυγχάνεται με **παρεμβύσματα** (gaskets) (κοινώς τσόντες) από υλικά όπως βελανιδόχαρτο, ενισχυμένο χαρτί ή πολύ λεπτό περμανίτη. Αυτά τα παρεμβύσματα εφαρμόζονται στα καπάκια των κυλίνδρων, ώστε να μην επηρεάζονται τα λειτουργικά διάκενά τους. Επίσης, στα βάκτρα των εμβόλων υπάρχουν **στιππειοθάλαμοι** (gland ή stuffing box) όπου τοποθετούνται **στιππεία** ή **σαλαμάστρες** (packings) με σκοπό τη στεγανοποίηση του κυλίνδρου αλλά και την ελεύθερη κίνηση του βάκτρου κατά την παλινδρομική κίνηση.

2) Αντλίες με διαφράγματα (diaphragm).

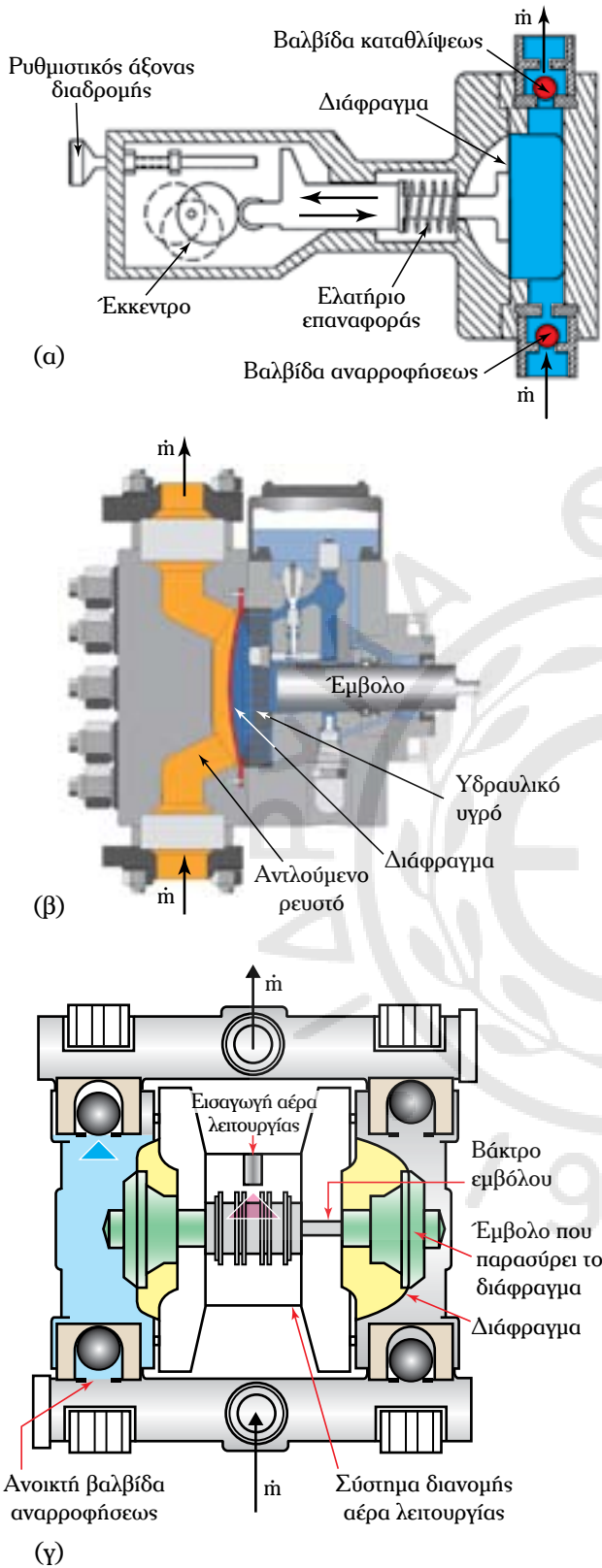
Οι αντλίες με διαφράγματα οφείλουν το όνομά

τους στα διαφράγματα που κινούνται στο εσωτερικό του σώματός τους, με αποτέλεσμα να δημιουργούν την αναρρόφηση και την κατάθλιψη. Εδώ η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το αντλούμενο υγρό είναι το διάφραγμα, το οποίο αποτελεί μία ελαστική μεμβράνη-διάφραγμα που κινείται μεταβάλλοντας τον χώρο στο εσωτερικό της αντλίας. Η κίνηση της μεμβράνης επιτυγχάνεται μηχανικά [σχ. 2.3ε(α)], υδραυλικά [σχ. 2.3ε(β)], ή πνευματικά (δηλ. με αέρα) [σχ. 2.3ε(γ)]. Αναλυτικότερα:

1) Στις **αντλίες που κινούνται μηχανικά**, ένα έμβολο παλινδρομεί και κινεί άμεσα το διάφραγμα, του οποίου η μία επιφάνεια έρχεται σε επαφή με το υγρό και δημιουργεί μαζί με το καπάκι τον θάλαμο διακινήσεως του υγρού. Οι βαλβίδες αναρροφήσεως και καταθλίψεως είναι εγκατεστημένες κατάλληλα στο καπάκι της αντλίας και είναι ανεπίστροφες.

2) Στις **υδραυλικά κινούμενες αντλίες** η μεμβράνη παλινδρομεί όπως και στις μηχανικά κινούμενες. Εδώ όμως για την παλινδρόμηση της μεμβράνης το έμβολο δεν έρχεται σε επαφή με τη μεμβράνη, αλλά η κίνηση προκαλείται έμμεσα από υδραυλικό υγρό. Δηλαδή, καθώς ο όγκος του υδραυλικού υγρού αυξομειώνεται από ένα έμβολο συνδεδεμένο στο κινητήριο μηχανήμα, κάμπτεται ανάλογα η μεμβράνη δημιουργώντας την αναρρόφηση και την κατάθλιψη στις βαλβίδες της αντλίας.

3) Οι **πνευματικές αντλίες με διαφράγματα** (κοινώς πομόνες) είναι αντλίες στις οποίες το διάφραγμα βρίσκεται μέσα σε έναν κλειστό θάλαμο που δημιουργείται από το σώμα της αντλίας και κινείται από έμβολο κινούμενο από αέρα. Ο αέρας που παρέ-



Σχ. 2.3ε

Αντλία διαφράγματος (α) με μηχανική κίνηση διαφράγματος, (β) με υδραυλική κίνηση διαφράγματος, και (γ) με πνευματική κίνηση διαφράγματος μέσω εμβόλου.

χεται για τη λειτουργία μετατοπίζει το έμβολο, που με τη σειρά του διεγείρει το διάφραγμα για να δημιουργηθεί η αναρρόφηση και η κατάθλιψη από τις βαλβίδες που είναι εγκατεστημένες στην αντλία.

2.3.2 Περιστροφικές αντλίες (rotary pumps).

Οι **περιστροφικές αντλίες** κατά τη λειτουργία τους αναγκάζουν το υγρό να ρέει με πίεση μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων εξαρτημάτων (περύγια, κοχλίες, συνθετικά εύκαμπτα εξαρτήματα ή μέλη του στροφείου, λοβοί, ή έμβολα σε διατάξεις αξονικά, ακτινικά και περιφερειακά) (σχ. 2.3στ). Τα εξαρτήματα αυτά μπορεί να δημιουργούν ένα σύνολο οπότε οι αντλίες ονομάζονται **απλού ή μονού στροφείου** ή να είναι περισσότερα οπότε ονομάζονται **πολλαπλών στροφείων**. Διαθέτουν τα ίδια λειτουργικά χαρακτηριστικά με τις εμβολοφόρες αντλίες, με τη διαφορά ότι το κινητό μέρος στις περιστροφικές δεν παλινδρομεί αλλά περιστρέφεται εκτοπίζοντας μία ποσότητα υγρού σε κάθε περιστροφή του κινητήριου άξονα, άρα και του στροφείου.

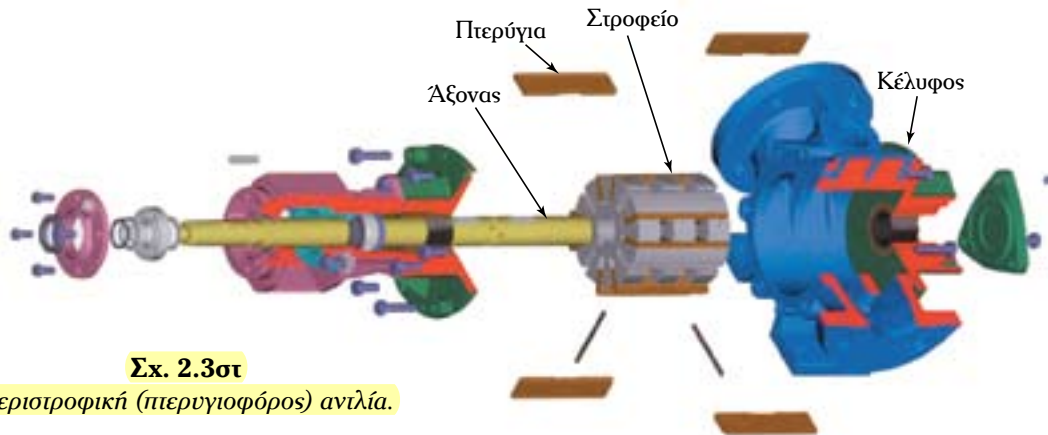
Οι περιστροφικές αντλίες αποτελούνται από το σώμα, πάνω στο οποίο υπάρχουν οι θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής του υγρού. Το σώμα μαζί με τα καπάκια (ένα σε κάθε πλευρά) και τα κινητά μέρη της αντλίας, δημιουργούν τους θαλάμους που περιέχουν το μεταφερόμενο υγρό. Το κινητό μέρος ή στροφέιο έχει μικρά διάκενα με το σταθερό περίβλημα, ώστε να επιτυγχάνεται η ελεύθερη περιστροφή του και ταυτόχρονα να διατηρείται η στεγανοποίηση για την αποδοτική μεταφορά του υγρού.

Το είδος του στροφείου εξαρτάται από τον ειδικό τύπο των κινουμένων μερών που χρησιμοποιούνται και ανάλογα προσδιορίζεται και ο τύπος της αντλίας π.χ. **περυγιοφόρες, κοχλιωτές, λοβών, με οδοντωτούς τροχούς, εμβόλων που ολισθαίνουν, περιφερειακών εμβόλων κ.ά..**

Το στροφέιο σε κάθε είδος περιστροφικής αντλίας στηρίζεται κατάλληλα στα καπάκια του σώματος. Στο σημείο των καπακιών που ο άξονας περιστροφής προεξέχει για να συνδεθεί με το κινητήριο μηχανήμα δημιουργείται **θάλαμος στεγανότητας** (seal chamber), ενώ η πρόληψη διαρροής πραγματοποιείται από **μηχανισμό στεγανοποίησης** (mechanical seal), **παρεμβύσματα-σαλαμάστρες** (packings) ή με ενισχυμένους με μέταλλο **συνθετικούς δακτυλίους στεγανοποίησης** (τοιμούρες) (oilseals simmerring).

Ανάλογα με τον τρόπο που κινούνται, οι περιστροφικές αντλίες διακρίνονται σε:

1) **Εξαρτημένες**, όταν η κίνησή τους παρέχεται από κινούμενο μέλος άλλης μηχανής μεταδίδοντας την κί-



Σχ. 2.3στ

Περιστροφική (πιερωγιφόρος) αντλία.

νση στο στροφείο της αντλίας με γρανάζια και

2) **ανεξάρτητες**, όταν κινούνται από ηλεκτροκινητήρα ή πετρελαιοκινητήρα.

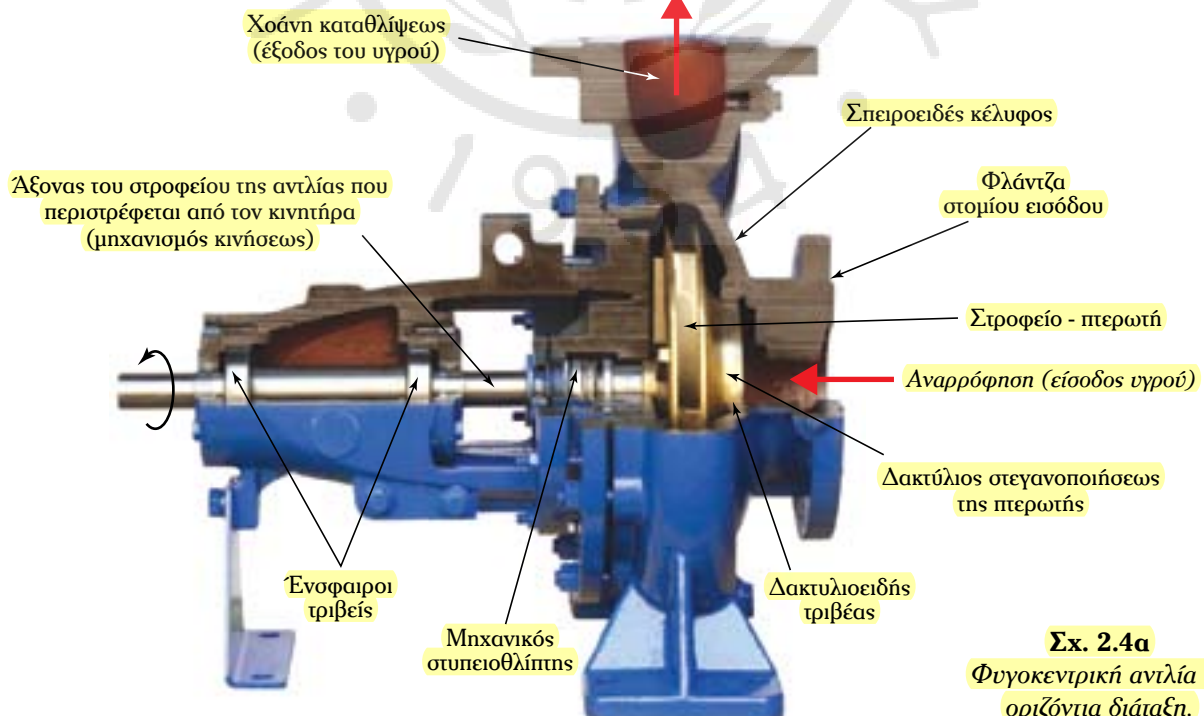
2.4 Δυναμικές ή κινητικού τύπου αντλίες (dynamic or kinetic type pumps).

Οι δυναμικές αντλίες ταξινομούνται σε **περιστροφικές** και σε **ειδικής επιδράσεως**. Και στις δύο κατηγορίες η λειτουργία τους βασίζεται στην μεταβολή της ενέργειας τού προς άντληση υγρού. Η ενέργεια προστίθεται συνεχώς στο υγρό αυξάνοντας την ταχύτητά του μέσα στην αντλία, ώστε αρχικά να αυξάνεται η κινητική του ενέργεια, η οποία στη συνέχεια μεταβάλλεται σε δυναμική.

Έτσι, η μεγάλη ταχύτητα ροής που αρχικά προσδίδεται στο υγρό μετατρέπεται σε ενέργεια πίεσης στην έξοδο του υγρού από την αντλία. Οι περιστροφικές δυναμικές αντλίες διακρίνονται σε **φυγοκεντρικές** ή **ακτινικής ροής**, σε **μικτής**, **αξονικής** και σε **περιφερειακής ροής** ή **στροβιλαντλίες**. Ειδικότερα:

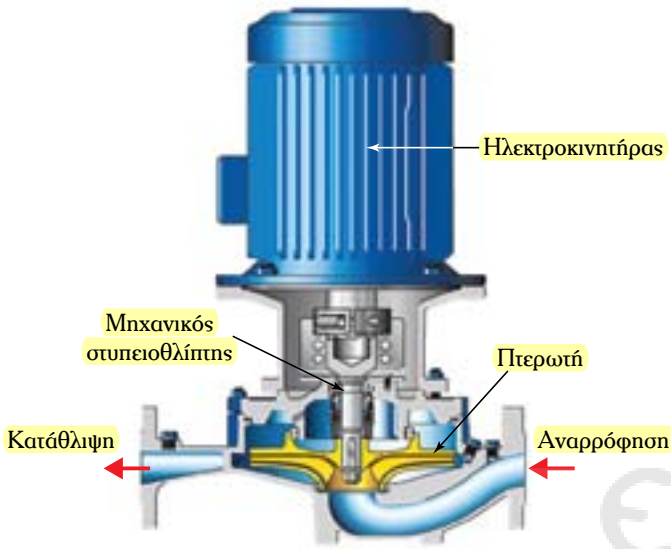
– **Φυγοκεντρικές αντλίες ή ακτινικής ροής (centrifugal or radial flow pumps).**

Πρόκειται για το είδος των αντλιών που κυρίως συναντώνται στα περισσότερα δίκτυα του πλοίου λόγω της δυνατότητάς τους να συνδυάζουν ικανοποιητική πίεση και παροχή. Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελούνται (σχ. 2.4α και 2.4β) είναι:



Σχ. 2.4α

Φυγοκεντρική αντλία σε οριζόντια διάταξη.



Σχ. 2.4β

Τομή φυγοκεντρικής αντλίας σε κάθετη διάταξη με ηλεκτροκινητήρα.

- 1) Το **σπειροειδές σώμα** (volute casing).
- 2) Η **πτερωτή** ή στροφέιο (impeller).
- 3) Ο περιστρεφόμενος **άξονας** (shaft) που τοποθετείται η πτερωτή.
- 4) Οι **ένσφαιροι τριβείς** (bearings), στους οποίους στηρίζεται ο άξονας και μπορεί να περιστρέφεται.
- 5) Το **μέσο στεγανοποίησης** του άξονα, που μπορεί να είναι **μηχανικός στυπιοθλίπτης** (mechanical seal) [σχ. 2.4γ(α)] ή **στυπεία-σαλαμάσρες** (packings) [σχ. 2.4γ(β)] τοποθετημένα σε κατάλληλα διαμορφωμένο **στυπιοθάλαμο** (stuffing box ή gland packing) ώστε να διασφαλίζεται η στεγανοποίηση του άξονα στο σημείο που εξέρχεται από το σώμα της αντλίας για να συνδεθεί με τον άξονα του μηχανήματος κίνησης και

6) το **κινητήριο μηχανήμα**.

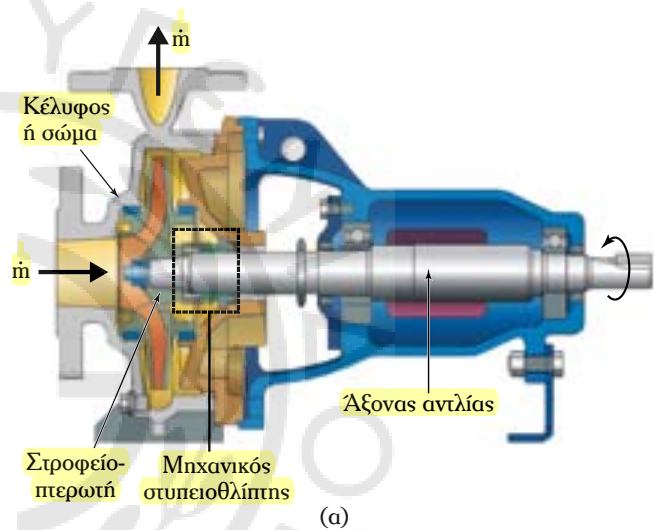
Το σώμα της αντλίας είναι κατάλληλα διαμορφωμένο με εσωτερικά διαφράγματα, ώστε να δημιουργούνται οι θάλαμοι όπου εισέρχεται και εξέρχεται το υγρό, ενώ διαθέτει σταθερά πτερύγια, που επιδρούν στην αύξηση της πίεσης άρα και στην απόδοση της αντλίας.

Η πτερωτή βρίσκεται εγκατεστημένη στο εσωτερικό του σώματος και αποτελείται από τα πτερύγια τοποθετημένα σε πλήμνη, από το κέντρο της οποίας διέρχεται ο άξονας για την περιστροφή της. Επίσης η πτερωτή ανάλογα με τον τύπο της μπορεί είναι **ανοικτού, ημίκλειστου** ή **κλειστού τύπου** (σχ. 2.4δ). Ο τύπος της πτερωτής που χρησιμοποιείται εξαρτάται

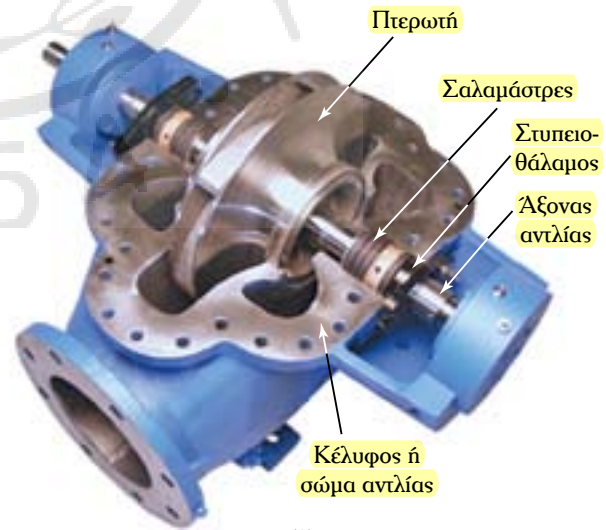
από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της αντλίας και το είδος του υγρού που διαχειρίζεται.

Στις αντλίες με κλειστού τύπου πτερωτή η αναρρόφηση του υγρού επιτυγχάνεται από το άνοιγμα στο κέντρο του δίσκου της μίας πλευράς, το οποίο βρίσκεται προς την πλευρά της αναρρόφησης.

Το υγρό εισέρχεται από την αναρρόφηση που βρίσκεται στο σώμα της αντλίας και στη συνέχεια ωθούμενο από τα πτερύγια, απομακρύνεται περιφερειακά του στροφέιου προς τα σταθερά πτερύγια (διαχύτες – diffuser) μέχρι την εσωτερική περιφέρεια του σώματος της αντλίας απ' όπου και καταθλίβεται από το άνοιγμα της κατάθλιψης. Η αναρρόφηση στις αντλίες με ημίκλειστου τύπου πτερωτή γίνεται



(α)



(β)

Σχ. 2.4γ

(α) Στεγανοποίηση αντλίας με μηχανικό στυπιοθλίπτη και (β) στεγανοποίηση αντλίας με σαλαμάσρες τοποθετημένες στο στυπιοθάλαμο.



Σχ. 2.46
Τύποι περωτών.

στην ανοικτή πλευρά της, ενώ στον ανοικτού τύπου το υγρό εισέρχεται και εξέρχεται από το σώμα που έχει κατάλληλη διαμόρφωση.

Στην επάνω πλευρά του σώματος είναι εγκατεστημένο το σύστημα στεγανοποιήσεως απ' το οποίο διέρχεται το ελεύθερο άκρο του άξονα για να συνδεθεί στον μηχανισμό κινήσεως της αντλίας.

Κατά τη λειτουργία της αντλίας η αναρρόφηση επιτυγχάνεται με τη μείωση της πίεσεως που δημιουργείται στην είσοδο της περωτής, που καθώς περιστρέφεται εκτοπίζει το υγρό που υπάρχει στο εσωτερικό της.

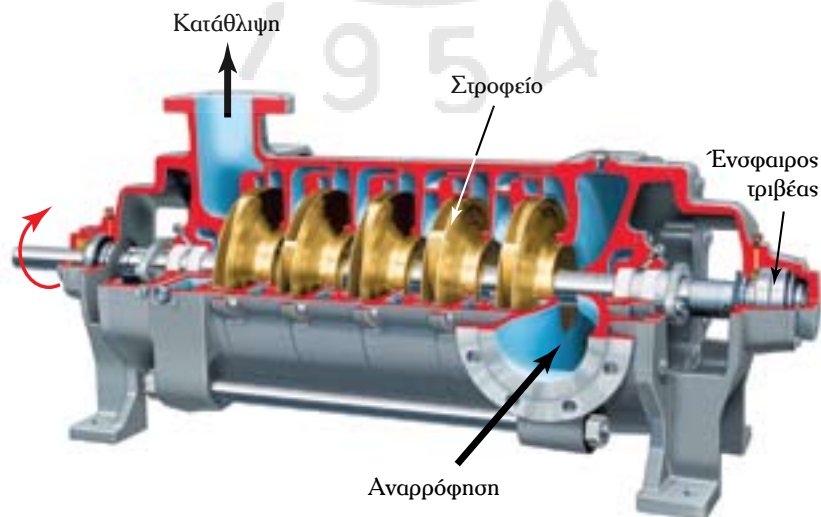
Για να διατηρείται η πίεση και η καλή λειτουργία της αντλίας απαιτείται να λειτουργεί χωρίς διαρροές αλλά και να μην εισέρχεται αέρας στο εσωτερικό της. Η στεγανοποίηση, εκτός από το σημείο διελεύσεως του άξονα όπου γίνεται με συμβατικούς ή μηχανικούς στυπιοθλίπτες, πρέπει να γίνεται και στα σημεία συναρμολογήσεώς της. Εκεί μπορεί να γίνεται επαφή μέταλλο με μέταλλο, να χρησιμοποιούνται μικρού πάχους χαρτί είτε συνθετικά παρεμβύσματα, π.χ. λάστιχα (o-rings), ικανά να ανταπο-

κρίνονται στις διαβρωτικές ιδιότητες του υγρού που διακινείται αλλά και στη θερμοκρασία που ενδέχεται να επικρατεί.

Ο μηχανισμός κινήσεως των φυγοκεντρικών αντλιών μπορεί να είναι ηλεκτροκινητήρας αλλά και ατμοστρόβιλος για μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής και παροχή. Σε κανονικές συνθήκες η ταχύτητα λειτουργίας των φυγοκεντρικών αντλιών κυμαίνεται από 1500 – 3000 rpm, ενώ ορισμένοι τύποι αντλιών είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε ταχύτητες της τάξεως των 5000 – 25.000 rpm.

Για απαιτήσεις παροχής με φυγοκεντρικές αντλίες σε μεγαλύτερη πίεση χρησιμοποιούνται πολυβάθμιες (ή πολυσταδιακές) φυγοκεντρικές αντλίες (σχ. 2.4ε). Σε αυτές τις αντλίες η αύξηση της πίεσεως στο επιθυμητό επίπεδο επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση περισσότερων περωτών μέσα στο ειδικά σχεδιασμένο σώμα πάνω σε κοινό άξονα. Στη διάταξη αυτή η κατάθλιψη της μίας περωτής αποτελεί την αναρρόφηση της επόμενης μέχρι την τελευταία περωτή που καταθλίβει στο δίκτυο που είναι συνδεδεμένη η αντλία.

Οι αξονικές, μικτές και οι περιφερειακής ροής αντλίες, που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, αποτελούνται, λειτουργούν και στεγανοποιούνται με παρόμοιο τρόπο. Η διαφορά τους είναι στο στροφείο από το οποίο αποτελούνται. Στις αξονικής ροής αντλίες στο εσωτερικό του σώματος η περωτή είναι ένας έλικας που καθώς περιστρέφεται, μετατοπίζει το υγρό σε διεύθυνση παράλληλη με τον άξονα που την περιστρέφει. Στις μικτές ροής, η περωτή και το σώμα είναι διαμορφωμένα έτσι, ώστε να αντλούν το υγρό συνδυάζοντας χαρακτηριστικά των φυγοκεντρικών



Σχ. 2.4ε
Τομή πολυβάθμιας φυγοκεντρικής αντλίας.

και των αξονικών αντλιών. Ενώ στις περιφερειακής ροής η διαχείριση του υγρού από την ειδικά διαμορφωμένη πτερωτή πραγματοποιείται στην περιφέρεια του στροφείου.

2.5 Αντλίες στα πλοία.

Λόγω των διαφόρων τύπων πλοίων, π.χ. φορτηγά, δεξαμενόπλοια (Δ/Ξ), επιβατηγά κ.λπ., των πολλών και διαφορετικών λειτουργιών που εκτελούνται επί αυτών, π.χ. διαχείριση φορτίου, λειτουργία μηχανημάτων στα συστήματα φορτοεκφορτώσεως, λειτουργία μηχανών στο μηχανοστάσιο κ.λπ., καθώς και τη διαθέσιμη ενέργεια για την κίνηση ενός μηχανήματος, π.χ. ηλεκτρική, μηχανική, ατμός, υδραυλική, στα δίκτυα και τα συστήματα των πλοίων συναντάμε σχεδόν όλους τους τύπους των αντλιών. Επίσης ο τύπος της αντλίας που συναντάται, εξαρτάται από τα κριτήρια του σχεδιασμού του πλοίου, τους κανονισμούς που ισχύουν κατά την ναυπήγηση, και τις εξελίξεις στην τεχνολογία τη δεδομένη χρονική στιγμή. Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι επόμενο στα πλοία να συναντώνται γενικά τόσο θετικής εκτοπίσεως αντλίες όσο και δυναμικής μεταβολής.

Ειδικότερα λοιπόν σε ό,τι αφορά στις εμβολοφόρες, τις περιστροφικές και τις φυγοκεντρικές ισχύουν:

1) Οι **εμβολοφόρες αντλίες θετικής εκτοπίσεως** που συναντώνται σε πλοία, ενδέχεται να είναι κινούμενες με έμβολα ατμού, κινούμενες από μικρούς πετρελαιοκινητήρες ή με ηλεκτροκινητήρες που μεταδίδουν την κίνηση στην αντλία μέσω στροφαλοφόρου άξονα ή με σύστημα γραναζιών. Μειονεκτούν στην παροχή λόγω του πεπερασμένου όγκου των κυλίνδρων τους και της ταχύτητας περιστροφής τους. Ειδικότερα:

α) Οι **ηλεκτροκίνητες εμβολοφόρες αντλίες** συναντώνται ως αντλίες σεντινών, είναι εγκατεστημένες στο μηχανοστάσιο και χρησιμοποιούνται διότι ενώ βρίσκονται στο κατώτερο σημείο μέσα στο μηχανοστάσιο εξακολουθεί η αναρρόφησή τους να είναι υψηλότερα από τη στάθμη του υγρού, οπότε είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί υποπίεση στην αναρρόφηση για να ξεκινήσει η άντληση. Αυτό είναι ένα από τα **πλεονεκτήματα** των αντλιών αυτών, καθώς και η δυνατότητά τους να αναπτύσσουν μεγάλη πίεση στην κατάθλιψη στέλνοντας το υγρό σε μεγάλο ύψος αλλά και σε θαλάμους όπου υπάρχει πίεση. Η μεγάλη πίεση καταθλίψεως τις καθιστά κατάλληλες για να χρησιμοποιούνται σε συστήματα αντίστροφης οσμώσεως για την παραγωγή νερού, όπου το νερό διέρχεται

από μεμβράνες με πίεση ώστε να επιτευχθεί ο διαχωρισμός του από τα άλατα και τις ακαθαρσίες που παρασύρει.

β) Οι **μηχανοκίνητες εμβολοφόρες** συναντώνται ως αντλίες πυροσβέσεως διότι δύνανται να λειτουργούν ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο του πλοίου, μιας και η ενέργεια για την κίνησή τους παράγεται από πετρελαιοκινητήρα. Η ανάπτυξη υποπίεσεως στην αναρρόφηση είναι ένα από τα επιθυμητά αποτελέσματα για την καλή απόδοση της αντλίας, καθώς και η μεγάλη πίεση που αναπτύσσουν παρέχοντας το θαλασσινό νερό με πίεση σε όλες τις λήψεις των πυροσβεστικών κρουνών που βρίσκονται από το κατάστρωμα έως το υψηλότερο σημείο, π.χ. στη γέφυρα του πλοίου. Οι μηχανοκίνητες εμβολοφόρες δεν συναντώνται συχνά σε νέα πλοία.

γ) Οι **ατμοκίνητες εμβολοφόρες** αντλίες χρησιμοποιούνται σε Δ/Ξ με αντλίες φορτίου που λειτουργούν από ατμοστροβίλους. Είναι εγκατεστημένες στο αντλιοστάσιο και παρέχουν ασφάλεια κατά τη λειτουργία τους εφόσον δεν υπάρχει ηλεκτρισμός ή πετρελαιοκινητήρας που εγκυμονεί τον κίνδυνο αναφλέξεως των αερίων φορτίου και εκρήξεως. Χρησιμοποιούνται κατά την αποστράγγιση των δεξαμενών φορτίου, όταν οι φυγοκεντρικές αντλίες φορτίου με ατμοστροβίλο αδυνατούν να απομακρύνουν το φορτίο λόγω της μείωσης της στάθμης μέσα στη δεξαμενή.

2) Οι **περιστροφικές αντλίες** στα πλοία χρησιμοποιούνται ως αντλίες για την παροχή πετρελαίου στους λέβητες παραγωγής ατμού, για την παροχή πετρελαίου σε δίκτυα ΜΕΚ, σε δίκτυα λιπάνσεως ή ψύξεως, σε ανάπτυξη υδραυλικής πίεσεως σε δίκτυα με υδραυλικό έλαιο για τη λειτουργία μηχανημάτων, στη μετάγγιση ή στην αποστράγγιση δεξαμενών ελαίου λιπάνσεως, πετρελαίου ή νερού, για την κίνηση των υδραυλικών πηδαλίων, την κίνηση των βαρουλκών κ.λπ.. Η επιλογή τους για την εγκατάστασή τους στα δίκτυα οφείλεται στην δυνατότητά τους να παρέχουν υψηλές πιέσεις σε ικανοποιητική παροχή, η διαχείριση υγρών που παρασύρουν αιωρούμενα σωματίδια και η δυνατότητά τους να διαχειρίζονται παχύρρευστα υγρά μεγάλου ιξώδους.

Ο τύπος περιστροφικής αντλίας που θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά εξαρτάται από τη μελέτη κατά τη ναυπήγηση του πλοίου. Οι αντλίες αυτές μπορεί να είναι **απλού** αλλά και **πολλαπλού στροφείου**, ενώ ενδεικτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

α) **Πτερυγοφόρες**, οι οποίες συναντώνται σε φορτηγά κύδην φορτίου για την αύξηση στην πίεση

του υδραυλικού ελαίου στο δίκτυο που διαχειρίζεται τους γερανούς φορτίου, σε δίκτυα υδραυλικού ελαίου που χειρίζονται επιστόμια από απόσταση κ.ά..

β) Με **υγρά έμβολα**, για την άντληση αερίων από έναν κλειστό θάλαμο, π.χ. στην απομάκρυνση του αέρα από το σώμα μίας φυγοκεντρικής αντλίας που την βοηθάει στην αρχική εκκίνηση κ.ά..

γ) **Εκκεντρικού ρότορα**, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την άντληση υδαρών ρευστών, παχυρρευστών με μικρά αιωρούμενα σωματίδια.

δ) **Γραναζωτές οδοντωτές**, καθώς και οι **αντλίες με λοβούς**, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην διαχείριση πετρελαίου λιπαντικών κ.λπ., με την προϋπόθεση να μην υπάρχουν αιωρούμενα σωματίδια, διότι θα καταστραφούν οι επιφάνειες των γραναζιών ή των λοβών με τις οποίες έρχονται σε επαφή.

ε) Με **κοιλίες**, οι οποίες ενδείκνυνται για υψηλές απαιτήσεις παροχής, παρέχουν στρωτή ροή και το ρευστό κατά την άντληση δεν σχηματίζει γαλακτώματα. Συναντώνται ως αντλίες για την διακίνηση ελαίου, πετρελαίου κ.ά..

στ) Με **έμβολα μεταβλητής διαδρομής ακτινικά ή αξονικά**, που χρησιμοποιούνται σε μηχανισμούς πεδάλων, σε υδραυλικά συστήματα λειτουργίας αντλιών που λειτουργούν με υδραυλικούς κινητήρες, διότι έχουν την δυνατότητα να αναπτύσσουν μεγάλη πίεση, να πραγματοποιούν αντιστροφή της ροής στο δίκτυο χωρίς να διακόπεται η λειτουργία τους, ενώ λειτουργούν με υψηλή ταχύτητα.

ζ) Οι **περισταλτικές**, οι οποίες χρησιμοποιούνται διότι δεν απαιτείται στεγανοποίηση του άξονα μετάδοσης της κίνησης μειώνοντας τις πιθανότητες ρυπάνσεως από διαρροή και, έχουν χαμηλό κόστος συντηρήσεως. Τις συναντάμε ως δοσομετρικές αντλίες για τη διακίνηση διαβρωτικών υγρών.

- Φυγοκεντρικές αντλίες.

Η χρήση τους στα πλοία βρίσκει μεγάλο εύρος εφαρμογών με αποτέλεσμα ο διαχωρισμός τους με βάση τη χρήση τους να γίνει σε:

1) **Αντλίες που χρησιμοποιούνται στην εξυπηρέτηση της λειτουργίας των μηχανών πρόωσης** ανάλογα με την εγκατάσταση, όπως σε μηχανές ατμού, εσωτερικής καύσεως ή σε μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ως αντλίες παροχής πετρελαίου, ελαίου λιπάνσεως στους τριβείς των μηχανών,

για την κυκλοφορία του νερού ψύξεως των κυλίνδρων κ.λπ..

2) **Αντλίες ειδικών εγκαταστάσεων** όπως παραγωγής γλυκού νερού, στο δίκτυο γενικής χρήσεως αλλά και ποσίου νερού, στη μετάγγιση καυσίμων κ.λπ..

3) **Αντλίες για την άντληση κυτών και διαχείρισεως έρματος.**

4) **Αντλίες γενικής χρήσεως και εξυπηρέτησεως υγιεινής** για το πλήρωμα και τους επιβάτες κ.λπ..

5) **Αντλίες προωθήσεως** σε δίκτυα που απαιτείται η εγκατάσταση ενδιάμεσων αντλίας και

6) **αντλίες φορτίου Δ/Ξ** λόγω της μεγάλης παροχής τους.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά υγρών υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασίας, που μπορεί να έχουν υψηλή διαβρωτική δράση και πιθανόν αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Γι' αυτό, τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να ανταποκρίνονται ανάλογα στην κάθε περίπτωση.

Τα **πλεονεκτήματα** που διαθέτουν οι φυγοκεντρικές αντλίες και γι' αυτό χρησιμοποιούνται σε τόσο μεγάλη έκταση είναι ότι έχουν:

1) Υψηλή απόδοση με μικρό όγκο και βάρος.

2) Σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής.

3) Συνεχή και ομοιόμορφη περιστροφική κίνηση χωρίς να παρουσιάζονται διακυμάνσεις στην πίεση και στην παροχή (όπως συμβαίνει με τις εμβολοφόρες παλινδρομικές αντλίες).

4) Απλότητα του σχεδιασμού τους.

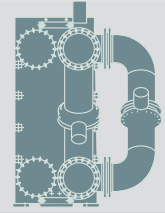
5) Δυνατότητα εύκολης συνδέσεως με διάφορους τύπους κινητήρων, και

6) ικανότητα στον χειρισμό μεγάλης ποσότητας υγρών.

Τα **μειονεκτήματά** τους είναι:

1) Η αδυναμία στην ανάπτυξη αρχικής αναρροφήσεως όταν η ελεύθερη επιφάνεια του προς άντληση υγρού βρίσκεται χαμηλότερα από την αναρρόφηση της αντλίας, και

2) ότι δεν αναπτύσσουν μεγάλες πιέσεις διότι δεν υπάρχει στεγανοποίηση ικανή να εμποδίσει την επανακυκλοφορία του υγρού μεταξύ αναρροφήσεως και καταθλίψεως στο εσωτερικό της αντλίας, που αποτελεί και τον λόγο που περιορίζεται το ύψος καταθλίψεώς τους.



3.1 Εισαγωγή.

Οι **εναλλακτήρες θερμότητας** είναι οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών, και οι οποίες συμμετέχουν στη λειτουργική διαδικασία των μηχανικών συστημάτων.

Η βασική κατανόηση των μηχανικών μερών, απ' τα οποία αποτελείται ένας εναλλακτήρας θερμότητας, είναι σημαντική τόσο για την ανάλυση της λειτουργίας του, όσο και των λειτουργιών που εξυπηρετεί.

Στους εναλλακτήρες θερμότητας η μεταφορά πραγματοποιείται από ένα ρευστό, το οποίο μπορεί να είναι υγρό ή αέριο, σ' ένα άλλο. Οι λόγοι που καθιστούν απαραίτητη αυτήν τη μεταφορά είναι:

α) Η θέρμανση ενός ρευστού χαμηλής θερμοκρασίας με τη χρήση ενός ρευστού υψηλής θερμοκρασίας.

β) Η μείωση της θερμοκρασίας ενός θερμού ρευστού με τη χρήση ενός ρευστού χαμηλότερης θερμοκρασίας.

γ) Ο βρασμός ενός ρευστού με τη χρήση ενός θερμού ρευστού.

δ) Η συμπύκνωση των ατμών ενός ρευστού με τη χρήση ρευστού χαμηλής θερμοκρασίας.

ε) Ο βρασμός ενός ρευστού, που επιτυγχάνεται με συμπύκνωση των ατμών ενός άλλου ρευστού.

Ανεξάρτητα απ' τη λειτουργία για την οποία προορίζεται ένας εναλλακτήρας, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μεταφορά της θερμότητας, είναι απαραίτητο να υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά των συναλλασσόμενων ρευστών.

Επίσης, η μετάδοση της θερμότητας των ρευστών που συμμετέχουν, όπως είναι γνωστό από τον Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο και σύμφωνα με την Αρχή Carnot, πραγματοποιείται με τη ροή της θερμότητας μόνο απ' τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες θερμοκρασίες.

3.2 Ταξινόμηση των εναλλακτάρων θερμότητας.

Οι εναλλακτήρες θερμότητας διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

α) Στους **εναλλακτήρες** (heat exchangers) **αναμείξεως** (direct mixing of contact exchangers) ή **εξ επαφής**, όταν τα δύο ρευστά αναμειγνύονται μεταξύ τους. Χρησιμοποιούνται μόνο στα ψυγεία αναμείξεως των εκχυτήρων, επιτυγχάνοντας την ψύξη του μείγματος εξαγωγής των εκχυτήρων, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κενού των ψυγείων ατμού. Στους εναλλακτήρες αυτούς, προς αποφυγή της μόλυνσής του τροφοδοτικού νερού του δικτύου με άλατα, η ψύξη πραγματοποιείται με νερό που καταθλίβεται από την αντλία συμπυκνώματος.

β) Στους **εναλλακτήρες επιφάνειας** (surface heat exchangers), που κυρίως χρησιμοποιούνται στα πλοία και στους οποίους το θερμό και το ψυχρό ρευστό διαχωρίζονται μεταξύ τους από μεταλλικό σώμα ορισμένου πάχους, το οποίο συνήθως έχει τη μορφή σωλήνα (αυλού) ή πλάκας.

Σύμφωνα με τη ροή των δύο ρευστών που συμμετέχουν στη μετάδοση θερμότητας, οι εναλλακτήρες διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

α) Στους **εναλλακτήρες παράλληλης ροής** ή **ομορροής** (parallel flow heat exchanger), στους οποίους τα δύο ρευστά ρέουν στην ίδια διεύθυνση (σχ. 3.2α). Τα ρευστά εισέρχονται στον εναλλακτήρα απ' την ίδια πλευρά που έχουν τη μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διαφορά. Καθώς ρέουν παράλληλα μέσα σε αυτόν πραγματοποιείται η μεταφορά της θερμότητας και στο τέλος της διαδρομής τους, καθώς πλησιάζουν στην έξοδο του εναλλακτήρα, οι θερμοκρασίες τους τείνουν να εξισωθούν. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία εξόδου του θερμού ρευστού είναι πάντοτε υψηλότερη απ' τη θερμοκρασία εξόδου του ρευστού με τη χαμηλή θερμοκρασία στις εξόδους του εναλλακτήρα.

β) Στους **εναλλακτήρες αντίθετης ροής** ή **αντιρροής** (counter-flow heat exchanger), στους οποίους τα δύο ρευστά εισέρχονται στον εναλλακτήρα από αντίθετες πλευρές και τον διαρρέουν με αντίθετες διευθύνσεις (σχ. 3.2β). Στην κατηγορία αυτών των εναλλακτών το ρευστό με την υψηλότερη θερμοκρασία εισέρχεται κοντά στην έξοδο του ρευστού με τη χαμηλότερη θερμοκρασία, ενώ η εξαγωγή του ρευστού με την υψηλότερη θερμοκρασία γίνεται στην πλευρά εισαγωγής του ρευστού με τη χαμηλή θερμοκρασία. Οι εναλλακτήρες αυτού του τύπου ροής έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση στη μετάδοση της θερμότητας απ' τους άλλους τύπους ροής.

γ) Στους **εναλλακτήρες σταυρωτής ή κάθετης ροής** (cross flow heat exchanger) (σχ. 3.2γ), στους οποίους τα δύο ρευστά διαρρέουν τον εναλλακτήρα με κάθετη διεύθυνση το ένα ρευστό με το άλλο. Η απαιτούμενη επιφάνεια (E_x) μεταδόσεως της θερμότητας στους εναλλακτήρες σταυρωτής ροής δίνεται από κατάλληλους πίνακες και είναι μεταξύ της απαιτούμενης επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας εναλλακτήρα παράλληλης ροής και αντίθετης ροής για μεταφορά της ίδιας θερμότητας μεταξύ των δύο ρευστών, ώστε η σχέση των επιφανειών μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$E_{\text{παράλληλης ροής}} > E_{\text{σταυρωτής ροής}} > E_{\text{αντίθετης ροής}} \quad (1)$$

Με τους εναλλακτήρες θερμότητας επιδιώκεται είτε η θέρμανση ενός ρευστού από ένα άλλο με υψηλότερη θερμοκρασία που στην περίπτωση αυτή ονομάζονται **θερμαντήρες** (heaters), είτε η απαγωγή της θερμότητας ενός ρευστού από ένα άλλο με χαμηλότερη θερμοκρασία, που στην περίπτωση αυτή ονομάζονται **ψυγεία** ή **ψυκτές** (coolers). Στις περιπτώσεις που κατά τη διεργασία της μεταφοράς θερμότητας πραγματοποιείται εξάτμιση ονομάζονται **εξατμιστές** (evaporators), ενώ όταν πραγματοποιείται συμπύκνωση του θερμού ρευστού από το ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας ονομάζονται **συμπυκνωτές** (condensers).

Οι τύποι των εναλλακτών θερμότητας που συναντάμε στα πλοία ποικίλλουν και ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε:

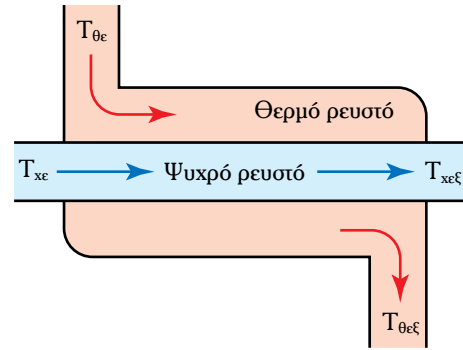
α) Ψυγεία ή συμπυκνωτές των εξατμίσεων στις μηχανές ατμού και στους στροβίλους.

β) Ψυγεία του νερού ψύξεως των χιτωνίων των ΜΕΚ, του ελαίου λιπάνσεως ή των εμβόλων.

γ) Προθερμαντήρες.

δ) Βραστήρες.

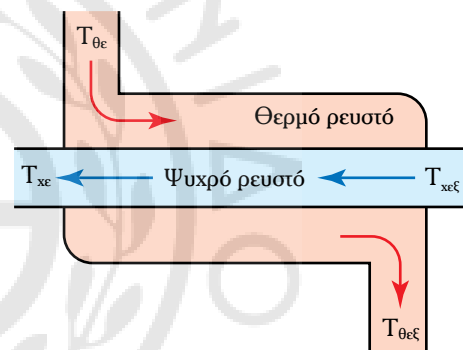
ε) Οικονομητές.



$T_{\text{χε}}$ θερμοκρασία εισόδου ψυχρού ρευστού.
 $T_{\text{χεξ}}$ θερμοκρασία εξόδου ψυχρού ρευστού.
 $T_{\text{θε}}$ θερμοκρασία εισόδου θερμού ρευστού.
 $T_{\text{θεξ}}$ θερμοκρασία εξόδου θερμού ρευστού.

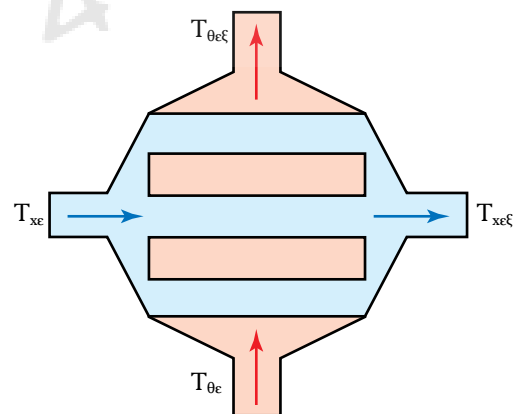
Σχ. 3.2α

Παράλληλη ροή ρευστών
 στους εναλλακτήρες ομορροής.



Σχ. 3.2β

Αντίθετη ροή ρευστών
 στους εναλλακτήρες αντιρροής.



Σχ. 3.2γ

Σταυρωτή (κάθετη) ροή των ρευστών
 στους εναλλακτήρες σταυρωτής ή κάθετης ροής.

- στ) Υπερθερμαντήρες.
- ζ) Αφυπερθερμαντήρες.
- η) Αναθερμαντήρες.

3.3 Απόδοση εναλλακτών θερμότητας.

Στη μελέτη σχετικά με την απόδοση των εναλλακτών θερμότητας, η μεγαλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται στους εναλλακτές θερμότητας αντίθετης ροής [σχ. 3.3α(α)], σε σύγκριση με τους άλλους τύπους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η **μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά** (ΔT), μεταξύ των δύο ρευστών κατά μήκος του εναλλακτήρα θερμότητας αντίθετης ροής μεγιστοποιείται σε σχέση με τον εναλλακτήρα παράλληλης ροής [σχ. 3.3α(β)], ενώ για τον εναλλακτήρα σταυρωτής ροής λαμβάνει ενδιάμεση τιμή.

Συνεπώς, η μέση λογαριθμική τιμή της θερμοκρασίας στον εναλλακτήρα αντίθετης ροής είναι μεγαλύτερη απ' τη μέση λογαριθμική τιμή της θερμοκρασίας για τον ίδιο εναλλακτήρα θερμότητας, όταν η ροή των ρευστών είναι παράλληλη ή σταυρωτή. Η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά για τους εναλλακτές θερμότητας δίνεται απ' την εξίσωση:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \quad (2)$$

όπου: ΔT_1 , η διαφορά θερμοκρασίας στην είσοδο δύο ρευστών και ΔT_2 , η διαφορά θερμοκρασίας των δύο ρευστών στην εξαγωγή.

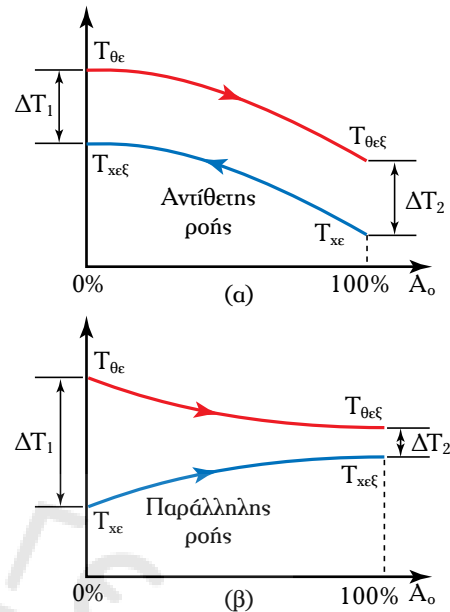
Ο ρυθμός μεταφοράς θερμικής ισχύος (heat transfer rate) μεταξύ των δύο ρευστών δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{Q} = U \cdot A_o \cdot \Delta T_m \quad (3)$$

όπου:

\dot{Q} ο ρυθμός μεταφοράς θερμικής ισχύος σε kJ/s ή kW, U^1 ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σε kJ/s · m² · °C ή kW/m² · °C, A_o η επιφάνεια μεταδόσεως της θερμότητας σε m² και ΔT_m η μέση λογαριθμική θερμοκρασιακή διαφορά σε °C.

Η βελτίωση στην απόδοση ενός εναλλακτήρα θερμότητας, εκτός της αντιθέσεως στη ροή των ρευστών, επιτυγχάνεται με τη δημιουργία κάμψεων στους αυλούς όπως τους αυλούς στο σχήμα 3.3β ή με την τοποθέτηση διαφραγμάτων, ώστε το ρευστό να ακολουθεί πολλαπλές διαδρομές σε αυτόν. Τότε οι εναλλακτές ονομάζονται **πολλαπλής ροής**.



Σχ. 3.3α

Μεταβολή θερμοκρασιακής διαφοράς εναλλακτών.



Σχ. 3.3β

Εναλλακτήςρα πολλαπλής ροής με αυλούς με κάμψη.

3.4 Εναλλακτές επιφάνειας.

Σύμφωνα με την κατασκευή τους οι εναλλακτές επιφάνειας διακρίνονται σε: **αυλωτούς εναλλακτές θερμότητας** (shell & tube heat exchangers), **κνυφελωτούς εναλλακτές** (strut tube heat exchangers) και σε **εναλλακτές με επίπεδες πλάκες** ή **φύλλα** (plate heat exchangers).

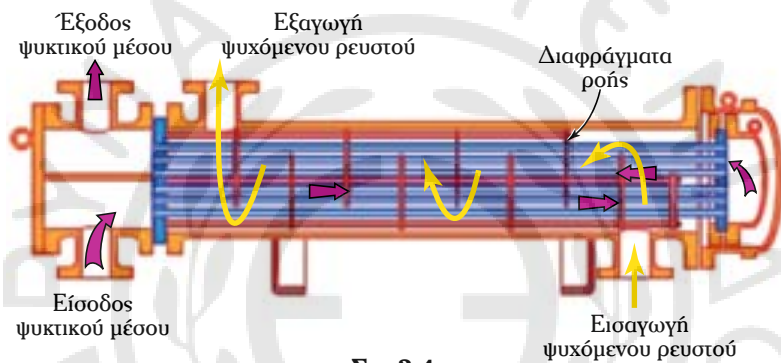
¹ Στο βιβλίο *Θερμοδυναμική* Κ. Παγωνάρη, Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 1982 συμβολίζεται με K.

3.4.1 Αυλωτοί εναλλακτήρες θερμότητας.

Η τυπική μορφή ενός αυλωτού εναλλακτήρα επιφανείας παριστάνεται στο σχήμα 3.4α. Αποτελείται από δύο αυλοφόρες πλάκες, τους αυλούς, το κέλυφος (σώμα) και τα δύο καπάκια του κελύφους (τα λεγόμενα πώματα). Το κέλυφος έχει τη μορφή μεγάλου σωλήνα με μικρό μήκος, που περιέχει τους αυλούς, και πάνω σ' αυτό στηρίζονται οι δύο αυλοφόρες πλάκες, ενώ τα δύο καπάκια τοποθετούνται στις ανοικτές πλευρές του. Η ροή των δύο ρευστών παρουσιάζεται με τη φορά που έχουν τα βέλη του σχήματος 3.4α, ενώ η αύξηση της αποδόσεως επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση διαφραγμάτων των αυλοφόρων πλάκων, ώστε το ρευστό να ακολουθεί πολλαπλές διαδρομές, εξωτερικά των αυλών. Γι' αυτόν τον λόγο οι

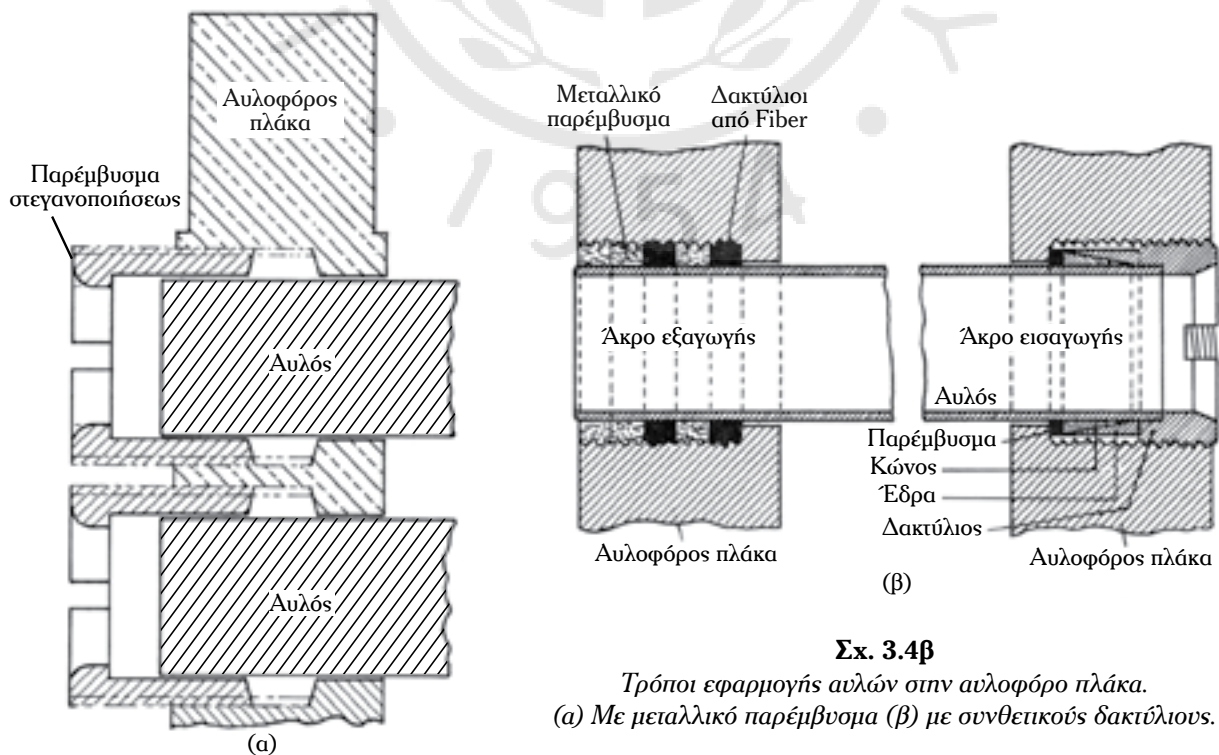
εναλλακτήρες θερμότητας αυτού του τύπου ονομάζονται **πολλαπλές διαδρομές**.

Τα ίδια διαφράγματα επίσης στηρίζουν τους αυλούς, ώστε μαζί με τις αυλοφόρες πλάκες και τους αυλούς να δημιουργούν ένα ενιαίο σύνολο που ονομάζεται **tube stack**. Η σύνδεση των αυλών στην αυλοφόρο πλάκα επιτυγχάνεται με την εκτόνωση του ενός ελεύθερου άκρου του κάθε αυλού σε τρύπες που δημιουργούνται (από τον κατασκευαστή) στην επιφάνεια της αυλοφόρου πλάκας [σχ. 3.4β(α)], ενώ το άλλο άκρο κάθε αυλού στεγανοποιείται με παρεμβύσματα και στυπιοθλίπτη, σε αντίστοιχες τρύπες της αυλοφόρου πλάκας. Εναλλακτικά η στεγανοποίηση των αυλών με την αυλοφόρο πλάκα πραγματοποιείται με παρεμβύσματα (π.χ. δακτύλιοι Fiber), τα οποία



Σχ. 3.4α

Αυλωτός εναλλακτήρας πολλαπλής ροής με διαφράγματα.



Σχ. 3.4β

Τρόποι εφαρμογής αυλών στην αυλοφόρο πλάκα.

(α) Με μεταλλικό παρέμβυσμα (β) με συνθετικούς δακτύλιους.

εκτονώνονται με τη βοήθεια στυπιοθλίπτη και στις δύο ελεύθερες άκρες του αυλού [σχ. 3.4β(β)]. Όταν χρησιμοποιούνται παρεμβύσματα με στυπιοθλίπτη, η τρύπα στην αυλοφόρο πλάκα διαμορφώνεται κατάλληλα με σπείρωμα, ώστε τα παρεμβύσματα τα οποία τοποθετούνται να εκτονώνονται, καθώς συμπίεζονται από τον στυπιοθλίπτη. Ο στυπιοθλίπτης έχει σχήμα δακτυλίου και διαθέτει αντίστοιχο σπείρωμα με το σπείρωμα της τρύπας στην αυλοφόρο πλάκα [σχ. 3.4β(β)].

Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των καπακιών και του κελύφους είναι ο χυτοσίδηρος ή ο χάλυβας, ενώ οι αυλοί κατασκευάζονται από κράμα αλουμινίου-ορειχάλκου (aluminium brass) (76% χαλκός, 22% Sn, 2% αλουμίνιο). Η επιτυχής χρήση αυτού του υλικού στην κατασκευή των αυλών οφείλεται στην ανθεκτικότητά του στη διάβρωση.

Πρώωρη διάβρωση των αυλών μπορεί να οφεί-

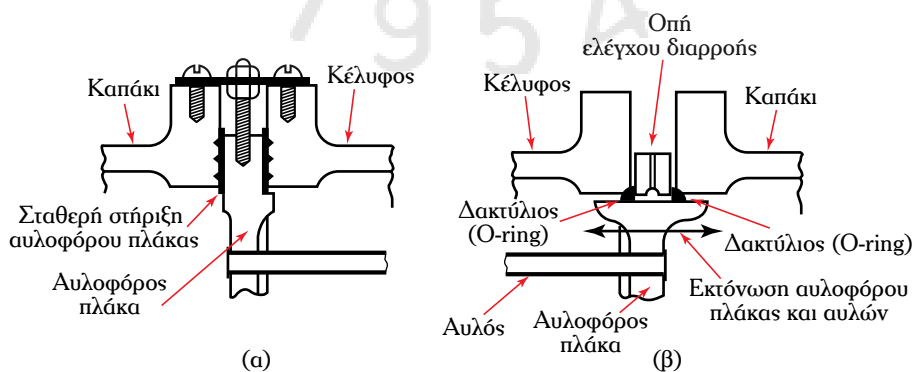
λεται στη ρύπανση της θάλασσας ή της **τυρβώδους ροής**¹ (στροβιλοειδούς) του θαλασσινού νερού, η οποία αποτρέπεται με τη ρύθμιση της ταχύτητας του νερού, που διέρχεται από αυτούς. Η ταχύτητα ροής στους αυλούς από κράμα αλουμινίου-ορειχάλκου, προς αποφυγή της διαβρώσεως λόγω της προσκρούσεως του νερού, έχει ανώτατο όριο τα 2,5 m/s, ενώ δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 1 m/s, διότι τότε δημιουργούνται καθαλατώσεις στις επιφάνειες, οι οποίες οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας.

Η συναρμολόγηση της αυλοφόρου πλάκας με τους αυλούς και το σώμα του ψυγείου πραγματοποιείται με το καπάκι και η στεγανοποίηση με ελαστικά παρεμβύσματα ή περμανίτη (σχ. 3.4γ). Η αυλοφόρος πλάκα στη μία πλευρά στερεώνεται σταθερά μεταξύ κελύφους και καπακιού [σχ. 3.4δ(α)], ενώ στην άλλη στεγανοποιείται στο κέλυφος με **συνθετικούς δακτύλιους** (O-rings) [σχ. 3.4δ(β)], ώστε να επιτρέ-



Σχ. 3.4γ

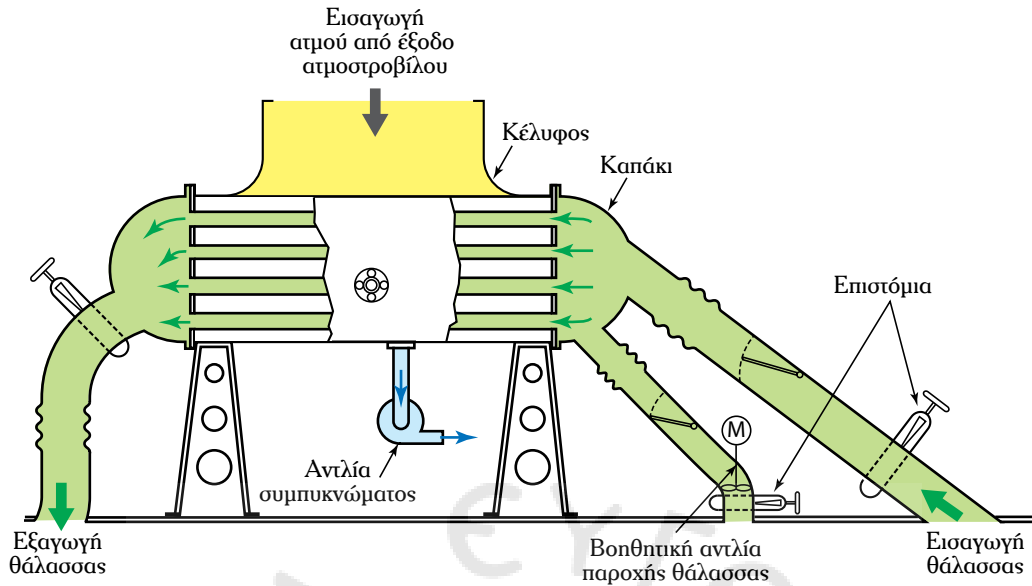
Αυλιός εναλλακτήρας θερμότητας.



Σχ. 3.4δ

Στεγανοποίηση αυλοφόρου πλάκας στις δύο πλευρές ενός εναλλακτήρα.

¹ Η τυρβώδης ροή επιδιώκεται διότι αυξάνει τον ολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (overall heat transfer coefficient).



Σχ. 3.4ε

Διάταξη ψυγείου (συμπυκνωτή αιμοσιρόβιλου) με κουτάλα.

πεται η ελεύθερη εκτόνωση των υλικών κατασκευής λόγω της διακυμάνσεως της θερμοκρασίας και να προλαμβάνονται οι στρεβλώσεις των αυλών.

Η στεγανοποίηση με τα συνθετικά παρεμβύσματα επιτρέπει την ακινητή περιστροφή του tube stack κατά 180°, παρατείνοντας τη ζωή του ψυγείου εφόσον αντιστρέφεται η ροή. Επίσης, με την περιστροφή αποτρέπεται η δημιουργία σημείων πολώσεως και φθοράς λόγω της συνεχούς προσκρούσεως του νερού στα ίδια σημεία.

Η πρόληψη της φθοράς των τμημάτων του ψυγείου από τη διάβρωση λόγω ηλεκτρολύσεως, από τη ροή της θάλασσας, επιτυγχάνεται τοποθετώντας κομμάτια από ψευδάργυρο σε ειδικά σημεία στηρίξεως μέσα στο ψυγείο.

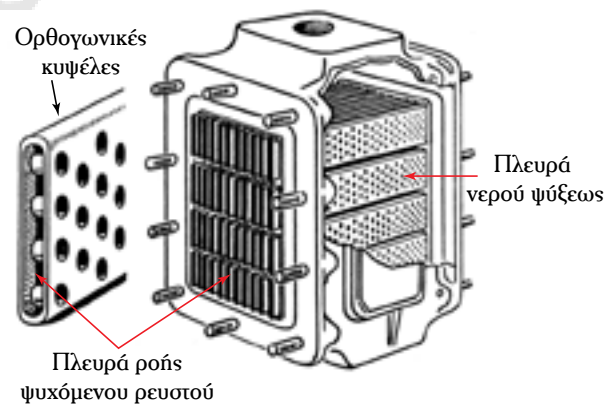
Όταν τα ψυγεία με αυλούς τοποθετούνται οριζόντια, η εισαγωγή του νερού ψύξεως πρέπει να γίνεται από την κάτω πλευρά, διότι έτσι απομακρύνεται ευκολότερα ο αέρας που συγκεντρώνεται στα ψυγεία κατά τη λειτουργία τους.

Η εισαγωγή του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται απ' τις αντλίες του δικτύου ψύξεως. Σε μεγάλα ψυγεία εγκαταστάσεων στροβίλων μπορεί να πραγματοποιείται με διάταξη, που ονομάζεται **κουτάλα** (scoop) (σχ. 3.4ε) και η οποία βρίσκεται στο κύτος του πλοίου. Αυτή ανοίγει όταν το πλοίο ταξιδεύει, ώστε να παρέχει την απαραίτητη ποσότητα θάλασσας. Στην εγκατάσταση τοποθετείται και βοηθητική αντλία για την παροχή θάλασσας, όταν η ταχύτητα του πλοίου δεν επαρκεί για την εισαγωγή της στο ψυγείο και επί-

σης βοηθητικό ψυγείο που χρησιμοποιείται στο λιμάνι αντιμετωπίζοντας τη συμπύκνωση επιστροφών από μικρές καταναλώσεις, ώστε το κύριο ψυγείο να διατηρείται καθαρό.

3.4.2 Κυψελωτοί εναλλακτήρες (hive exchangers).

Οι εναλλακτήρες αυτοί αποτελούνται από ορθογωνικές κυψέλες που διαρρέονται απ' το ένα ρευστό, ενώ το άλλο ρευστό διέρχεται μέσα από μεγάλο αριθμό αυλών καθέτων προς τις κυψέλες (σχ. 3.4στ). Τα στοιχεία μεταδόσεως της θερμότητας συγκροτούνται από δύο καπάκια με κατάλληλα διαμορφωμένες συνδέσεις για τους σωλήνες παροχής του νερού. Οι ορθογωνικές κυψέλες συνδέονται σταθερά δημιου-



Σχ. 3.4στ

Κυψελωτός εναλλακτήρας θερμότητας.

γώντας ένα ενιαίο κιβώτιο. Το νερό ψύξεως περιβάλλει τα κιβώτια, ενώ ταυτόχρονα διέρχεται και μέσα από μικρούς κάθετους αυλούς, που έχει κάθε ένα απ' αυτά. Το ψυχόμενο ρευστό κυκλοφορεί στην εξωτερική πλευρά των αυλών ανάμεσα στα διάκενα που δημιουργούνται στις εξωτερικές επιφάνειες των αυλών. Ο σκοπός των αυλών, που έχει το κάθε κιβώτιο, είναι η αύξηση της επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για την ψύξη του αέρα λόγω του μικρού διακένου των επιφανειών εναλλαγής θερμότητας και συναντώνται συνήθως στα ψυγεία του αέρα εισαγωγής των ηλεκτρομηχανών.

3.4.3 Εναλλακτικές με επίπεδες πλάκες ή φύλλα (plate heat exchangers).

Οι ελασματοειδείς θερμικοί εναλλακτήρες ή εναλλακτήρες με επίπεδες πλάκες ή φύλλα, αποτελούνται από επίπεδες πλάκες, διαμορφωμένες με αυλακώσεις τύπου V (σχ. 3.4ζ), παράλληλα τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη, με οπές ροής, δημιουργώντας μια σιβάδα σχισμών ροής μεταξύ των πλακών.

Οι σχισμές ροής ή διάκενα ροής, διαρρέονται εναλλακτικά από τα ρευστά, τα οποία λαμβάνουν μέρος στη θερμική εναλλαγή. Έτσι, το ένα ρευστό διέρχεται από τη μία πλευρά των πλακών, ενώ το άλλο διέρχεται από άλλη πλευρά στο διάκενο που δημιουργείται μεταξύ των δύο πλακών. Ο διαχωρισμός της ροής των ρευστών και η στεγανοποίηση επιτυγχάνονται από κατάλληλα συνθετικά παρεμβύσματα από ελαστικό νιτρίλιο μεταξύ των πλακών, τα οποία εφαρμόζονται σε ειδικά διαμορφωμένα αυλάκια.

Η βασική κατασκευή αποτελείται (σχ. 3.4n) από:

- α) Την δοκό άνω στηρίξεως.
- β) Τις συνδέσεις των ρευστών (σωληνώσεις).
- γ) Την σταθερή πλάκα.
- δ) Το υποστήριγμα.
- ε) Την κινητή πλάκα στηρίξεως.
- στ) Τις πλάκες θερμικής εναλλαγής.
- ζ) Την κάτω οδηγητική ράβδο.
- η) Τα συνθετικά στεγανοποιητικά πλαίσια-παρεμβύσματα και

θ) τους κοκλίες με τα περικόχλια συσφίξεως.

Η σιβάδα από πλάκες του εναλλακτήρα, που αποτελούν τις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας, τοποθετούνται μεταξύ της σταθερής και της κινητής πλάκας μεγαλύτερου πάχους, ενώ όλα μαζί στηρί-

ζονται στις δύο παράλληλες μεταλλικές ράβδους, η μία στο επάνω και η άλλη στο κάτω μέρος, που αποτελούν ταυτόχρονα τους διαδρόμους για την ευθυγράμμισή τους.

Η σύσφιξη της σιβάδας μαζί με τις πλάκες στηρίξεως πραγματοποιείται με τις μεταλλικές ράβδους, που έχουν σπείρωμα και παξιμάδια (σχ. 3.4n). Στη σταθερή πλάκα, η οποία αποτελεί την βάση στηρίξεως των πλακών, εφαρμόζονται τέσσερις σωλήνες ευθυγραμμισμένοι με τον εσωτερικό οxeτό ροής που σχηματίζεται από τη σιβάδα των πλακών, όπου συνδέονται οι σωλήνες εισαγωγής και εξαγωγής των ρευστών με την υψηλή και τη χαμηλή θερμοκρασία αντίστοιχα.

Κάθε εναλλακτήρας είναι εφοδιασμένος με πίνακα αναγνωρίσεως στερεωμένο στην εξωτερική πλευρά της σταθερής πλάκας, όπου αναγράφονται δεδομένα σχετικά με τον τύπο, τον σειριακό αριθμό εργοστασίου, τις επιτρεπόμενες πιέσεις λειτουργίας σε bar, τις επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας σε °C, την πίεση ελέγχου, το βάρος του (κενού ρευστών) και το όριο συσφίξεως του «μ max»/«μ min» σε mm. Το όριο συσφίξεως «μ», (σχ. 3.4θ) είναι το μέτρο μεταξύ των πλακών του σκελετού, στον οποίο πρέπει να συσφιχθεί η σιβάδα πλακών εναλλαγής θερμότητας. Εάν η σύσφιξη γίνει κάτω του ορίου «μ min», μπορεί να προκληθεί βλάβη στη σιβάδα των πλακών.

Με τη σύνδεση των σωλήνων, τη διάταξη των πλακών, μαζί με τα συνθετικά παρεμβύσματα στεγανότητας που δημιουργούν τα περάσματα, το θερμό ρευστό ρέει εναλλακτικά μεταξύ των επιπέδων πλακών μεταδόσεως θερμότητας, ενώ το ψυχρό ρευστό ρέει στα ενδιάμεσα περάσματα κατά την ίδια χρονική στιγμή προς την αντίθετη κατεύθυνση (σχ. 3.4n).

Οι αυλακώσεις στην επιφάνεια κάθε πλάκας εξασφαλίζουν:

α) Τις αναταράξεις στη ροή των ρευστών επιτυγχάνοντας την αύξηση της αποδόσεως κατά τη μεταφορά της θερμότητας. Αυτό επιτυγχάνεται εφόσον ο όγκος του ρευστού που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας είναι μεγαλύτερος, αυξάνοντας τον συντελεστή θερμότητας α^1 σε σύγκριση με τον όγκο του ρευστού που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια όταν η ροή είναι ομαλή (στρωτή).

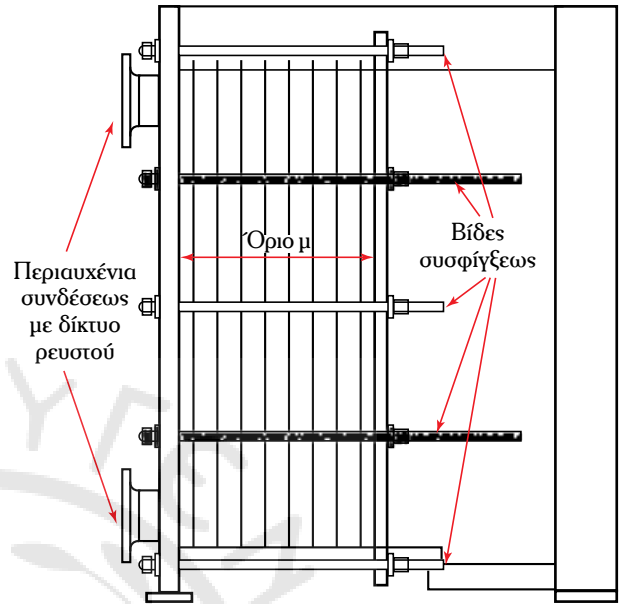
β) Την αναταραχή του ρευστού (τυρβώδης ροή), η οποία, αντίθετα με την ομαλή ροή, προκαλεί μεί-

¹ Με τις αναταράξεις του ρευστού επιτυγχάνεται αύξηση του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας α .



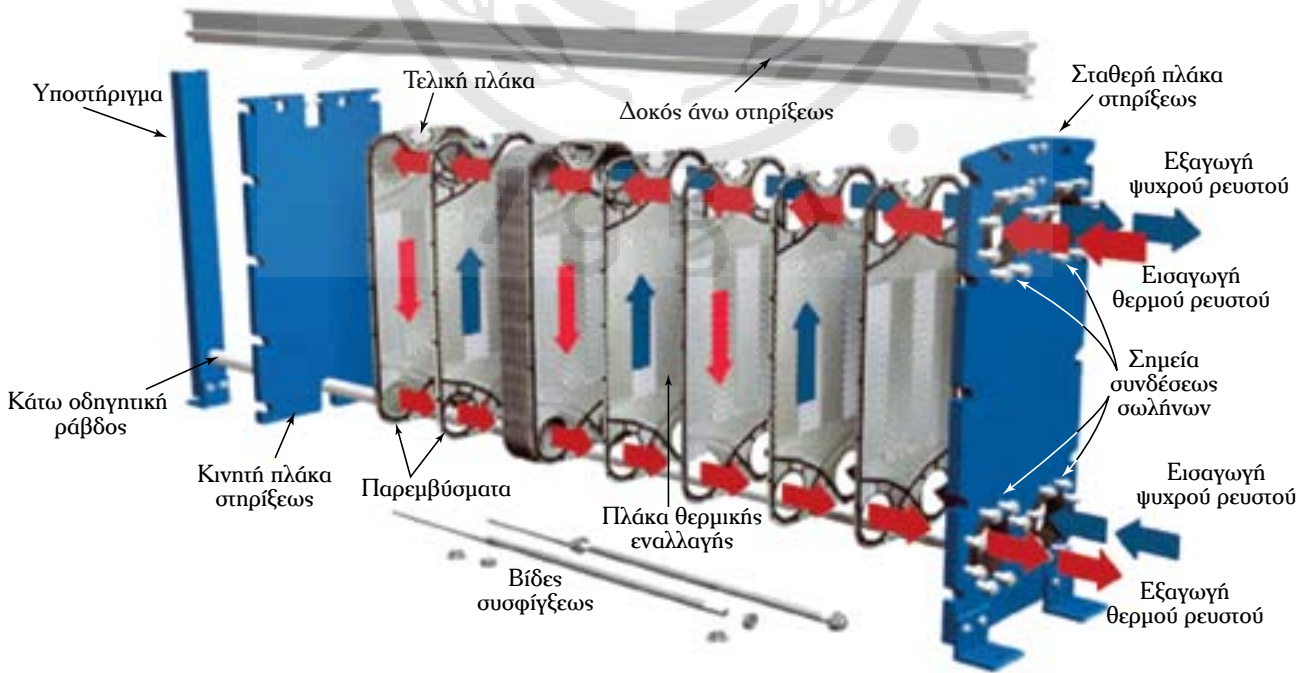
Σχ. 3.4z

Τύποι επιφανειών εναλλακτήρα θερμότητας και εφαρμογή παρεμβυσμάτων (με κόκκινο χρώμα φαίνεται η διαμόρφωση των αυλακώσεων).



Σχ. 3.4θ

Μέτρο σφίξεως «μ».



Σχ. 3.4n

Εναλλακτήρας θερμότητας με πλάκες (φύλλα) και παράσταση της ροής των δύο ρευστών.

ωση της **στατικής μεμβράνης**¹, που δημιουργείται από το ίδιο το ρευστό στην επιφάνεια της πλάκας και αποτελεί εμπόδιο στη ροή της θερμότητας.

γ) Την ακαμψία της πλάκας, επιτρέποντας τη χρήση λεπτοτέρων πλακών, επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως στη μεταφορά της θερμότητας.

δ) Την αύξηση στην επιφάνεια εναλλαγής της θερμότητας (σύμφωνα με την εξίσωση 3 σελ. 24).

Οι δύο πλάκες σπρίξεως κατασκευάζονται από χάλυβα, ενώ οι πλάκες εναλλαγής θερμότητας κατασκευάζονται από υλικά ανθεκτικά στη διάβρωση από το θαλασσινό νερό. Το υλικό κατασκευής μπορεί να είναι το τιτάνιο ή επίστρωση τιτανίου, το οποίο έχει υψηλή τιμή, είναι όμως ελαφρύ με πυκνότητα $4,5 \text{ kg/m}^3$ ή από κράμα αλουμινίου-χαλκού, του οποίου η χρήση αποφεύγεται για εναλλακτικές πλοίων λόγω της ευαισθησίας του από τη μόλυνση των παρακτίων υδάτων. Η διάβρωση που προκαλείται από την αναταραχή στη ροή του ρευστού, αποτρέπεται με τη ρύθμιση της ροής του. Οι κοχλίες συσφίξεως και τα περικόχλια κατασκευάζονται από κράμα χάλυβα υψηλής ποιότητας και μπορεί πολλές φορές να είναι επιψευδαργυρωμένα.

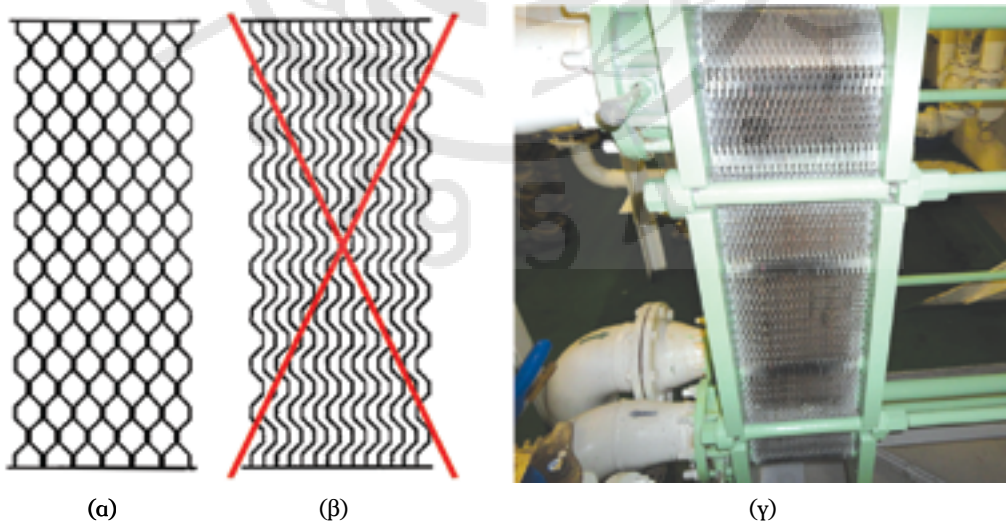
Εάν οι πλάκες θερμικής εναλλαγής έχουν αναρτηθεί σωστά, τότε η σπρίξα εμφανίζει πλαγίως ένα συνεχόμενο κυψελοειδές σχήμα (σχ. 3.4i).

Η στερέωση των ελαστικών παρεμβυσμάτων για

τη στεγανοποίηση και τη δημιουργία των διαδρομών ροής των δύο ρευστών πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλης κόλλας, ενώ το υλικό αντέχει σε θερμοκρασίες που φτάνουν έως τους 110°C . Σε υψηλότερες θερμοκρασίες το ελαστικό σκληραίνει, χάνοντας την αντοχή του και τη στεγανοποίηση που προσφέρει. Για την αποκόλλησή του από τις επιφάνειες των πλακών λόγω φθοράς του συνθετικού υλικού, χρησιμοποιείται υγρό άζωτο, το οποίο παγώνει το υλικό προκαλώντας τη συστολή και τη θραύση του. Έτσι, απομακρύνεται εύκολα αποφεύγοντας τη χρήση αιχμηρών αντικειμένων που καταστρέφουν την επιφάνεια της πλάκας.

Ο καθαρισμός του εναλλακτήρα με πλάκες πραγματοποιείται είτε με **αντίστροφη απόπλυση**, είτε με **αποσυναρμολόγηση** και **απομάκρυνση** χειροκίνητα από κάθε επιφάνεια των προσκολλημένων σωματιδίων ακαθαρσιών, που μεταφέρονται από τα ρευστά.

Η μέθοδος καθαρισμού με αντίστροφη απόπλυση, βρίσκει εφαρμογή όταν τα ρευστά περιέχουν χονδροειδή σωματίδια ακαθαρσιών και βουλώνουν τα κανάλια εισόδου. Πρόκειται για μικρής χρονικής διάρκειας αντιστροφή της κατευθύνσεως ροής, απομακρύνοντας τα σωματίδια ακαθαρσιών από τον εναλλακτήρα. Η αντιστροφή της κατευθύνσεως ροής διενεργείται με την εγκατάσταση σωληνώσεων και επιστομιών (σχ. 3.4ia). Όταν τα προσκολλημένα



Σχ. 3.4i

(α) Σωστή και (β) λάνθασμένη τοποθέτηση πλακών θερμικής εναλλαγής, όπως φαίνονται στην πλευρά του εναλλακτήρα μετά τη συναρμολόγηση. (γ) Εικόνα του εναλλακτήρα μετά την συναρμολόγηση.

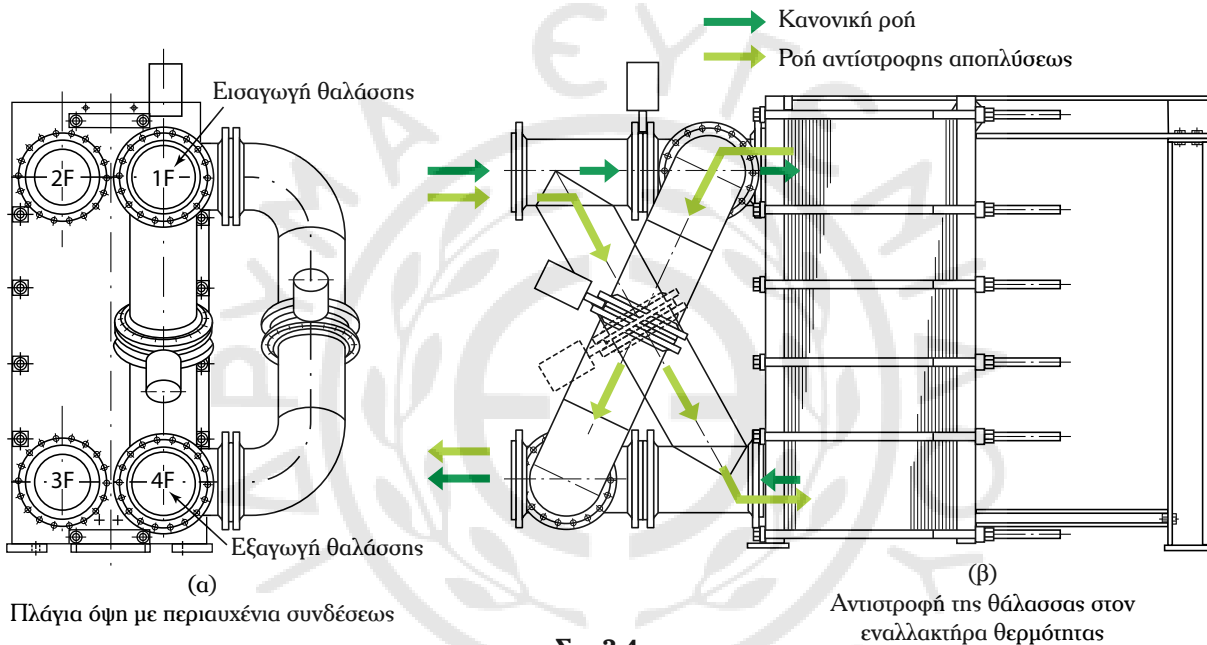
¹ Στατική μεμβράνη, σύμφωνα με τη Μηχανική Ρευστών, είναι το οριακό στρώμα από το ίδιο το ρευστό στις επιφάνειες μεταφοράς της θερμότητας.

σωματίδια ακαθαρσιών δεν απομακρύνονται με τη μέθοδο αντίστροφης αποπλύσεως, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμικής εναλλαγής, τότε πρέπει να προτιμηθεί ο χειροκίνητος καθαρισμός.

Κατά τον χειροκίνητο καθαρισμό πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην αποσυναρμολόγηση, διότι λανθασμένοι χειρισμοί κατά το λύσιμο των περικοκλίων μπορεί να προκαλέσει στρέβλωση των πλάκων. Η χαλάρωση των περικοκλίων συσφίξεως πρέπει να πραγματοποιείται με ομοιόμορφα μικρά βήματα εναλλάξ, για παράδειγμα στα σημεία 1-2-3-4 η σύσφιγξη πρέπει να πραγματοποιείται διαγώνως 1-2 και 3-4 [σχ. 3.4ιβ(α)], ώστε να αποτραπεί

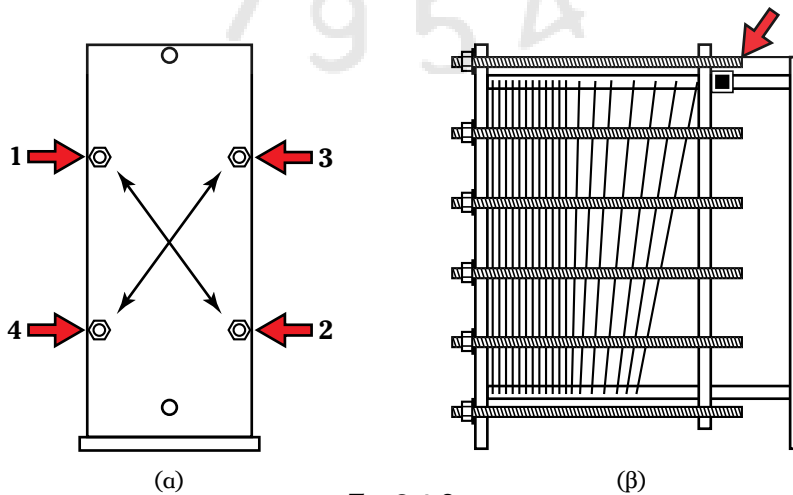
η υπερφόρτιση μεμονωμένων συσφιγκτήρων και η στρέβλωση, ενώ αντίστοιχα διαγώνια πρέπει να πραγματοποιείται η χαλάρωση σε εναλλάκτες με περισσότερους κοκλίες συσφίξεως. Στη συνέχεια, απομακρύνονται τα περικόκλια συσφίξεως και μετατοπίζεται η ελεύθερη πλάκα με τις πλάκες εναλλαγής θερμότητας πάνω στις δοκούς στηρίξεως, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4ιβ(β), δημιουργώντας τον ελεύθερο χώρο προσβάσεως για τον καθαρισμό.

Στον χειροκίνητο καθαρισμό πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σκληρών εργαλείων καθαρισμού (π.χ. βούρτσες με μεταλλικές τρίχες), διότι μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στις μεταλλικές επιφάνειες



Σχ. 3.4ια

Διάταξη σωληνώσεων και επιστοιμιών για καθαρισμό αντίστροφης αποπλύσεως.



Σχ. 3.4ιβ

(α) Πλευρά ελεύθερης πλάκας και (β) διαγώνια χαλάρωση των κοκλίων συσφίξεως.

των ελασμάτων και στις επιφάνειες των πλαισίων στεγανοποίησης. Οι μεταλλικές επιφάνειες που έχουν υποστεί βλάβες, μπορεί να οδηγήσουν σε διάβρωση των ελασμάτων, ενώ βλάβες στις επιφάνειες των πλαισίων στεγανοποίησης οδηγούν σε διαρροές του εναλλακτήρα κατά την επανέναρξη λειτουργίας. Σε περίπτωση επικαθίσεως στις επιφάνειες μεγάλων και χονδρών σωματιδίων ρυπάνσεως χρησιμοποιείται αντί για νερού υψηλής πίεσης για την απομάκρυνσή τους. Το ακροστόμιο της αντλίας είναι στραμμένο κάθετα επάνω στα πλαίσια στεγανοποίησης, προκειμένου να αποφευχθεί η καλάρωσή τους. Στο τέλος, πραγματοποιείται απόπλυση και στις δύο πλευρές με τρεχούμενο ζεστό νερό και μία μαλακή βούρτσα.

Για την αποφυγή της χρήσεως αιχμηρών αντικειμένων, ο καθαρισμός των επιφανειών από τις επικαθίσεις των αλάτων ή των ακαθαρσιών πραγματοποιείται με τη χρήση χημικών καθαριστικών. Αυτά όμως μπορεί να προσβάλλουν το υλικό του πλαισίου στεγανοποίησης προκαλώντας διαρροές. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται χημικά ασφαλή για το υλικό.

Μετά τον καθαρισμό, εφαρμόζονται οι ράβδοι συσφίξεως στις υποδοχές των πλακών στηρίξεως και με έλεγχο των διαστάσεων του ψυγείου, όπως και στην αποσυναρμολόγηση, η σύσφιξη πραγματοποιείται με μικρά βήματα διαγώνια και εναλλάξ.

Η σύσφιξη πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη επιμέλεια, διότι η απόκλιση κάτω του ορίου μέτρου συσφίξεως «μ min» οδηγεί γενικά σε ζημιές των ελασμάτων θερμικής εναλλαγής, ενδεχομένως σε λειτουργική ανεπάρκεια του εναλλακτήρα και απώλεια της στεγανότητας από τα ελαστικά παρεμβύσματα. Γι' αυτό, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι η σπιγάδα των πλακών έχει συσφιχθεί μέχρι το απαιτούμενο όριο συσφίξεως «μ», ώστε «μ min» < «μ» < «μ max».

Με την επανέναρξη λειτουργίας του εναλλακτήρα θερμότητας ελέγχεται ότι:

α) Όλες οι συνδέσεις σωληνώσεων είναι συνδεδεμένες σταθερά.

β) Όλα τα απαιτούμενα τμήματα του εναλλακτήρα έχουν εγκατασταθεί πλήρως.

γ) Το επιτρεπόμενο μέτρο συσφίξεως «a min» δεν βρίσκεται κάτω του ορίου.

δ) Δεν υπάρχουν μέσα σε αυτόν κατάλοιπα προηγούμενων διεργασιών (π.χ. μέσα καθαρισμού).

ε) Ο εναλλακτήρας απαερώνεται-εξαερώνεται.

στ) Αποφεύγονται οι ισχυρές μεταβολές της πίεσης, που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την κανονική λειτουργία του.

Από τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** της εγκατάστασης των εναλλακτών με πλάκες είναι:

α) Η ευκολία της αποσυναρμολόγησης για την απομάκρυνση και τον καθαρισμό των επικαθίσεων στις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας.

β) Η υψηλή απόδοσή του σε σχέση με τους άλλους τύπους εναλλακτών, διότι με την ίδια παροχή ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση από συσκευές μικρότερου μεγέθους.

Η αύξηση στην απόδοση και ο μικρός χώρος που καταλαμβάνεται με την εγκατάσταση των εναλλακτών θερμότητας με πλάκες τείνουν να εκτοπίσουν τη χρήση των αυλωτών. Όμως, η τελική επιλογή του τύπου εναλλακτήρα που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τον σκοπό που εξυπηρετεί.

3.5 Μετάδοση θερμότητας στους εναλλακτικές επιφάνειες.

Θεωρητικά, η μετάδοση θερμότητας στους εναλλακτικές επιφάνειες πραγματοποιείται ως σύνθετη διάβαση της θερμότητας, που διέρχεται από αλληλάλληλα στρώματα ή θερμικές αντιστάσεις. Οι αντιστάσεις αυτές δημιουργούνται από το πάχος της πλάκας από την οποία αποτελείται ο εναλλακτήρας ή το τοίχωμα του αυλού και τις μεμβράνες των ρευστών πάνω στις επιφάνειες αυτές. Στην πράξη όμως, και κατά τη λειτουργία του εναλλακτήρα, οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοσή του είναι πολλοί. Έτσι, η βέλτιστη επιλογή, παρά το γεγονός ότι το κόστος είναι συνήθως το κύριο κριτήριο αξιολόγησης, εξαρτάται και από άλλα κριτήρια που επηρεάζουν την απόδοσή του. Τα κριτήρια αυτά περιλαμβάνουν:

α) Το ανώτερο και το κατώτερο όριο πίεσης κατά τη λειτουργία.

β) Τη θερμική απόδοση του εναλλακτήρα.

γ) Τις διακυμάνσεις και τις μεταβολές της θερμοκρασίας των ρευστών.

δ) Το είδος του ρευστού.

ε) Την πώση πίεσης κατά μήκος του εναλλακτήρα.

στ) Τον ρυθμό ροής του ρευστού.

ζ) Τη ρύπανση των επιφανειών.

η) Τις απαιτήσεις συντηρήσεως και καθαρισμών και

θ) τα υλικά που απαιτούνται για την κατασκευή του.

Για όλα αυτά, μαζί με την ιδιαιτερότητα του λειτουργικού περιβάλλοντος του πλοίου, απαιτείται η γνώση των διαφόρων τύπων εναλλακτών, ώστε

το αποτέλεσμα της επιλογής να είναι ο συνδυασμός της αποδόσεως με την αξιοπιστία.

Ο ρυθμός ροής της θερμότητας ενός εναλλακτήρα με αυλούς ή πλάκες απ' το υγρό με υψηλότερη θερμοκρασία σε υγρό με χαμηλότερη, είναι αποτέλεσμα της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των δύο ρευστών, της αγωγιμότητας του υλικού κατασκευής των πλακών που αποτελούν την ψυκτική επιφάνεια του εναλλακτήρα και του πάχους της.

Στην περίπτωση που κανένα απ' τα δύο ρευστά δεν κινείται, η αγωγιμότητά τους, με συντελεστές μεταφοράς της θερμότητας α_1 και α_2 των υγρών πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη, διότι σε στατικές συνθήκες, καθώς το ένα ρευστό χάνει θερμότητα, ενώ το άλλο κερδίζει, η θερμοκρασιακή διαφορά μειώνεται σταδιακά επιβραδύνοντας τον ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι όταν ένα ρευστό κινείται σε επαφή με στερεή επιφάνεια, στο κέντρο ροής το ρευστό έχει μεγαλύτερη ταχύτητα, ενώ όσο πλησιάζουμε στην επιφάνεια μεταφοράς της θερμότητας (αυλός ή πλάκα) σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα ρευστού (οριακό στρώμα μεμβράνης ρευστού) που κινείται με ελάχιστη ταχύτητα ή παραμένει ακίνητο. Έτσι, η θερμοκρασία από το ρευστό T_θ (υψηλή) μειώνεται, καθώς διέρχεται πρώτα μέσω της μεμβράνης του ρευστού σε θερμοκρασία $T_{\theta\mu}$ (υψηλή θερμοκρασία στην επιφάνεια του μετάλλου του θερμού ρευστού) και στη συνέχεια μειώνεται περισσότερο, διερχόμενη μέσα απ' τη στερεά επιφάνεια του αυλού ή της πλάκας από θερμοκρασία $T_{\theta\mu}$ σε $T_{\chi\mu}$ (χαμηλή θερμοκρασία στην επιφάνεια του μετάλλου του ψυχρού ρευστού). Στη συνέχεια, διέρχεται μέσω του οριακού στρώματος της μεμβράνης που σχηματίζεται στην πλευρά του ρευστού χαμηλής θερμοκρασίας και από $T_{\chi\mu}$ γίνεται T_x (χαμηλή), η οποία λαμβάνεται ως θερμοκρασία του ψυχρού ρευστού (σχ. 3.5α).

Ανεξάρτητα απ' το πάχος που έχει το οριακό στρώμα της μεμβράνης από το ακίνητο ρευστό, αυτό αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην αύξηση της αντιστάσεως κατά τη διάβαση της θερμότητας. Η αντίσταση αυτή εκφράζεται από τον λεγόμενο **συντελεστή αγωγιμότητας** του ρευστού. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το πάχος του οριακού στρώματος της μεμβράνης είναι:

α) Ο συντελεστής ιξώδους του ρευστού, με το πάχος της μεμβράνης του ρευστού στην επιφάνεια της πλάκας ή του αυλού να μειώνεται όσο το ρευστό έχει χαμηλότερο ιξώδες και γίνεται πιο λεπτόρρευστο.

β) Η ταχύτητα με την οποία κινείται το ρευστό ώστε όσο αυξάνει, τόσο μικρότερο είναι το πάχος της μεμβράνης.

Έτσι όταν λόγω της αύξησεως της ταχύτητας η ροή μετατραπεί από στρωτή σε στροβιλώδη (τυρβώδης), η μεμβράνη που σχηματίζεται στην επιφάνεια μεταδόσεως της θερμότητας διασπάται.

Λαμβάνοντας υπόψη έναν ρυθμό ροής της θερμότητας $\Delta\dot{Q}$ μέσω του στοιχείου (αυλού ή πλάκας) επιφάνειας ΔA , έχουμε:

$$\Delta\dot{Q} = \alpha_1(T_\theta - T_{\theta\mu}) \cdot \Delta A + \left(\frac{\lambda}{y}\right) \cdot (T_{\theta\mu} - T_{\chi\mu}) \cdot \Delta A + \alpha_2 \cdot (T_{\chi\mu} - T_x) \cdot \Delta A \quad (4)$$

όπου: α_1 ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας στην πλευρά του ρευστού υψηλής θερμοκρασίας, α_2 ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας στην πλευρά του ρευστού υψηλής θερμοκρασίας, λ η θερμική αγωγιμότητα του υλικού του αυλού ή της πλάκας και y το πάχος του τοιχώματος μεταξύ των δύο ρευστών του αυλού ή της πλάκας.

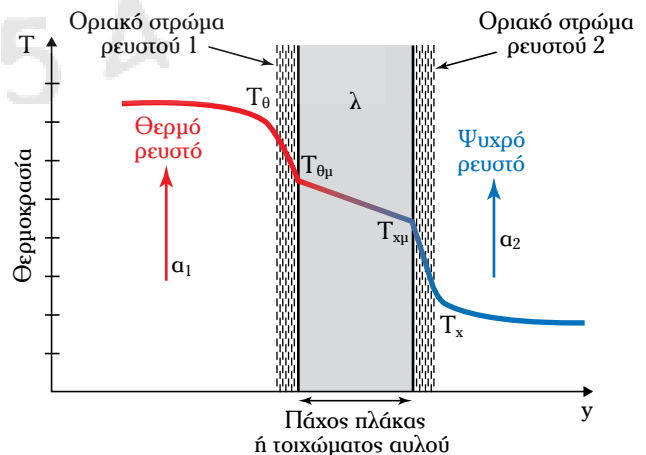
Αν ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι U , η εξίσωση (4) μπορεί να γραφεί ως:

$$U = \frac{\Delta\dot{Q}}{(T_h - T_c) \cdot \Delta A} \quad (5)$$

τότε

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{y}{\lambda} \quad (6)$$

και αποτελεί τη βασική εξίσωση της αποδόσεως του εναλλακτήρα θερμότητας, όταν η επιφάνεια μεταφο-



Σχ. 3.5α

Διάβαση της θερμότητας της μεμβράνης και του μετάλλου, που αποτελεί την πλάκα ή τον αυλό.

ράς θερμότητας είναι καθαρή. Οι τιμές των a_1 και a_2 καθορίζονται αντίστοιχα από τα ρευστά και τις συνθήκες ροής στις δύο πλευρές της επιφάνειας.

Επί πλέον όροι μπορούν να προστεθούν στη δεξιά πλευρά της εξίσωσης, αντιπροσωπεύοντας την αντίσταση στη ροή της θερμότητας απ' την εναπόθεση αλάτων ή ακαθαρσιών, που συσσωρεύονται και στις δύο πλευρές της επιφάνειας, αυξάνοντας την αντίσταση στη διάβαση της θερμότητας (σχ. 3.5β).

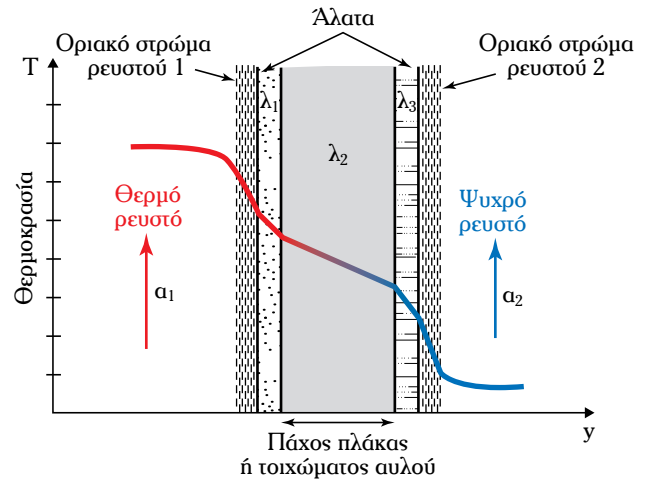
Ο υπολογισμός της ψυκτικής επιφάνειας ή της επιφάνειας μεταδόσεως της θερμότητας και ο έλεγχος αυτής, προκύπτουν από τον υπολογισμό με βάση εμπειρικά δεδομένα των κατασκευαστών. Οι τιμές που προκύπτουν, περιέχουν και το απαραίτητο περιθώριο ασφάλειας λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες, όπως η ρύπανση των επιφανειών εναλλαγής θερμότητας του ψυγείου ή οι απώλειες λόγω της φθοράς με την πάροδο λειτουργίας του, π.χ. οι φραγμένοι αυλοί κ.ά.. Έτσι, σ' έναν καινούργιο εναλλακτήρα ή μετά από τον καθαρισμό, πιθανόν να απαιτείται κάθε φορά ρύθμιση της ταχύτητας κυκλοφορίας, αποτρέποντας ανεπιθύμητες απώλειες θερμότητας λόγω **υπερεπάρκειας της ψυκτικής επιφάνειας**¹.

3.6 Ψυγεία.

Η θερμότητα που παράγεται με τη λειτουργία των μηχανημάτων πρέπει να απομακρυνθεί απ' αυτά, ώστε να επιτευχθεί η αποδοτική λειτουργία τους. Η απαιτούμενη ψύξη τους πραγματοποιείται κυρίως με την κυκλοφορία νερού, λαδιού ή αέρα από αυτή.

Στα πλοία, η άφθονη παροχή θαλασσινού νερού μπορεί να επιτύχει την ψύξη των μηχανημάτων. Όμως, η άμεση χρήση του στην ψύξη ενός μηχανήματος θα προκαλούσε επικαθίσεις και διάβρωση των επιφανειών λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε άλατα. Επίσης, η ρύπανση των παρακτιών περιοχών από βιομηχανικά και άλλα απόβλητα προκαλούν επιπρόσθετα προβλήματα στη χρήση του θαλασσινού νερού ως άμεσο ψυκτικό μέσο. Γι' αυτούς τους λόγους η χρήση του προορίζεται ως έμμεσο ψυκτικό μέσο.

Η απαγωγή της θερμότητας απ' τα μηχανήματα, η οποία μεταφέρεται από κάποιο ρευστό (νερό, λάδι ή αέρας), πραγματοποιείται με συσκευές που ονομάζονται **ψυγεία** ή ακριβέστερα **ψυκτήρες** (coolers) όταν το ρευστό που ψύχεται είναι υγρό.



Σχ. 3.5β

Επίδραση των αλάτων στη διάβαση της θερμότητας.

Με τον όρο **ψυγεία** εννοούμε τους εναλλακτήρες θερμότητας, όπου επιτυγχάνεται ο υποβιβασμός της θερμοκρασίας ή η ψύξη ενός ρευστού από ένα άλλο. Το ρευστό που χρησιμοποιείται για να μειωθεί η θερμοκρασία ονομάζεται **ψυκτικό μέσο** και στην προκειμένη περίπτωση για τα ψυγεία ενός πλοίου είναι το θαλασσινό νερό.

Σε πλοία με κλειστό κύκλωμα ψύξεως, όπου κυκλοφορεί γλυκό νερό, η ψύξη του επιτυγχάνεται με την παροχή θαλασσινού νερού σε **κεντρικό ψυγείο** (central cooler) της εγκαταστάσεως.

Όταν το ρευστό που ψύχεται είναι ατμός, με την ψύξη του πραγματοποιείται μερική ή ολική συμπύκνωσή του και συνεπώς αντίστοιχα μετάβασή του σε υγρή κατάσταση. Αυτή η διεργασία συμβαίνει στα ψυγεία των ατμομηχανών και των στροβίλων, στα ψυγεία επιστροφών του δικτύου ατμού, στα ψυγεία των επιστροφών των αντλιών με τουρμπίνα (Cargo Oil Pump Turbine-COPT) και στα ψυγεία των ψυκτικών μηχανών, οπότε ονομάζονται **ψυγεία συμπεκνώσεως** ή **συμπυκνωτές** (condensers).

3.6.1 Ψυγεία συμπεκνώσεως ή συμπυκνωτές.

Τα ψυγεία που χρησιμοποιούνται στα πλοία με πρόωση από ατμοστροβίλους αλλά και στα Δ/Ξ με αντλίες φορτίου που κινούνται από ατμοστροβίλο, ονομάζονται **συμπυκνωτές** (condensers). Οι συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται για συμπύκνωση των ατμών από την εξάτμιση του ατμοστροβίλου και την επιστροφή τους στο λέβητα.

¹ Υπερεπάρκεια της ψυκτικής επιφάνειας παρουσιάζεται όταν λόγω καθαρών επιφανειών μετά τη συντήρηση πρέπει να ελαττωθεί η ροή του ψυκτικού μέσου στο ψυγείο, ώστε να μειωθεί ο ρυθμός απαγωγής της θερμότητας.

1) Κύριο ψυγείο ατμοστροβιλοκινήτων πλοίων.

Όσο εκτονώνεται ο ατμός μέσω ενός στροβίλου τόσο αυξάνεται και η απόδοσή του, εφόσον αποσπά τη μέγιστη ποσότητα απ' το διαθέσιμο έργο της χρήσιμης ενέργειας του ατμού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία κενού και τη διατήρησή του στην εξαγωγή του στροβίλου σε χαμηλό επίπεδο.

Το **ψυγείο του ατμού ή συμπυκνωτής** (steam condenser) είναι ένα κύριο στοιχείο στον κύκλο του ατμού των δικτύων προώσεως με ατμομηχανή ή στρόβιλο. Σε αυτό, από τον ατμό των επιστροφών αφαιρείται η λανθάνουσα θερμότητα μετατρέποντας την κατάσταση του ατμού σε υγρό συμπύκνωμα με ψύξη υπό σταθερή πίεση και σταθερή θερμοκρασία. Σκοπός της διεργασίας είναι η δημιουργία και η διατήρηση του απαραίτητου κενού καθώς και η απόρριψη θερμότητας¹ για την αποδοτική λειτουργία της ατμομηχανής ή του στροβίλου.

Από τη μελέτη της λειτουργίας των ατμομηχανών είναι γνωστό ότι όσο μεγαλύτερο είναι το κενό (πίεση κάτω από την ατμοσφαιρική) στην εξαγωγή τους, τόσο μεγαλύτερος είναι ο θερμοδυναμικός βαθμός αποδόσεώς τους και τόσο μεγαλύτερη η ισχύς που αποδίδουν, μειώνοντας την ειδική κατανάλωση σε ατμό και καύσιμο. Επίσης, η διατήρηση του υψηλού κενού στο ψυγείο συμπυκνώματος στροβίλων έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς το μέγεθος του βαθμού εκτονώσεως του ατμού μέσα σ' αυτούς.

Το κενό μέσα στο ψυγείο δημιουργείται με τη συμπύκνωση των επιστροφών του ατμού και με την αφαίρεση των υδρατμών, που δεν έχουν συμπυκνωθεί, καθώς και του ατμοσφαιρικού αέρα. Το κενό εκφράζει τη διαφορά της απόλυτης πιέσεως ως τη μία ατμόσφαιρα. Έτσι όσο η απόλυτη πίεση στο εσωτερικού του ψυγείου είναι μικρότερη, τόσο υψηλότερο θα είναι το κενό, φθάνοντας την τιμή του απόλυτου κενού όταν αυτή η διαφορά μηδενιστεί.

Το κενό του ψυγείου μετράται σε χιλιοστά ή εκατοστά ή ίντσες στήλης υδραργύρου με την τιμή 759,968 mmHg, που αντιπροσωπεύει το τέλειο ή απόλυτο κενό. Συνήθως ακολουθείται η ακέραια τιμή 760 mmHg, που ισούται με 76 cmHg ή 30 inHg ή σε ποσοστό κενού 100%.

Μέσα στο ψυγείο επικρατούν ενδιάμεσες τιμές, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας, απ' το μηδέν μέχρι το απόλυτο κενό. Σε κάθε τιμή του κενού αντιστοιχεί και μία απόλυτη πίεση των ατμών, ενώ σε κάθε τιμή απόλυτης πιέσεως αντιστοιχεί και μία θερμοκρασία που βρίσκεται από τους ειδικούς πίνακες ατμού της Θερμοδυναμικής.

Στις παλινδρομικές μηχανές ατμού το κενό φθάνει μέχρι και 686 mmHg ή 90% με αντίστοιχη θερμοκρασία ατμών τους 46°C, ενώ στους στροβίλους φθάνει ως και την τιμή των 752 mmHg ή 99% με αντίστοιχη θερμοκρασία 11,5°C.

Το κενό στον συμπυκνωτή θα πρέπει να διατηρείται, όσο πρακτικά είναι δυνατόν, κοντά στην τιμή των 736 mmHg, ώστε να επιτρέπεται η μέγιστη εκτόνωση του ατμού, με σκοπό τη μέγιστη παραγωγή έργου απ' τον στρόβιλο. Αν ένας συμπυκνωτής είναι αεροστεγώς μονωμένος, η ακαριαία μείωση στον όγκο του ατμού που εισέρχεται με τη συμπύκνωσή του και η απομάκρυνση του συμπυκνώματος με τον ρυθμό σχηματισμού του, θα ήταν αρκετή στη δημιουργία και τη διατήρηση του κενού.

Όμως, πρακτικά είναι αδύνατον να αποτραπεί η εισαγωγή του αέρα και η εξάλειψη των αερίων που δεν συμπυκνώνονται γι' αυτόν τον λόγο απαιτούνται κάποια βοηθητικά μηχανήματα και συσκευές, που αρχικά θα δημιουργήσουν και στη συνέχεια θα διατηρήσουν το κενό. Αυτά είναι:

- α) Οι εκχυτήρες κενού για την απομάκρυνση του αέρα, που δημιουργούν το κενό.
- β) Η αντλία συμπυκνώματος, της οποίας η αναρρόφηση είναι στο χαμηλότερο σημείο του συμπυκνωτή και
- γ) η αντλία κυκλοφορίας που παρέχει το θαλασσινό νερό ψύξεως.

Οι εκχυτήρες κενού (βλ. κεφ. 5, σελ. 64) αναρροφούν τον αέρα με τους μη συμπυκνωμένους ατμούς μέσω κατάλληλης διατάξεως που εφαρμόζεται στο κέλυφος του συμπυκνωτή. Ο ατμός που διέρχεται απ' το ακροφύσιο του εκχυτήρα παρέχεται από το δίκτυο ατμού, ενώ η κατάθλιψη του οδηγείται στο ψυγείο των εκχυτήρων. Το κενό είναι δυνατόν να επιτευχθεί με έναν εκχυτήρα και ένας δεύτερος ενδέχεται να συνδέεται παράλληλα στο δίκτυο ως εφεδρικός. Για δίκτυα με εκχυτήρες συνδεδεμένους σε σειρά, η δημιουργία του κενού γίνεται σε δύο στάδια.

¹ Στο ψυγείο έχομε απόρριψη θερμότητας. Η συσκευή είναι απαραίτητη. Εδώ επιβεβαιώνεται η ισχύς του 2ου Θερμοδυναμικού Νόμου, που ορίζει ότι η θερμότητα ρέει πάντα από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα και ποτέ αντίθετα.

Η αναρρόφηση του εκχυτήρα του πρώτου σταδίου γίνεται από τον συμπυκνωτή, ενώ η αναρρόφηση του εκχυτήρα του δεύτερου σταδίου συνδέεται στη **χοάνη καταθλίψεως** (diffuser) του πρώτου εκχυτήρα. Η κατάθλιψη του δεύτερου σταδίου οδηγείται στο ψυγείο συμπυκνώματος των εκχυτήρων, όπου ο ατμός συμπυκνώνεται με την κυκλοφορία νερού απ' το συμπύκνωμα του κύριου ψυγείου.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η υγραποίηση των μη συμπυκνωμένων ατμών από το ψυγείο, αλλά και η προθέρμανση του τροφοδοκικού νερού πριν επιστρέψει στο δίκτυο του λέβητα. Σε περιπτώσεις που μαζί με τον αέρα πρέπει να αφαιρεθούν και μεγάλες ποσότητες μη συμπυκνωμένων ατμών προκαλείται η υπερφόρτισή τους. Για την πρόληψή της χρησιμοποιείται κατάλληλη διάταξη από διάφραγμα μέσα στο ψυγείο, που συμβάλλει στον αποχωρισμό του αέρα και στη συγκέντρωσή του σε σημεία υψηλότερα απ' τη στάθμη του συμπυκνώματος, ώστε η απαγωγή του να γίνεται ευκολότερα. Τα σημεία αυτά ονομάζονται **τμήματα ψύξεως** του αέρα, όπου φθάνει ο εισερχόμενος ατμός, αφού πρώτα έρθει σε επαφή με μεγάλο αριθμό αυλών και έχει υποστεί επαρκή συμπύκνωση. Ο αέρας που είναι αναμεμιγμένος ψύχεται επαρκώς, ώστε αποκτώντας μικρότερο όγκο να απομακρύνεται ευκολότερα.

2) Περιγραφή συμπυκνωτών.

Ένας συμπυκνωτής (σχ. 3.6α) αποτελείται απ' το κυλινδρικό κέλυφος, που συνήθως κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο, και τις αυλοφόρες πλάκες ή καθρέπτες από ορείχαλκο (70% Cu, 29% Zn, 1% Sn) ή από **μέταλλο muntz**¹, που εφαρμόζονται στις δύο πλευρές του κυλίνδρου. Όμοιας κατασκευής είναι και τα ενδιάμεσα διαφράγματα στηρίξεως των αυλών. Οι αυλοφόρες πλάκες είναι διάτρητες και στις τρύπες που σχηματίζονται εφαρμόζονται οι αυλοί.

Οι αυλοί κατασκευάζονται από κράμα χαλκού και νικέλιο (70% Cu, 30% Ni) ή ορείχαλκο (75% Cu και 25% Zn) ή ορείχαλκο αλουμινίου (76% Cu, 22% Zn, 2% Al), με εξωτερική διάμετρο από 16–20 mm. Είναι **τραβηχτοί**² χωρίς ραφή, ώστε να επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής τους.

Η τοποθέτηση των αυλών στις αυλοφόρες πλάκες πραγματοποιείται σε ρομβοειδή διάταξη και τα άκρα τους προσαρμόζονται πάνω σε αυτές:

α) Με την εκτόνωσή τους μέσα στις τρύπες της πλάκας και στα δύο άκρα από κατάλληλο εργαλείο εκτονώσεως.

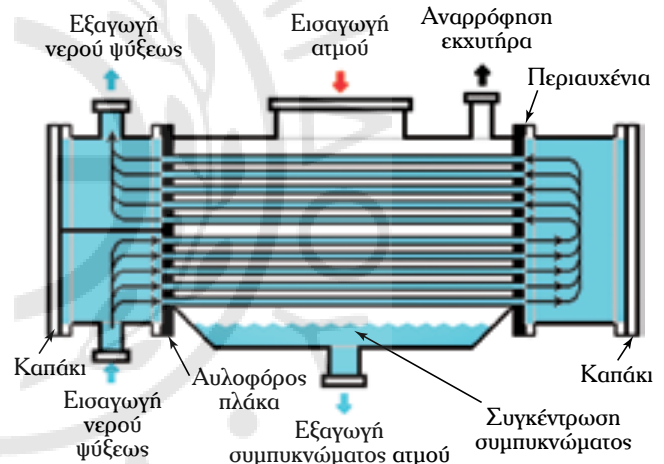
β) Με την εκτόνωση του ενός άκρου του αυλού, ενώ το άλλο στεγανοποιείται με στυπιοθλίπτη.

γ) Με στυπιοθλίπτη και στα δύο άκρα.

Όταν χρησιμοποιούνται στυπιοθλίπτες, οι τρύπες που ανοίγονται στις αυλοφόρες πλάκες είναι κατάλληλα διαμορφωμένες, ώστε να δημιουργούνται εσοχές (στυπιοθάλαμοι), όπου τοποθετούνται τα **παρεμβύσματα** (racking) από συνθετικά υλικά και μέταλλο, τα οποία συμπιέζονται από στυπιοθλίπτες με σπείρωμα (σχ. 3.6β).

Με τη σύνδεση των αυλών με παρεμβύσματα, εκτός απ' την επιθυμητή στεγανοποίηση, επιτυγχάνεται η απόσβεση της διαστολής των υλικών, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας.

Η πτώση ή η κάμψη των αυλών λόγω του μήκους και της ήπιας σκληρότητας του υλικού κατασκευής τους, προλαμβάνεται με την προσθήκη ελασμάτων



Σχ. 3.6α

Συμπυκνωτής διπλής ροής.



Σχ. 3.6β

Σύνδεση αυλού με παρεμβύσματα.

¹ Muntz μέταλλο είναι κράμα ορειχάλκου που περιέχει 60% χαλκό, 40% ψευδάργυρο και ίχνη σιδήρου.

² Τραβηχτοί αυλοί είναι οι αυλοί που κατασκευάζονται με εφελκυσμό (τράβηγμα), ώστε να μην υπάρχει ένωση που αποδυναμώνει την αντοχή τους στη διάβρωση και σε συνθήκες λειτουργίας υπό πίεση.

στηρίξεως. Μία πλάκα στην είσοδο του ατμού λειτουργεί ως διάφραγμα, αποτρέποντας την πρόκληση φθοράς απ' την άμεση επαφή του ατμού με τους πρώτους αυλούς του συμπυκνωτή.

Στις ανοικτές πλευρές του κυλινδρικού κελύφους, όπου εφαρμόζονται οι αυλοφόρες πλάκες, συνδέονται τα πώματα ή τα καπάκια του συμπυκνωτή, κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο, χάλυβα ή ορείχαλκο. Στα πώματα υπάρχουν λαιμοί, με τους οποίους συνδέονται οι σωλήνες εισαγωγής και εξαγωγής της **θάλασσας ψύξεως**, ενώ φέρουν νευρώσεις (ευθύγραμμα τμήματα μετάλλου για ενίσχυση) όπως νευρώσεις υπάρχουν και στο κέλυφος του συμπυκνωτή.

Εκτός των λαιμών συνδέσεως, στα πώματα υπάρχουν θυρίδες επιθεωρήσεως και καθαρισμού των αυλών, θυρίδες στο επάνω μέρος του κελύφους για επιθεώρηση του θαλάμου ατμού, ο κρουνός συγκοινωνίας του κελύφους με την τροφοδοτική δεξαμενή, καθώς και λαιμοί προσαρμογής των οργάνων ελέγχου της λειτουργίας του συμπυκνωτή.

Το σύστημα του συμπυκνωτή συμπληρώνεται από:

- α) Τη βαλβίδα εισαγωγής του ατμού.
- β) Το επιστόμιο εισαγωγής χημικών.
- γ) Το επιστόμιο εκκενώσεως.
- δ) Τον υδροδείκτη της στάθμης συμπυκνώματος.
- ε) Το κενόμετρο.

στ) Τους εξαεριστικούς κρουούς στο κέλυφος και στο πάνω μέρος του πώματος του συμπυκνωτή, στην πλευρά της εξαγωγής του νερού ψύξεως.

Ο συμπυκνωτής αποτελεί απαραίτητο στοιχείο στο δίκτυο ατμού, διότι συμβάλλει:

α) Στην οικονομική λειτουργία της εγκαταστάσεως, δημιουργώντας ένα κλειστό κύκλωμα όπου κυκλοφορεί το τροφοδοτικό νερό του λέβητα και στο οποίο μπορεί να συγκεντρώνονται υγροποιημένοι ατμοί από άλλα δίκτυα, όπως του ατμού στεγανότητας των στυπιοθλιπτών κ.λπ.. Με αυτόν τον τρόπο δεν απαιτείται η συνεχής πλήρωση του δικτύου με φρέσκο νερό, εφόσον το συμπύκνωμα επιστρέφει στη δεξαμενή του τροφοδοτικού νερού. Ένας τρόπος πληρώσεως με τροφοδοτικό νερό του δικτύου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω του ψυγείου με κρουνό (επιστόμιο) συγκοινωνίας, που ονομάζεται και **μικτός**. Ανοίγοντας το επιστόμιο, λόγω του κενού που επικρατεί στο εσωτερικό του συμπυκνωτή, αναρροφάται το νερό απ' τη δεξαμενή του τροφοδοτικού νερού μέχρι η στάθμη του νερού μέσα στο κέλυφος να φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο.

β) Στη μείωση του κόστους λειτουργίας της εγκαταστάσεως, περιορίζοντας την κατανάλωση του καυσίμου που απαιτείται για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού του λέβητα, διατηρώντας μέρος της θερμότητας μέσα στην εγκατάσταση.

γ) Στην απαλλαγή του τροφοδοτικού νερού από μεγάλη ποσότητα οξυγόνου, που βρίσκεται διαλυμένο σ' αυτό. Η παραμονή του στο δίκτυο θα είχε καταστροφικές συνέπειες στους λέβητες.

δ) Στην αύξηση της αποδόσεως του κύκλου λειτουργίας, μεγιστοποιώντας τις τιμές που λαμβάνουν οι διαφορές θερμοκρασίας ΔT και πίεσεως ΔP μεταξύ της πηγής ενέργειας, που είναι ο λέβητας και του σημείου ψύξεως, που είναι ο συμπυκνωτής.

3) Κατάταξη ψυγείων συμπυκνώσεως.

Τα ψυγεία συμπυκνώσεως, όπως και οι εναλλακτικές επιφάνειες, ανάλογα με τη ροή διακρίνονται σε:

α) **Απλής ροής**, όταν το νερό ψύξεως εισέρχεται απ' τη μία πλευρά του συμπυκνωτή και εξέρχεται από την άλλη διανύοντας μόνο μία διαδρομή μέσα σ' αυτόν.

β) **Διπλής ροής** ή **αναστρεφόμενης**, όταν ο συλλέκτης χωρίζεται σε δύο μισά με τη βοήθεια διαχωριστικής πλάκας ή διαφράγματος. Το νερό εισέρχεται στον συλλέκτη του συμπυκνωτή στην κάτω πλευρά διαρρέοντας τους μισούς αυλούς, που βρίσκονται στο κάτω μέρος προς τη μία κατεύθυνση, όπως χωρίζονται απ' το διάφραγμα. Στη συνέχεια, η πορεία αντιστρέφεται στο πίσω τμήμα του συλλέκτη (καπάκι) διαρρέοντας τους αυλούς της πάνω πλευράς με αντίθετη κατεύθυνση.

Επίσης, ανάλογα με τη διαμόρφωσή τους διακρίνονται:

α) Σε **κυλινδρικά** και **ελλειπτικά**, με τρόπο λειτουργίας ανάλογο με τον προαναφερόμενο.

β) Σε **αποειδή** ή **καρδιοειδή** [σχ. 3.6γ(α)]. Κατασκευάζονται με αυτήν τη μορφή, διότι κατά τη συμπύκνωση ελαττώνεται ο όγκος του ατμού. Αντίστοιχα ελαττώνεται και τη διατομή διελεύσεως, ώστε να διατηρείται σταθερή η ταχύτητα ροής του ατμού που διαρρέει το ψυγείο.

γ) Σε **αντιστρεφόμενης ροής ατμού** (contra flow), διότι με την ύπαρξη διαφραγμάτων ελέγχεται η πορεία του ατμού [σχ. 3.6γ(β)].

δ) Σε **ψυγεία αναθερμάνσεως** (regenerative condensers), όταν με κατάλληλα διαφράγματα επανακυκλοφορίας μίας ποσότητας ατμού μέσα στο

συμπύκνωμα διατηρούν τη θερμοκρασία του συμπυκνώματος σε επίπεδα που δεν επηρεάζουν την απόδοση της εγκατάστασης [σχ. 3.6γ(γ)].

4) Παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία ενός ψυγείου συμπυκνώματος.

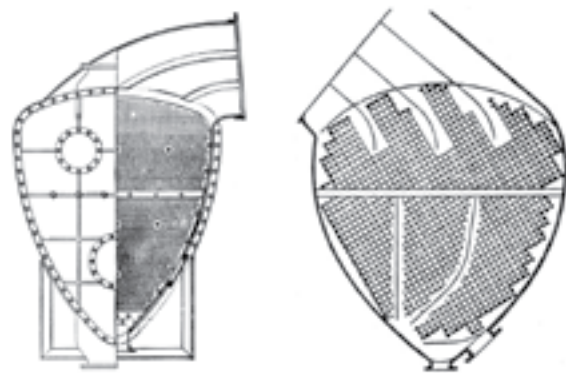
Η απόδοση της λειτουργίας ενός ψυγείου συμπυκνώματος επηρεάζεται από:

α) Τον **ρυθμό συμπυκνώσεως** και τη **διαφορά θερμοκρασίας**, διότι μέσα στο ψυγείο οι εξατμίσεις τείνουν να συμπυκνωθούν σε πίεση, τόσο όσο αντιστοιχεί από τους πίνακες ατμού στη θερμοκρασία της επιφάνειας των αυλών. Κατά τη φάση της συμπυκνώσεως, η ροή της λανθάνουσας θερμότητας πρέπει να πραγματοποιείται από τον ατμό προς την εξωτερική επιφάνεια των αυλών και στη συνέχεια μέσω του υλικού της επιφάνειας μεταδόσεως θερμότητας προς το ψυκτικό μέσο, που είναι το θαλασσινό νερό.

β) Την **παρουσία ατμοσφαιρικού αέρα**, που δημιουργεί πρόσθετη αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας. Ο αέρας προσκολλάται στις επιφάνειες των αυλών, απομονώνοντάς τους κατά κάποιον τρόπο απ' τον ατμό, με αποτέλεσμα την πλημμελή συμπύκνωση, καθώς και τη μείωση του κενού στο ψυγείο. Ο αέρας μπορεί να εισέλθει στο ψυγείο διαλυμένος με το τροφοδοτικό νερό ή από τα σημεία στεγανοποίησης των μηχανημάτων λόγω κακής στεγανότητας των στυπαιοθλιπτικών στροβίλων χαμηλής πίεσης (Χ.Π.) και υψηλής πίεσης (Υ.Π.), των ενώσεων στεγανότητάς τους κ.ά.. Ο αέρας απομακρύνεται από εκχυτήρες αέρα, ενώ ταυτόχρονα παρασύρει τις εξατμίσεις ατμού, που δεν έχουν συμπυκνωθεί.

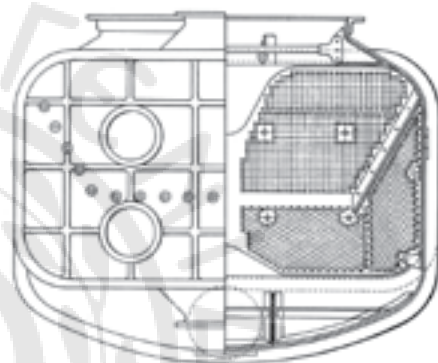
γ) Τη **ροή του ατμού**, η οποία ακολουθεί διαδρομή απ' την εισαγωγή των εξατμίσεων μέσα στο ψυγείο προς τα τμήματα ψύξεως ατμού που υπάρχουν σ' αυτό και επικρατεί η μικρότερη πίεση. Κατά τη διαδρομή ο ατμός συμπυκνώνεται, με αποτέλεσμα η απαιτούμενη διατομή διελεύσεως να ελαττώνεται οδηγώντας ορισμένους κατασκευαστές στη διαμόρφωση ψυγείων με αποειδιδή ή καρδιοειδή μορφή. Για την ομοιόμορφη κατανομή της ροής του ατμού σε μεγαλύτερο αριθμό αυλών και σε όλο το μήκος τους, δημιουργήθηκαν διαμήκεις αγωγοί μεταξύ των αυλών επιτυγχάνοντας την κατά μήκος διανομή του ατμού.

Η κυριότερη ένδειξη ικανοποιητικής ανταποκρίσεως του ψυγείου στις απαιτήσεις της εγκατάστασής του προώσεως με ατμό είναι η τιμή του κενού, που μεγιστοποιεί την απόδοση της εγκατάστασης. Η



(α)
Αποειδιής συμπυκνωτής

(β)
Αντιστροφόμενης ροής



(γ)
Αναθερμάνσεως

Σχ. 3.6γ

Διάκριση εναλλακτικών με βάση την διαμόρφωση της ροής.

μέτρησή της γίνεται με ειδικό βαθμονομημένο όργανο μόνιμα εγκατεστημένο, το **κενόμετρο**.

Οι κυριότερες αιτίες χαμηλού κενού ή «πτώσεως» του είναι:

α) Η είσοδος αέρα στα μηχανήματα και στις συσκευές που βρίσκονται υπό κενό.

β) Η ανεπαρκής λειτουργία των εκχυτήρων απαγωγής του αέρα.

γ) Η ανεπαρκής απομάκρυνση του συμπυκνώματος από το ψυγείο.

δ) Η υψηλή θερμοκρασία του νερού κυκλοφορίας.

ε) Η ανεπάρκεια ροής του θαλασσινού νερού κυκλοφορίας που μπορεί να οφείλεται σε μικρή ταχύτητα της αντλίας ή μερική έμφραξη των αυλών.

στ) Η υπερφόρτιση και η υπερθέρμανση του ψυγείου.

ζ) Το ακάθαρτο ψυγείο στο εσωτερικό των αυ-

λών λόγω επικαθίσεως αλάτων ή στο εξωτερικό τους στην πλευρά του ατμού.

η) Το ακάθαρτο¹ ψυγείο στο εξωτερικό των αυλών, δηλαδή στην πλευρά του ατμού, λόγω επικαθίσεων λαδιού που προέρχονται είτε από την εσωτερική λίπανση των μηχανημάτων, είτε από διαρροή των προθερμαντήρων ελαίου, όπου αυτοί χρησιμοποιούνται.

θ) Τη διάβρωση των επιφανειών εναλλαγής θερμότητας του ψυγείου.

5) Λειτουργία της εγκαταστάσεως.

Η προετοιμασία λειτουργίας της εγκαταστάσεως πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε το ψυγείο να εκκινήσει σωστά. Ατελείς χειρισμοί ή βιαστικές ενέργειες μπορεί να προκαλέσουν παραμόρφωση των αυλών, ενώ απότομες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία της συσκευής μπορεί να οδηγήσουν στην απώλεια της στεγανότητας των αυλών ή σε ρήγμα στο κέλυφος.

Σε περίπτωση εισόδου μεγάλης ποσότητας αέρα στο ψυγείο θα ελαττωθεί σοβαρά το κενό, προκαλώντας πτώση της αποδόσεως στη λειτουργία της εγκαταστάσεως και θα πρέπει να ληφθούν άμεσα τα κατάλληλα μέτρα για την αποκατάστασή του (π.χ. ανίχνευση της αιτίας εισόδου αέρα και αποκατάσταση της βλάβης).

Αν παρουσιαστεί απώλεια του κενού με ταυτόχρονη υπερθέρμανση του ψυγείου ή άνοδος της στάθμης του συμπυκνώματος, πρέπει να διακόπεται η λειτουργία των μονάδων που εξατμίζουν σε αυτό ή να ελαττωθεί η ταχύτητά τους έως ότου αποκατασταθεί η ανωμαλία. Η ασφαλιστική βαλβίδα που υπάρχει στον συλλέκτη εισαγωγής του νερού πρέπει να είναι ρυθμισμένη στα 15 psi. Επίσης, είναι αναγκαίο να πραγματοποιείται έλεγχος του νερού συμπυκνώματος με χημική ανάλυσή του, για την ανίχνευση διαρροών που μολύνουν το τροφοδοτικό νερό, προλαμβάνοντας ανωμαλίες στη λειτουργία του συστήματος.

Το ηλεκτρικό **αλατόμετρο** (salinity meter) πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση λειτουργίας,

ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις λειτουργίας του συστήματος.

Όπως η εκκίνηση, έτσι και η κράτηση της εγκαταστάσεως θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε κατά την απομόνωση του ψυγείου να αποφεύγονται οι απότομες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία και η πτώση της να γίνεται σταδιακά και ομαλά.

6) Συντήρηση.

Η συντήρηση του ψυγείου συμπυκνώματος ως σκοπό έχει την προστασία των επιφανειών από τη διάβρωση, ενώ ο καθαρισμός του ελαχιστοποιεί την αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας εξασφαλίζοντας την αποδοτική λειτουργία του.

Για την προστασία απ' τη διάβρωση λόγω της ηλεκτρολύσεως χρησιμοποιούνται προστατευτικές πλάκες ψευδαργύρου ή μαλακού χάλυβα. Η **μηχανική διάβρωση** (erosion), που προσβάλλει τις αυλοφόρες πλάκες και τους αυλούς εσωτερικά, προλαμβάνεται ρυθμίζοντας την ταχύτητα ροής του νερού ψύξεως, ενώ εξωτερικά των αυλών η πρόληψη της διαβρώσεως επιτυγχάνεται διατηρώντας σε καλή κατάσταση το διάφραγμα στην εισαγωγή του ατμού.

Οι επιφάνειες μεταδόσεως της θερμότητας πρέπει να διατηρούνται καθαρές, απομακρύνοντας τις επικαθίσεις αλάτων εσωτερικά των αυλών με χημικό καθαρισμό ή με ειδικές βούρτσες.

Ο καθαρισμός των εξωτερικών επιφανειών των αυλών από ελαιώδεις επικαθίσεις γίνεται με τον βρασμό του ψυγείου, δηλαδή την ελεγχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας.

Τα ψυγεία συμπυκνώματος, που πρόκειται να μείνουν για κάποιο χρονικό διάστημα εκτός λειτουργίας, προκειμένου να διατηρήσουν τη στεγανότητά τους και να παραμείνουν καθαρά, πρέπει να είναι είτε εντελώς γεμάτα με νερό στην πλευρά της θάλασσας είτε τελείως κενά. Αυτό εξαρτάται από τη μέθοδο στεγανοποιήσεως στα άκρα των αυλών. Όταν οι αυλοί είναι εκτονωμένοι και στα δύο άκρα ή εκτονωμένοι στο ένα άκρο εισόδου και με στυπιοθλίπτη με μεταλλικό ή συνθετικό παρέμβυσμα στην έξοδο

¹ Σε όλους τους εναλλακτικές θερμότητας μετά από μια περίοδο λειτουργίας παρουσιάζεται το φαινόμενο της ρυπάνσεως ή της διαβρώσεως των επιφανειών εναλλαγής θερμότητας. Και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζεται μια πρόσθετη αντίσταση στη ροή της θερμότητας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αποδόσεως του εναλλακτήρα.

Η πρόσθετη αυτή αντίσταση λαμβάνεται υπόψη με τον συντελεστή ρυπάνσεως R_f , ο οποίος συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας U . Ο συντελεστής R_f προσδιορίζεται πειραματικά από τις τιμές του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (U) για καθαρές και ρυπασμένες επιφάνειες του εναλλακτήρα και ορίζεται ως: $R_f = \frac{1}{U_p} - \frac{1}{U_k}$ όπου: οι δείκτες p και k αναφέρονται σε ρυπασμένο και καθαρό εναλλακτήρα αντίστοιχα.

ή με στυπαιοθλίπτη με συνθετικό παρέμβυσμα στην είσοδο και στυπαιοθλίπτη με μεταλλικό παρέμβυσμα στην έξοδο, διατηρούνται κατά την περίοδο ακινησίας τους τελείως κενοί και στεγνοί. Μία εβδομάδα περίπου πριν τεθούν ξανά σε λειτουργία πρέπει να γεμίζονται με νερό και να διατηρούνται έτσι έως την ημέρα εκκινήσεως.

Η συντήρηση, αντίθετα, των ψυγείων συμπυκνώματος, στα οποία οι αυλοί στεγανοποιούνται με ινώδη παρεμβύσματα, όταν βρίσκονται εκτός λειτουργίας, πραγματοποιείται διατηρώντας τα γεμάτα με νερό, ώστε να αποτρέπεται η ξήρανση των υλικών στεγανοποιήσεως, που αποτελεί την αιτία διαρροής όταν θα τεθούν ξανά σε λειτουργία.

7) Βλάβες – Επισκευές.

Οι πιθανές βλάβες που παρατηρούνται στα ψυγεία συμπυκνώματος οφείλονται στη διάβρωση και στην απώλεια στεγανότητας [σχ. 3.6δ(α)]. Η πρόληψη, όπως έχει αναφερθεί, πραγματοποιείται με τοποθέτηση πλακών ψευδαργύρου, με έλεγχο της ροής των ρευστών και με ομαλές μεταβολές στις θερμοκρασίες λειτουργίας. Οι αναπόφευκτες όμως φθορές σε αυλοφόρες πλάκες και αυλούς αντιμετωπίζονται ως εξής:

α) Σε περίπτωση πορώδους αυλοφόρου πλάκας (μικρές οπές φθοράς στην επιφάνεια του μετάλλου) οι πόροι αποκαθίστανται με διάνοιξη (καλαφάσιμα) ή με κασιτεροκόλληση ή με την επάλειψη εποξικών ρητινών αναμείξεως, π.χ. bronze steel, Belzona, κ.λπ. εφόσον έχει προηγηθεί ο απαραίτητος καθαρισμός και η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας.

β) Η αποκατάσταση ρωγμής σε αυλοφόρο πλάκα επιτυγχάνεται με διάνοιξη οπών, όπου δημιουργείται σπείρωμα και στη συνέχεια τοποθετείται βίδα. Οι βίδες που τοποθετούνται στην αρχή και στο τέλος της ρωγμής πρέπει να την υπερκαλύπτουν.

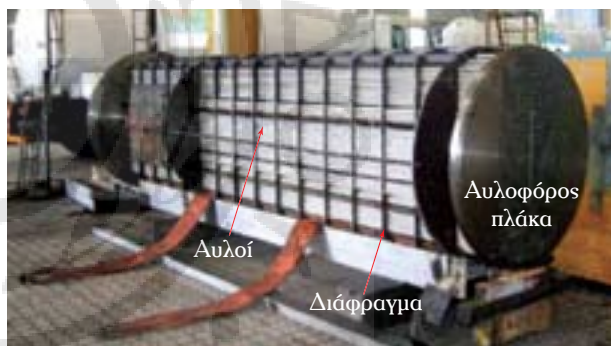
γ) Η κακή στεγανοποίηση των αυλών αντιμετωπίζεται με αντικατάσταση των στοιχείων στεγανότητας ή με την εκ νέου εκτόνωση των αυλών, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται.

δ) Σε περίπτωση διαρροής, λόγω διατρήσεως ενός αυλού, τοποθετούνται πώματα (τάπες) από μέταλλο ή πλαστικό με αδιάβροχη κόλλα και στα δύο άκρα του αυλού, ώστε να απομονωθεί. Όταν ο αριθμός απομονωμένων αυλών είναι μεγάλος, επηρεάζοντας την απόδοση του ψυγείου, τότε γίνεται μερική ή ολική αντικατάσταση αυτών και ακολουθείται έλεγχος της στεγανότητας με υδραυλική δοκιμή.

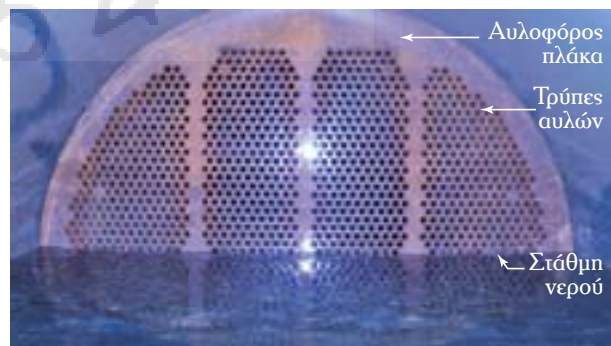
Η δοκιμή της στεγανότητας των ψυγείων πραγματοποιείται με τους ακόλουθους τρόπους:

α) Εκκενώνεται το ψυγείο και στον χώρο του ατμού παρέχεται αέρας με πίεση 5 psi. Στη συνέχεια, με αργό ρυθμό γεμίζει το ψυγείο με νερό απ' την πλευρά που κυκλοφορεί η θάλασσα, τοποθετώντας σταδιακά στις θυρίδες επιθεωρήσεως τα πώματα, καθώς η στάθμη του νερού ανεβαίνει κοντά στα ανοίγματα [σχ. 3.6δ(β)]. Έτσι, ελέγχοντας συνεχώς το νερό, σε περίπτωση διαρροής αυλού, θα παρουσιαστούν φυσαλίδες αέρα. Όταν πλησιάζει το νερό στο επάνω μέρος, όπου δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν αυτοί οι αυλοί με νερό και ταυτόχρονα να ελέγχονται με οπτική επαφή, χρησιμοποιείται παχύ στρώμα διαλυμένου σαπουνιού. Έτσι, καλύπτοντας τους αυλούς με τον αφρό σαπουνιού όταν υπάρχει διαρροή αυλού, θα σχηματίζονται φυσαλίδες. Άλλος τρόπος ελέγχου είναι πλησιάζοντας στον αυλό ένα αναμμένο κερί, ώστε ο εξερχόμενος αέρας από τον αυλό που έχει τη διαρροή να σβήσει τη φλόγα του.

β) Όταν η διαρροή είναι μεγάλη και οφείλεται στη θραύση κάποιου αυλού, αφαιρούνται οι θυρί-



(α)



(β)

Σχ. 3.66

Ψυγείο συμπυκνώματος. (α) Αυλοφόρες πλάκες με αυλούς και διαφράγματα. (β) Η στάθμη του νερού καλύπτει τους μισούς αυλούς κατά τον έλεγχο.

δες επιθεωρήσεως και τίθενται σε λειτουργία οι εκχυτήρες, ώστε στον χώρο διελεύσεως του ατμού να δημιουργηθεί κενό. Στη συνέχεια, πλησιάζοντας μία φλόγα κοντά στα άκρα των αυλών, το κενό που υπάρχει στην πλευρά του ατμού θα δημιουργήσει αναρρόφηση από τον αυλό που έχει τη διαρροή. Η ψύξη των εκχυτήρων, που απαιτείται μ' αυτήν τη μέθοδο εντοπισμού διαρροής, πρέπει να εξασφαλίζεται με τη λειτουργία της αντλίας συμπυκνώματος στην επανακυκλοφορία.

γ) Τέλος, η μέθοδος με τη χρήση **ανιχνευτή διαρροών** (leak detector), αποτελεί έναν εύκολο και αποτελεσματικό τρόπο. Με τον τρόπο αυτό μέσα στο νερό στον χώρο ατμού του ψυγείου, διαλύεται μια ποσότητα χρωστικής ύλης, που έχει ως βάση το φθόριο. Ο χώρος γεμίζει με νερό, ενώ ταυτόχρονα διαλύεται η χρωστική ουσία σε αναλογία νερού που ορίζεται στις οδηγίες, ανακατεύοντας το νερό με την παροχή αέρα από κατάλληλο σωλήνα και ακροσωλήνιο. Μετά την πλήρωση του ψυγείου ελέγχεται η εξωτερική επιφάνεια των αυλοφόρων πλακών, ώστε σε περίπτωση διαρροής η χρωστική ουσία να εμφανίζεται με έντονη πρασινοκίτρινη λάμψη.

Κατά τη λειτουργία και σ' όλες τις εργασίες που πραγματοποιούνται θα πρέπει να λαμβάνονται οι ανάλογες προφυλάξεις, παρέχοντας την απαραίτητη ασφάλεια. Για τον λόγο αυτόν:

α) Πρέπει η ασφαλιστική βαλβίδα, που υπάρχει στον συλλέκτη εισαγωγής νερού κυκλοφορίας να είναι ρυθμισμένη σε 15 psi.

β) Πρέπει σε περίπτωση μεγάλης διαρροής να γίνεται κράτηση του συστήματος και έλεγχος.

γ) Πρέπει να πραγματοποιείται τακτικός έλεγχος κατά τη λειτουργία και οι μηχανισμοί ελέγχου να λειτουργούν επαρκώς.

δ) Απαγορεύεται η προσέγγιση φλόγας ή άλλου εξαρτήματος, που μπορεί να προκαλέσει σπινθήρα σε ψυγείο, που μόλις έχει ανοιχθεί και δεν έχει πραγματοποιηθεί καλός εξαερισμός με αέρα ή ατμό, διότι η πιθανή ύπαρξη υδρογόνου ή άλλου αερίου μπορεί να προκαλέσει έκρηξη.

ε) Πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα και να εκτελούνται οι αναγκαίες ενέργειες και επιθεωρήσεις για την αποφυγή εγκαυμάτων ή άλλου ατυ-

χήματος στο προσωπικό πριν και κατά τη διάρκεια βρασμού ή τη χρήση χημικών καθαρισμού.

8) Υπόψυξη – Αναθέρμανση.

Η ψύξη που πραγματοποιείται στον συμπυκνωτή ατμού του τροφοδοτικού νερού, όπως και η αύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς επηρεάζει την απόδοση του συστήματος [σχ. 3.6ε(α)].

Όταν η θερμοκρασία του νερού ψύξεως που κυκλοφορεί είναι πολύ χαμηλή, έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση μεγάλου ποσού θερμότητας που περιέχει ο ατμός κατά την είσοδό του στο ψυγείο. Έτσι, προκαλεί τον υποβιβασμό της θερμοκρασίας του συμπυκνώματος που συγκεντρώνεται στον πυθμένα του ψυγείου κατά 5° – 10° C χαμηλότερα απ' τη θερμοκρασία κορεσμού, η οποία αντιστοιχεί στο κενό (απόλυτη πίεση), που επικρατεί μέσα στο ψυγείο σύμφωνα με τους πίνακες ατμού. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται **υπόψυξη**¹.

Επίσης, ο εξαερισμός του ψυγείου σχετίζεται με την υπόψυξη, διότι η ποσότητα φυσικού αερίου, όπως το οξυγόνο, μπορεί να παραμείνει διαλυμένη στο νερό σε θερμοκρασίες κάτω απ' τη θερμοκρασία κορεσμού, η οποία εξαρτάται απ' τον βαθμό υποψύξεως.

Για τη μείωση του βαθμού υποψύξεως που προκαλείται όταν η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού είναι χαμηλή, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι:

α) Η ανακύκλωση μέρους του νερού ψύξεως, ώστε ο συμπυκνωτής να λειτουργεί σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά κατασκευής του.

β) Η αύξηση της θερμοκρασίας του συμπυκνώματος, που επιστρέφει στο δίκτυο τροφοδοτικού νερού του λέβητα με αναθέρμανση. Αυτή επιτυγχάνεται με τη δημιουργία διαδρομών κυκλοφορίας ατμού στο κάτω μέρος του ψυγείου μεταξύ των χαμηλότερων αυλών [σχ. 3.6ε(β)]. Ο ατμός στη συνέχεια διερχόμενος προς τα πάνω συναντά το συμπύκνωμα, που δημιουργείται στην εξωτερική επιφάνεια των αυλών, υγροποιείται και μαζί μ' αυτό ρέει προς τα κάτω αυξάνοντας τη θερμοκρασία του συμπυκνώματος. Η αναθέρμανση που προκαλείται στη θερμοκρασία του συμπυκνώματος φτάνει μέχρι και 1°C χαμηλότερη απ' τη θερμοκρασία που αντιστοιχεί στο κενό. Η αναθέρμανση συμβάλλει στη μείωση της καταναλώσεως καυσίμου

¹ Η μεταβολή της θερμοκρασίας των δύο ρευστών παρουσιάζεται στο διάγραμμα του σχήματος 3.6ε(α), όπου στο ζεστό ρευστό (επιστροφές ατμού που συμπυκνώνεται) μειώνεται η θερμοκρασία, ενώ στο νερό ψύξεως αυξάνεται. Οι επιστροφές ατμού στην αρχή ψύχονται με μείωση της θερμοκρασίας τους μέχρι την κατάσταση κορεσμένου ατμού (σημεία 1-2). Στη συνέχεια υγροποιούνται με σταθερή θερμοκρασία (σημεία 2-3) και στο τέλος υποψύχονται (σημεία 3-4) στον πυθμένα του εναλλακτήρα (ψυγείο συμπυκνώματος).

λόγω της μείωσης των θερμικών απωλειών. Τα ψυγεία που κατασκευάζονται με βάση την αρχή αυτή ονομάζονται **αναθερμαντήρες** [σχ. 3.6ε(γ)].

3.6.2 Βοηθητικά ψυγεία εγκαταστάσεων ατμού.

Εκτός του κύριου ψυγείου συμπυκνώματος, άλλα ψυγεία που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις ατμού είναι:

α) Το **βοηθητικό ψυγείο συμπυκνώματος** που χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις ατμού με σκοπό την εξυπηρέτηση της λειτουργίας των στροβιλοηλεκτρικών μηχανών και των βοηθητικών μηχανημάτων για να μην λειτουργεί το κύριο ψυγείο όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι. Η κυκλοφορία του νερού ψύξεως στο ψυγείο πραγματοποιείται από μικρότερη αντλία κυκλοφορίας με ανάλογες διαστάσεις ή εξυπηρετείται με μία απ' τις βοηθητικές αντλίες έρματος. Η απαγωγή του αέρα για τη δημιουργία κενού πραγματοποιείται από ιδιαίτερη αεραντλία.

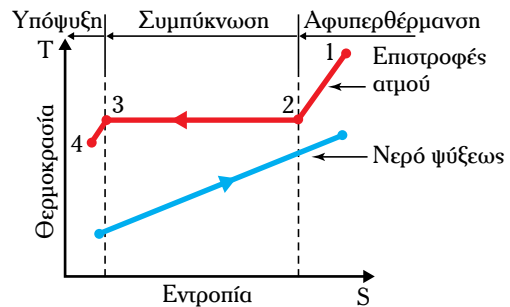
β) Το **ψυγείο των εκχυτήρων**, το οποίο ψύχει την εξαγωγή του μείγματος ατμού αέρα και μη συμπυκνωμένων εξατμίσεων, που αναρροφούνται από το κύριο ψυγείο.

γ) Το **ψυγείο υγρών**, στο οποίο ψύχονται οι εξατμίσεις των βοηθητικών μηχανημάτων μετά τη χρήση τους στον προθερμαντήρα τροφοδοτικού νερού. Είναι ψυγείο με αυλούς και διαφράγματα, που υποχρεώνουν τα υγρά να παραμείνουν περισσότερο μέσα σ' αυτό, ώστε να αποβάλλεται το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητάς τους. Ως ψυκτικό μέσο το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς είναι το νερό από την κατάθλιψη της αντλίας συμπυκνώματος του κύριου ψυγείου επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την προθέρμανσή του. Όταν τα υγρά προέρχονται από παλινδρομικά βοηθητικά μηχανήματα με πιθανότητα να περιέχουν λάδι απ' τη λίπανσή τους, πριν εισέλθουν στο ψυγείο πραγματοποιείται διεργασία απομακρύνσεως των ελαίων, προκειμένου να αποφευχθεί η μόλυνση του δικτύου.

δ) Τα **ψυγεία λαδιού**, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ψύξη του λαδιού λιπάνσεως και του λαδιού των μειωτήρων στροφών των στροβίλων. Πρόκειται για εναλλακτικές επιφάνειες και ανάλογα με τον κατασκευαστή μπορεί να είναι αυλωτά, με επίπεδες πλάκες ή κυψελωτά.

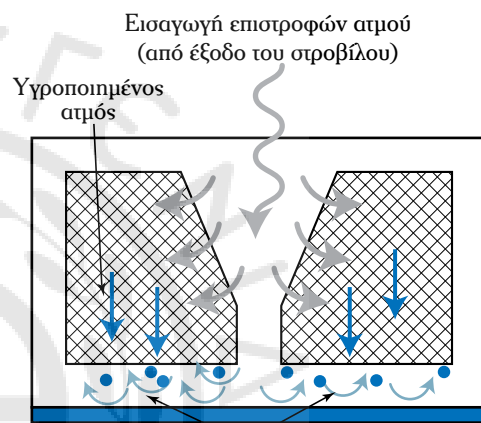
3.7 Ψυγεία πλοίων με μηχανές εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ).

Στις εγκαταστάσεις των πλοίων, όπου η πρόωση



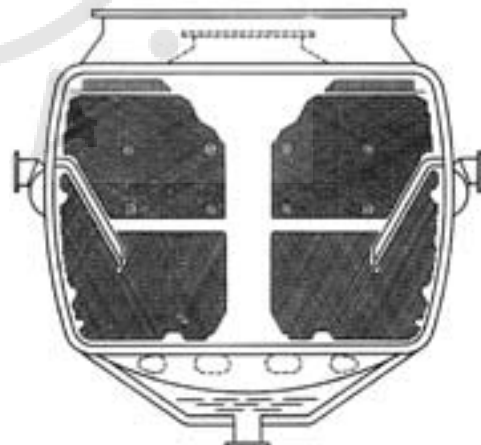
1. Εισαγωγή επιστροφών ατμού
4. Εξαγωγή συμπυκνώματος

(α)



Συμπύκνωση και ατμός που επιστρέφει προς τα πάνω μέσω των αυλών

(β)



(γ)

Σχ. 3.6ε

(α) Διάγραμμα πραγματικής μεταβολής θερμοκρασιών στον συμπυκνωτή, (β) σχηματική παράσταση συμπυκνωτή-ψυγείου ατμού και (γ) συμπυκνωτής με αναθέρμανση.

πραγματοποιείται από ΜΕΚ χρησιμοποιούνται εναλλακτικές θερμότητες, για τη μετάδοση της θερμότητας των διαφόρων ρευστών, που διαρρέουν τα δίκτυα, εξυπηρετώντας την καλή λειτουργία της κύριας μηχανής και των βοηθητικών μηχανημάτων. Έτσι, η λειτουργία των εναλλακτικών θερμότητας σχετίζεται άμεσα με τη λειτουργία της κύριας μηχανής και των βοηθητικών μηχανημάτων.

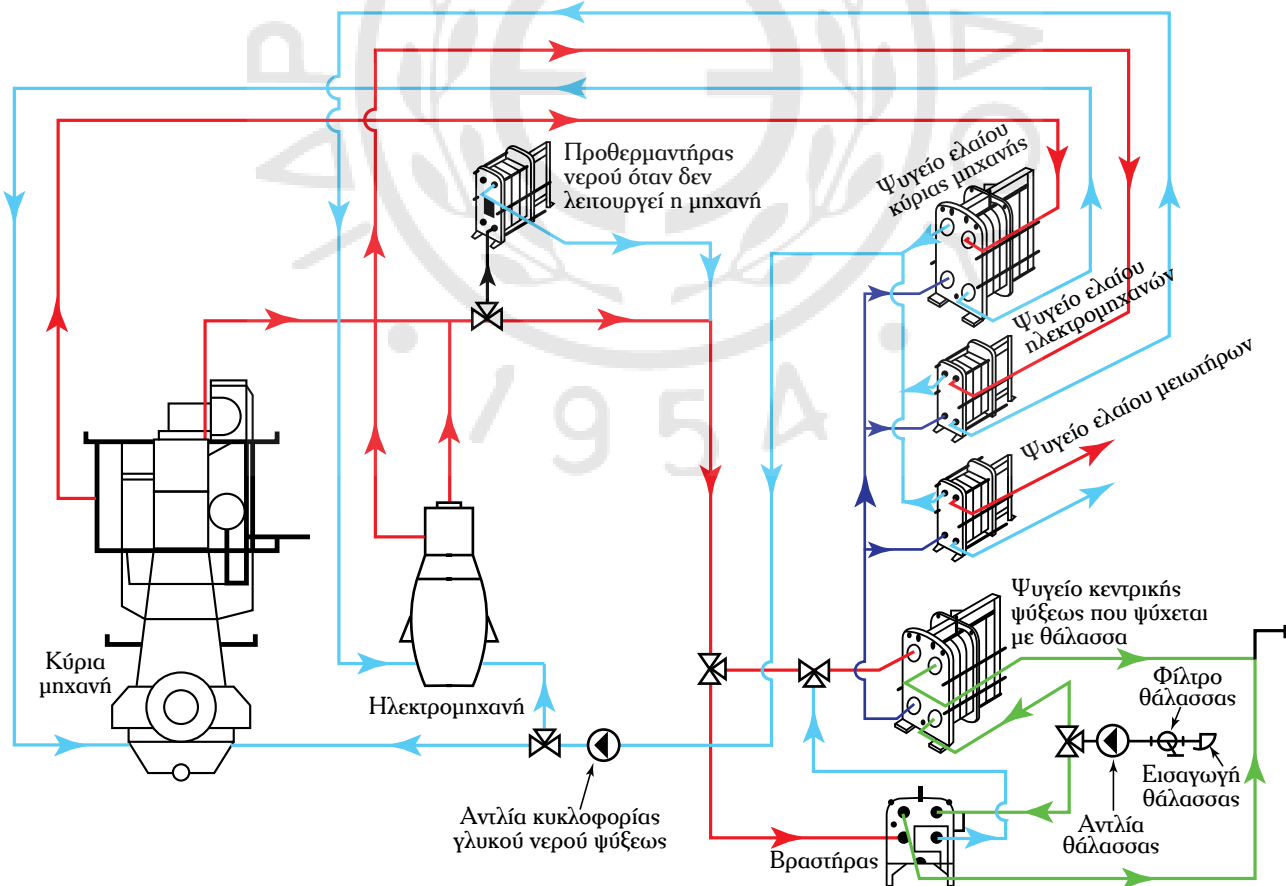
Οι εναλλακτικές θερμότητας είναι αυλωτοί, με πλάκες ή κυψελωτοί, και η επιλογή του τύπου που χρησιμοποιείται εξαρτάται απ' το είδος του ρευστού που τους διαρρέει (βλ. παράγρ. 3.4), ενώ άλλος ένας παράγοντας στην επιλογή του τύπου του εναλλακτήρα, που θα εγκατασταθεί στο δίκτυο του πλοίου, είναι τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που τίθενται απ' τον σχεδιασμό του. Βασικό σκοπό έχουν την ψύξη του ενός ρευστού από ένα άλλο, γι' αυτόν τον λόγο ονομάζονται **ψυγεία** ή ακριβέστερα **ψυκτικές** (coolers). Η ροή μεταξύ των ρευστών μέσα στα ψυγεία είναι αντίθετη, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοσή τους κατά τη μεταφορά της θερμότητας.

Στα ψυγεία με αυλούς, η ροή του ψυκτικού μέσου

συνήθως πραγματοποιεί δύο διαδρομές αντίθετης κατευθύνσεως και επιτυγχάνεται με κατάλληλο διάφραγμα στο πώμα (καπάκι) εισαγωγής του. Το ψυκτικό μέσο που κυκλοφορεί στο ψυγείο είναι θαλασσινό ή γλυκό νερό που ψύχεται σε **κεντρικό ψυγείο** (central cooler) από θάλασσα και εξαρτάται από το σύστημα ψύξεως που χρησιμοποιείται στο πλοίο (σχ. 3.7α). Τα ψυγεία στα πλοία είναι διπλά (δηλ. δύο ψυγεία ελαίου ψύξεως της κύριας μηχανής κ.ά.), αλλά για λόγους ευκρίνειας στο σχήμα παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα ψυγείο για κάθε λειτουργία.

Σε εγκαταστάσεις με ψυγεία που κατασκευάζονται με αυλούς, το ψυχόμενο ρευστό που διαρρέει το ψυγείο πραγματοποιεί περισσότερες από μία διαδρομές με την προσθήκη διαφραγμάτων καθέτων προς τους αυλούς.

Στα δίκτυα όπου χρησιμοποιούνται ψυγεία με πλάκες ή κυψελωτά, ο τρόπος λειτουργίας τους είναι με πολλαπλές διαδρομές μέσω των πλακών που αποτελούν το ψυγείο και τη διέλευση των ρευστών μέσω αυλών και κυψελών (βλ. παράγρ. 3.4.1 έως 3.4.3).



Σχ. 3.7α

Τυπική διάταξη δικτύου κεντρικής ψύξεως.

Η παροχή και η ρύθμιση της ποσότητας των ρευστών που διαρρέουν τα ψυγεία επιτυγχάνονται από ρυθμιστικές βαλβίδες και επιστόμια, ενώ σε κάθε ψυγείο υπάρχει κρουνός εξαερώσεως για την απομάκρυνση τυχόν εγκλωβισμένου αέρα και κρουνός εξυδατώσεως για την εκκένωσή του. Οι ρυθμιστικές βαλβίδες ροής είναι αυτόματες και ελέγχονται με αέρα, ενώ παίρνουν εντολή από ελεγκτές θερμοκρασίας παρέχοντας ανάλογη ποσότητα αέρα στη βαλβίδα, ώστε να αυξάνεται ή να μειώνεται η διέλευση του ρευστού μέσα απ' το ψυγείο.

3.7.1 Ψυγείο κεντρικής ψύξεως.

Η εγκατάσταση ή όχι του ψυγείου κεντρικής ψύξεως (central cooler) εξαρτάται από τον σχεδιασμό του δικτύου ψύξεως του πλοίου· γι' αυτόν τον λόγο δεν συναντάται σε όλα τα πλοία.

Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι με πλάκες (σχ. 3.7β), λόγω της μεγάλης επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας που επιτυγχάνεται, ενώ ο όγκος του ψυγείου είναι μικρός. Σκοπό έχει την ψύξη του γλυκού νερού που κυκλοφορεί μέσω ιδιαίτερης αντλίας κυκλοφορίας σ' ένα κλειστό κύκλωμα, το οποίο δημιουργείται για την ψύξη των άλλων ψυγείων του μηχανοστασίου. Έτσι, αποτρέπεται η επαφή της θάλασσας με τις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας των επιμέρους ψυγείων μειώνοντας τις επικαθίσεις αλάτων, τη διάβρωση των επιφανειών και τις απαιτήσεις καθαρισμού τους.

Η θάλασσα, που αποτελεί το ψυκτικό μέσο του κεντρικού ψυγείου, έρχεται σε επαφή μόνο σε αυτό

το τμήμα του δικτύου ψύξεως των ψυγείων του μηχανοστασίου.

3.7.2 Το ψυγείο νερού ψύξεως χιτωνίων της κύριας μηχανής (jacket cooler).

Το ψυγείο αυτό χρησιμοποιείται για την ψύξη του αποσταγμένου νερού που κυκλοφορεί περιφερειακά των **χιτωνίων** (jackets) στο σώμα της μηχανής και για την ψύξη των **καπακιών** (covers). Η κυκλοφορία του επιτυγχάνεται με την αντλία χιτωνίων σε κλειστό κύκλωμα και τα ψυγεία που χρησιμοποιούνται είναι αυλωτά ή με πλάκες.

Στα αυλωτά [σχ. 3.7γ(α)] το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι θαλασσινό ή γλυκό νερό αν χρησιμοποιείται ψύξη σε κεντρικό ψυγείο. Το ψυκτικό μέσο διαρρέει τους αυλούς του ψυγείου, ενώ εξωτερικά απ' αυτούς κυκλοφορεί το νερό ψύξεως της μηχανής σε πολλαπλές διαδρομές λόγω των διαφραγμάτων.

Στο σχήμα 3.7γ(β) εικονίζεται το ψυγείο με πλάκες, όπου το νερό ψύξεως εισέρχεται στο κάτω μέρος του ψυγείου και εξέρχεται από το επάνω, διαρρέοντας εναλλάξ τις διαδρομές που σχηματίζονται απ' τις πλάκες, ενώ το ψυκόμενο ρευστό εισέρχεται στην επάνω πλευρά και εξέρχεται από την κάτω.

3.7.3 Το ψυγείο λαδιού.

Το ψυγείο λαδιού (oil cooler) χρησιμεύει στην ψύξη του ελαίου λιπάνσεως της μηχανής και είναι τύπου αυλών ή με επίπεδες πλάκες. Η ψύξη του ελαίου επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία θαλασσινού νερού απ' την αντλία κυκλοφορίας θάλασσας ή



(α)



(β)

Σχ. 3.7β

(α) Ψυγείο κεντρικής ψύξεως με πλάκες (β) συνδεδεμένο στο δίκτυο.

με γλυκό νερό όταν στο δίκτυο ψύξεως χρησιμοποιούνται ψυγεία κεντρικής ψύξεως. Η λειτουργία τους είναι ανάλογη μ' αυτήν των ψυγείων νερού ψύξεως της κύριας μηχανής.

3.7.4 Τα ψυγεία νερού ψύξεως των καυστήρων της μηχανής (fuel valves cooler).

Πρόκειται για μικρά ψυγεία, συνήθως με αυλούς, που χρησιμοποιούνται όταν εσωτερικά στο σώμα των καυστήρων κυκλοφορεί γλυκό νερό για την ψύξη τους. Η εγκατάστασή τους εξαρτάται από τον τύπο της μηχανής και γι' αυτόν τον λόγο δεν συναντώνται σε όλα τα πλοία.

3.7.5 Τα ψυγεία του αέρα καύσεως της κύριας μηχανής (air coolers).

Τα ψυγεία αυτά χρησιμοποιούνται στις μηχανές με υπερπλήρωση, ώστε ψύχοντας τον αέρα εισαγωγής

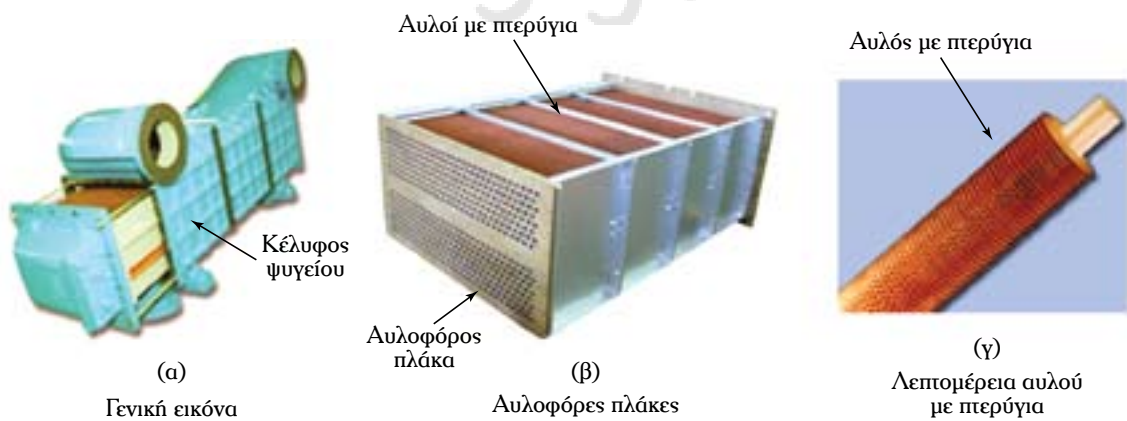
να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση. Τοποθετούνται μεταξύ στροβιλοσυμπιεστή και οχετού σαρώσεως πάνω στο σώμα της μηχανής, με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα που εισέρχεται στους θαλάμους καύσεως, διότι η θερμοκρασία του αυξάνεται απ' τη συμπίεση στον αεριοστρόβιλο.

Ο αέρας ψύχει κατά τη φάση της σαρώσεως τους κυλίνδρους και τις θυρίδες ή τις βαλβίδες, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής. Παράλληλα, επιτυγχάνεται μείωση του ειδικού όγκου του αέρα, λόγω συστολής του με την ψύξη και έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερου βάρους αέρα να εισέρχεται στους κυλίνδρους αυξάνοντας τον βαθμό αποδόσεως. Τα ψυγεία αυτά κατασκευάζονται με αυλούς, μέσα στους οποίους διέρχεται το ψυκτικό μέσο (θαλασσινό ή γλυκό νερό), ενώ εξωτερικά στην πλευρά που διέρχεται ο αέρας, πάνω στους αυλούς τοποθετούνται λεπτά πτερύγια αυξάνοντας την επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας (σχ. 3.7δ).



Σχ. 3.7γ

Ψυγεία κιτωνίων: (α) με αυλούς, (β) με πλάκες.



Σχ. 3.7δ

Ψυγείο αέρα καύσεως κύριας μηχανής (air cooler).

3.7.6 Τα ψυγεία αέρα καύσεως γεννητριών (d/g air coolers).

Τα ψυγεία αυτά χρησιμοποιούνται για τη μείωση της θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής σε μεγάλες ηλεκτρογεννήτριες, με παρόμοιο σκοπό και λειτουργία με αυτών των ψυγείων αέρα σαρώσεως. Είναι αυλωτού τύπου ή κυψελωτά. Τα ψυγεία με αυλούς έχουν περύγια στην εξωτερική πλευρά των αυλών, αυξάνοντας την επιφάνεια μεταδόσεως θερμότητας, ενώ σε κάποια απ' αυτά ο αυλός είναι διπλός, αποτελούμενος από έναν εσωτερικό και έναν εξωτερικό, που τον περιβάλλει.

3.7.7 Ψυγεία βοηθητικών εγκαταστάσεων πλοίων.

Άλλα ψυγεία που συναντάμε στα πλοία είναι τα ψυγεία των βραστήρων, των αεροσυμπιεστών, των εγκαταστάσεων κλιματισμού, τα ψυγεία νερού κ.λπ., τα οποία είναι αυλωτού ή τύπου πλακών.

Στα Δ/Ξ με πρόωση ΜΕΚ, όταν στην εκφόρτωση χρησιμοποιούνται αντλίες με ατμοστρόβιλο, χρησιμοποιούνται ψυγεία συμπυκνώσεως ατμού και ψυγεία εκκυτήρων για τις εξαγωγές των ατμοστροβίλων και τις επιστροφές ατμού όταν υπάρχουν βαρούλκα και εργάτες ατμού στο κατάστρωμα. Η λειτουργία τους είναι ίδια με τους συμπυκνωτές που χρησιμοποιούνται στα πλοία με ατμοστρόβιλο.

3.7.8 Συντήρηση και επισκευή.

Η εξασφάλιση της καλής λειτουργίας ενός ψυγείου εξαρτάται απ' τη συντήρηση των επιφανειών εναλλαγής θερμότητας. Όταν αυτές οι επιφάνειες είναι καθαρές και οι διαδρομές που ακολουθούν τα ρευστά δεν εμποδίζονται από ξένα σώματα, τότε τα ψυγεία λειτουργούν παρέχοντας τη μέγιστη απόδοση σχεδιασμού τους. Η διάβρωση από το θαλασσινό νερό, όπως και οι καθαλατώσεις στις επιφάνειες μεταδόσεως είναι οι συνηθέστεροι λόγοι μείωσης της αποδόσεως του ψυγείου. Η μέθοδος καθαρισμού των επιφανειών, που έρχονται σε επαφή με το θαλασσινό νερό, εξαρτάται από το είδος των επικαθίσεων και τον τύπο του ψυγείου. Μαλακές επικαθίσεις απομακρύνονται με τη χρήση βούρτσας, ενώ για καθαλατώσεις μεγάλης εκτάσεως πραγματοποιείται χημικός καθαρισμός.

Για τον καθαρισμό τους τα ψυγεία με αυλούς απομονώνονται απ' το δίκτυο και στη συνέχεια αφαιρούνται τα καπάκια στις πλευρές του ψυγείου απ'

όπου διέρχεται η θάλασσα, ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση στους αυλούς με βούρτσες καθαρισμού. Μετά τον καθαρισμό, τα ψυγεία πλένονται με γλυκό νερό, συναρμολογούνται και τίθενται σε λειτουργία ανοίγοντας τα επιστόμια που τα συνδέουν με το δίκτυο ψύξεως.

Εκτός του καθαρισμού, για τη συντήρηση των ψυγείων πρέπει να ελέγχεται και η στεγανότητά τους. Στα ψυγεία με αυλούς ελέγχεται η αυλοφόρος πλάκα στα σημεία απ' όπου διέρχονται οι αυλοί και αν διαπιστωθεί κάποια διαρροή, ο αυλός είτε εκτονώνεται εκ νέου, είτε σφραγίζεται (ταπώνεται) με παρεμβύσματα από ορείχαλκο. Αν ο αριθμός των σφραγισμένων αυλών υπερβεί το όριο επηρεάζοντας την απόδοση του ψυγείου, πραγματοποιείται αντικατάσταση των αυλών. Υπερβολικές επικαθίσεις αλάτων στις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας αντιμετωπίζονται με χημικό καθαρισμό [χρήση σουλφαμικού οξέος (safacid) ή με κάποιο άλλο διαλυτικό των αλάτων], ώστε με την απομόνωση του ψυγείου από το δίκτυο κατά τη διεργασία καθαρισμού δημιουργείται επανακυκλοφορία του διαλύματος καθαρισμού, απομακρύνοντας τα άλατα.

Τα ψυγεία με πλάκες αποσυναρμολογούνται, προκειμένου να απομακρυνθούν από τις επιφάνειες μεταδόσεως θερμότητας οι επικαθίσεις αλάτων και οι ακαθαρσίες. Οι φθαρμένες πλάκες αντικαθίστανται, όπως και τα παρεμβύσματα στεγανοποιήσεως. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη συναρμολόγηση των ψυγείων αυτών, διότι υπερβολική δύναμη στο σφίξιμο μεταξύ των πλακών δημιουργεί στρεβλώσεις και διαρροές των υγρών στα σημεία στεγανοποιήσεως όταν το ψυγείο συνδεθεί ξανά στο δίκτυο.

Σε τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει να ελέγχονται και οι πλάκες ψευδαργύρου που χρησιμοποιούνται για την προστασία από την ηλεκτρόλυση των επιφανειών. Αν αυτές έχουν φθαρεί, πρέπει να αντικαθίστανται με νέες.

3.8 Προθερμαντήρες.

Οι **προθερμαντήρες** (preheaters) είναι εναλλακτικές θερμότητας, στους οποίους επιτυγχάνεται η αύξηση στη θερμοκρασία ενός ρευστού με τη μεταφορά της θερμότητας από άλλο ρευστό που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία.

Στις εγκαταστάσεις των πλοίων οι προθερμαντήρες χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση νερού, πετρελαίου, λαδιού και αέρα. Ανάλογα με το ρευστό που προθερμαίνουν και τον σκοπό για τον οποίο

χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε **προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού, προθερμαντήρες πετρελαίου, προθερμαντήρες ελαίου και προθερμαντήρες αέρα.**

Η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται, όπως στους εναλλακτικές θερμότητας, από το θερμό ρευστό σ' αυτό με τη χαμηλότερη θερμοκρασία. Η διαφορά με τη χρήση των προθερμαντήρων σε σχέση με τα ψυγεία είναι ότι το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η αύξηση της θερμοκρασίας ενός ψυχρού ρευστού με την απαγωγή της θερμότητας απ' το ρευστό με υψηλότερη θερμοκρασία. Με αυτόν τον τρόπο αξιοποιείται η θερμότητα του ατμού, για παράδειγμα για να αυξήσει τη θερμοκρασία του αργού πετρελαίου.

3.8.1 Προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού.

Οι **προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού** (feed water heaters) χρησιμοποιούνται για την αύξηση της θερμοκρασίας του τροφοδοτικού νερού στον λέβητα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μείωση στη διαφορά θερμοκρασίας του νερού που εισέρχεται στον λέβητα, το οποίο όταν συγκεντρώνεται στον συμπυκνωτή έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται στους 40°C, σε σχέση με το νερό που ατμοποιείται στον λέβητα, που έχει θερμοκρασία 250°C. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται η κόπωση των υλικών και οι ισχυρές παραμορφώσεις, απομακρύνοντας τον κίνδυνο πιθανής θραύσεως των αυλών ή του κελύφους του ατμοϋδροθάλαμου, προλαμβάνοντας βλάβες και διαρροές. Τελικά με τους προθερμαντήρες αυξάνεται ο βαθμός αποδόσεως της εγκαταστάσεως.

Οι προθερμαντήρες συμβάλλουν στη μείωση της καταναλώσεως του καυσίμου, διότι χρησιμοποιείται επωφελώς η θερμότητα στα διάφορα στάδια συμπυκνώσεως, που διαφορετικά θα χανόταν με την απαγωγή μέσω του νερού κυκλοφορίας του ψυγείου στο περιβάλλον. Επίσης, το τροφοδοτικό νερό απορροφά λιγότερη θερμότητα από αυτή που παράγεται, με την καύση του καυσίμου στον λέβητα, για την εκ νέου θέρμανσή του.

Με την προθέρμανση ελαττώνεται και η περιεκτικότητα του διαλυμένου αέρα στο νερό και ως εκ τούτου περιορίζονται οι διαβρώσεις του λέβητα που οφείλονται στο ελεύθερο οξυγόνο.

Οι προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού στις εγκαταστάσεις ατμοστρόβιλων είναι τοποθετημένοι σε σειρά. Ως θερμαντικό μέσο χρησιμοποιείται ατμός, με απομάστευση, από ορισμένες διαβαθμί-

σεις του ατμοστρόβιλου. Ανάλογα με το στάδιο κατά το οποίο πραγματοποιείται η απομάστευση, οι προθερμαντήρες ονομάζονται **υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσεως.**

Η τροφοδοσία των προθερμαντήρων πραγματοποιείται απ' την τροφοδοτική αντλία του λέβητα, με το τροφοδοτικό νερό να διαρρέει τους αυλούς, ενώ εξωτερικά των αυλών τους κυκλοφορεί ο ατμός που προέρχεται από απομάστευση. Οι αυλοί είναι τραβηκτοί (βλ. σελ. 36 υποσημ. 2) χωρίς ραφή, κατασκευασμένοι από κράμα **χαλκού-νικελίου** (cupronickel). Το κέλυφος κατασκευάζεται από μαλακό χάλυβα με κατάλληλα διαμορφωμένες συνδέσεις για τους σωλήνες του δικτύου, ενώ τα καπάκια κατασκευάζονται από μαλακό σφυρήλατο χάλυβα και διαθέτουν συνδέσεις για τους σωλήνες, καθώς και θυρίδες επιθεωρήσεως.

Στην προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού σε μεγάλες εγκαταστάσεις λεβήτων των ατμοστρόβιλων γίνεται απαγωγή της θερμότητας των καυσαερίων του λέβητα, διαφορετικά αυτή η θερμότητα θα χανόταν στο περιβάλλον. Η εκμετάλλευσή της πραγματοποιείται μέσα σε ιδιαίτερη συσκευή, η οποία είναι ενσωματωμένη στον λέβητα και ονομάζεται **οικονομητήρας** (economizer).

3.8.2 Λέβητες καυσαερίων.

Στα πλοία με MEK χρησιμοποιείται ένας άλλος εναλλακτικής θερμότητας, ο οποίος εκμεταλλεύεται τη θερμότητα των καυσαερίων της κύριας μηχανής. Πρόκειται για μια μορφή οικονομητήρα, που δεν χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού του λέβητα, αλλά το νερό του λέβητα με την απαγωγή της θερμότητας από τα καυσαέρια της κύριας μηχανής, ατμοποιείται τους αυλούς και γι' αυτό ονομάζεται **λέβητας καυσαερίων** (gas boiler).

Το τροφοδοτικό νερό του λέβητα καυσαερίων προέρχεται από τον **ατμοϋδροθάλαμο** μέσω **αντλίας κυκλοφορίας** (gas boiler circulation pump) και επιστρέφει ξανά στον ατμοϋδροθάλαμο του λέβητα ως ατμός. Το εξωτερικό των αυλών του λέβητα καυσαερίων, όπου διέρχονται τα καυσαέρια, έχει λεπτά πτερύγια ή μικρά κυλινδρικά ελάσματα επιτυγχάνοντας την αύξηση της επιφάνειας μεταδόσεως της θερμότητας.

Στον οικονομητήρα, καθώς και στον λέβητα καυσαερίων, πρέπει σε τακτά χρονικά διαστήματα να πραγματοποιείται εκκαπνισμός, κατά τον οποίο μέσω κατάλληλης διατάξεως παρέχεται στον χώρο διελεύ-

σεως των καυσαερίων ατμός ή αέρας, ώστε να απομακρυνθούν οι επικαθίσεις αιθάλης στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τα καυσαέρια. Η αιθάλη που επικάθεται στις επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας, δημιουργεί αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας, μειώνοντας την απόδοση του λέβητα καυσαερίων, με αποτέλεσμα να υπάρχουν απώλειες της θερμικής ενέργειας.

3.8.3 Προθερμαντήρες βαρέος πετρελαίου (heavy fuel oil heaters).

Η προθέρμανση του πετρελαίου πραγματοποιείται, με σκοπό:

α) Να ελαττωθεί το ιξώδες του και να γίνει πιο λεπτόρρευτο στις δεξαμενές αποθηκεύσεως για ευκολότερη άντληση.

β) Τον ταχύτερο διαχωρισμό στις δεξαμενές καθιζήσεως με βαρύτητα και την άντληση απ' τις δεξαμενές ημερήσιας καταναλώσεως.

γ) Την επεξεργασία του στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές με διαχωρισμό και διαύγαση.

δ) Την άντλησή του μέσω των φίλτρων και τον ικανοποιητικό ψεκασμό του απ' τους καυστήρες της μηχανής ή τον καυστήρα του λέβητα.

Η προθέρμανση στις δεξαμενές πραγματοποιείται με τη χρήση οφιοειδών σωλήνων, απ' όπου διέρχεται ατμός, μεταφέροντας τη θερμότητα στο πετρέλαιο που τους περιβάλλει. Οι προθερμαντήρες πετρελαίου είναι εναλλακτικές επιφάνειες οριζόντιας ή κατακόρυφης τοποθέτησεως και ο ατμός είναι το μέσο θερμάνσεως. Οι συνηθισμένοι τύποι προθερμαντήρων πετρελαίου είναι οι:

α) **Προθερμαντήρες με αυλούς απλής διαδρομής** (σχ. 3.8α), που είναι όμοιοι με τους εναλλακτικές θερμότητας απλής ροής και στους οποίους ο ατμός διέρχεται εξωτερικά των αυλών, ενώ το πετρέλαιο εσωτερικά.

β) **Προθερμαντήρες με οφιοειδείς σωλήνες** (σχ. 3.8β), που αποτελούνται από σωλήνες μέσα απ' τους οποίους διέρχεται ατμός και εξωτερικά κυκλοφορεί το πετρέλαιο. Οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι σε έναν κύλινδρο που κλείνει με δύο καπάκια και περιελίσσονται σε μία ή περισσότερες σπείρες. Έτσι, οι σωλήνες είναι ελεύθεροι να διαστέλλονται με τις

μεταβολές της θερμοκρασίας και λόγω κατασκευής ο καθαρισμός τους γίνεται με ευκολία, εφόσον οι αυλοί απομακρύνονται μαζί με το πώμα του προθερμαντήρα. Ένα πλεονέκτημα των προθερμαντήρων που δεν διαθέτουν αυλούς, αλλά ενιαίο σπειροειδή σωλήνα, είναι ότι μειώνονται οι πιθανότητες μόλυνσεως του ατμού ή διαρροής του πετρελαίου από τυχόν διαφυγές στα σημεία εκτονώσεως επάνω στην αυλοφόρο πλάκα και ότι έχουν μεγαλύτερη αντοχή στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

γ) Οι **προθερμαντήρες με περύγια** (σχ. 3.8γ) ή με **μικρά κυλινδρικά ελάσματα**. Στους προθερμαντήρες αυτούς, τα περύγια είναι συγκολλητά στο κυλινδρικό σώμα του προθερμαντήρα που διαρρέεται με ατμό και το σώμα τοποθετείται μέσα σε κυλινδρικό κέλυφος. Σκοπός των περυγιών ή των ελασμάτων είναι η αύξηση της επιφάνειας μεταδόσεως της θερμότητας με μείωση των διαστάσεων του προθερμαντήρα. Για τον καθαρισμό τους, αφαιρείται όλο το κυλινδρικό σώμα απ' το κέλυφος από τη μία πλευρά. Στην πλευρά αυτή προσαρμόζονται και οι σωλήνες παροχής του ατμού. Ο καθαρισμός στο σώμα του προθερμαντήρα πετρελαίου πραγματοποιείται είτε με τη χρήση καταλλήλων χημικών για τη διάλυση του πετρελαίου από τα μικρά διάκενα των ελασμάτων που αυξάνουν την επιφάνεια μεταδόσεως της θερμότητας, είτε με τη χρήση καθαρού πετρελαίου.

3.8.4 Προθερμαντήρες ελαίου (lube oil heaters).

Οι συσκευές αυτές προορίζονται για την προθέρμανση του ελαίου που χρησιμοποιείται στη λίπανση των μειωτήρων και στην προθέρμανση του ελαίου λιπάνσεως πριν τη διεργασία **διαυγάσεως**¹. Σε όλους τους τύπους των πλοίων, οι προθερμαντήρες ελαίου είναι επιφανειακής μεταδόσεως θερμότητας και λειτουργούν με ατμό· κατασκευαστικά είναι όμοιοι με τους προθερμαντήρες πετρελαίου. Οι προθερμαντήρες ελαίου μπορεί να είναι:

α) **Αυλωτοί**, με κυλινδρικό σώμα και ελάσματα όπως αυτοί που περιγράφονται στους προθερμαντήρες πετρελαίου.

β) Με **επίπεδες πλάκες**.

γ) **Ηλεκτρικής θερμάνσεως**, όπου η προθέρμανση του λαδιού επιτυγχάνεται με στοιχεία ηλεκτρι-

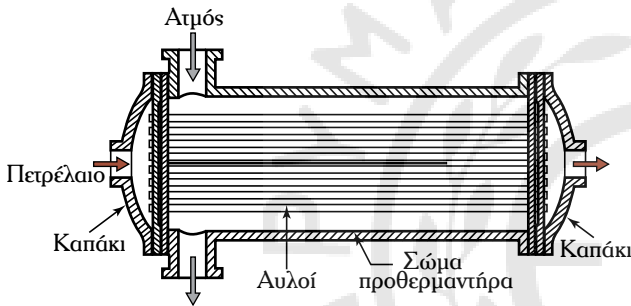
¹ Διαύγαση (clarification) είναι η μηχανική επεξεργασία που πραγματοποιείται με σκοπό την απομάκρυνση από το υγρό αιωρημάτων ή στερεών υλών που δημιουργούν κινδύνους από τη χρήση του, π.χ. αιωρήματα στο έλαιο της λιπάνσεως της μηχανής που θα προκαλούσαν την πλημμυρή λίπανση των εξαρτημάτων.

κής αντιστάσεως. Τα στοιχεία εισέρχονται μέσα στους καλύβδινους αυλούς του προθερμαντήρα, μεταδίδοντας τη θερμοκρασία στο λάδι που κυκλοφορεί.

3.8.5 Οι προθερμαντήρες νερού Butterworth.

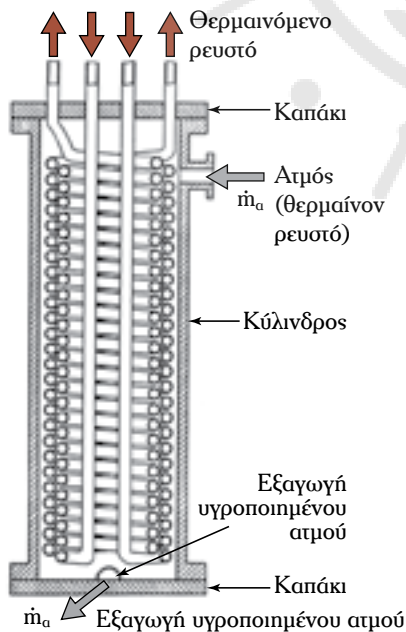
Οι προθερμαντήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση του νερού καθαρισμού των δεξαμενών πετρελαίου με το σύστημα Butterworth (βλ. κεφ. 9, σελ. 182). Πρόκειται για επιφανειακούς εναλλακτήρες με αυλούς (σχ. 3.8δ), που διαρρέονται από ατμό, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του νερού για την πλύση των δεξαμενών, προθερμαίνοντάς το στην επιθυμητή τιμή.

Οι προθερμαντήρες Butterworth έχουν την δυνατότητα προθερμάνσεως 120-200 m³/h θαλασσινού νερού σε θερμοκρασία 85-90°C, ενώ η πίεση του ατμού που χρησιμοποιείται είναι 10-14 bar.



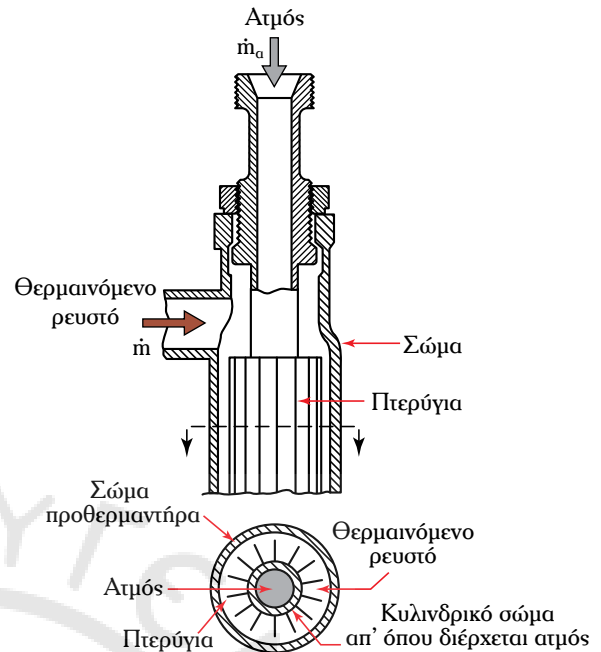
Σχ. 3.8α

Προθερμαντήρας με αυλούς απλής διαδρομής.



Σχ. 3.8β

Προθερμαντήρας με οφιοειδή σωλήνια.



Σχ. 3.8γ

Προθερμαντήρας βαρέος πετρελαίου με πτερύγια.



(α)



(β)

Σχ. 3.8δ

(α) Προθερμαντήρας νερού Butterworth (β) σε τομή.

Στο σχήμα 3.8ε παρουσιάζεται ένας προθερμα-
ντήρας Butterworth δύο σταδίων, ο οποίος αποτελεί-
ται από:

α) Τον προθερμαντήρα.

β) Το ψυγείο συμπυκνώματος του ατμού και

γ) ένα ασφαλιστικό επιστόμιο με ελατήριο για την
εκτόνωση του ατμού, όταν υπερβεί το επιτρεπόμενο
όριο ασφαλείας (π.χ. 15 bar).

Με τη λειτουργία του συστήματος το θαλασσινό
νερό εισέρχεται στο πρώτο στάδιο όπου προθερμαί-
νεται, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η ψύξη και η
περαιτέρω συμπύκνωση του ατμού.

Στη συνέχεια το θαλασσινό νερό εισέρχεται στο
δεύτερο στάδιο, όπου επιτυγχάνεται η επιθυμητή
θερμοκρασία από τον ατμό. Η εισαγωγή του ατμού
και η κατάλληλη θερμοκρασία επιτυγχάνονται με τη
ρύθμιση του επιστομίου εισαγωγής του ατμού από
ελεγκτικό μηχανισμό.

Το ζεστό θαλασσινό νερό στη συνέχεια μέσω του
δικτύου πλύσεως των δεξαμενών οδηγείται στον μη-
χανισμό εκτοξεύσεώς του μέσα στη δεξαμενή (σχ.
3.8στ).

Το θαλασσινό νερό, με τα υπολείμματα από τον
καθαρισμό των δεξαμενών που συγκεντρώνονται
στον πυθμένα, απομακρύνεται με τις αντλίες φορτί-
ου προς τη δεξαμενή ακαθάρτων ή προς τη θάλασσα
μέσω τη συσκευής ελέγχου περιεκτικότητας ελαίου
(oil discharge monitor).

Για την ασφάλεια και την προστασία από τυχόν
ανάμειξη του φορτίου με θαλασσινό νερό ή την ατυ-
χηματική απόρριψη φορτίου προς τη θάλασσα χρησι-
μοποιείται ένα κομμάτι σωλήνα (προσθήκη σωλήνα),

το οποίο συνδέεται στο δίκτυο όταν πραγματοποιείται
πλύση των δεξαμενών φορτίου και απομακρύνεται
όταν η πλύση έχει ολοκληρωθεί.

3.8.6 Συντήρηση – επισκευές προθερμαντήρων.

Οι προθερμαντήρες, όπως όλοι οι εναλλακτήρες,
πρέπει σε τακτά χρονικά διαστήματα να επιθεωρού-
νται και να καθαρίζονται απ' τις επικαθίσεις ακαθαρ-
σιών, εξαιτίας των οποίων εμποδίζεται η μετάδοση
της θερμότητας αποτελώντας τον κυριότερο παράγο-
ντα στη μείωση της αποδόσεώς τους.

Η διαδικασία καθαρισμού που ακολουθείται είναι
η ακόλουθη:

α) Η απομόνωση των προθερμαντήρων από το
δίκτυο.

β) Η απομάκρυνση των υγρών μέσω των εξυδα-
τωτικών κρουσών¹.

γ) Η αποσυναρμολόγησή τους.

δ) Ο οπτικός έλεγχος των επιφανειών για διά-
βρωση.

ε) Ο καθαρισμός των επιφανειών, που πρέπει
να γίνεται με τα κατάλληλα μέσα αποφεύγοντας τη
χρήση αιχμηρών αντικειμένων, τα οποία προκαλούν
καταστροφή των επιφανειών.

στ) Ο χημικός καθαρισμός, όπου και όταν απαι-
τείται.

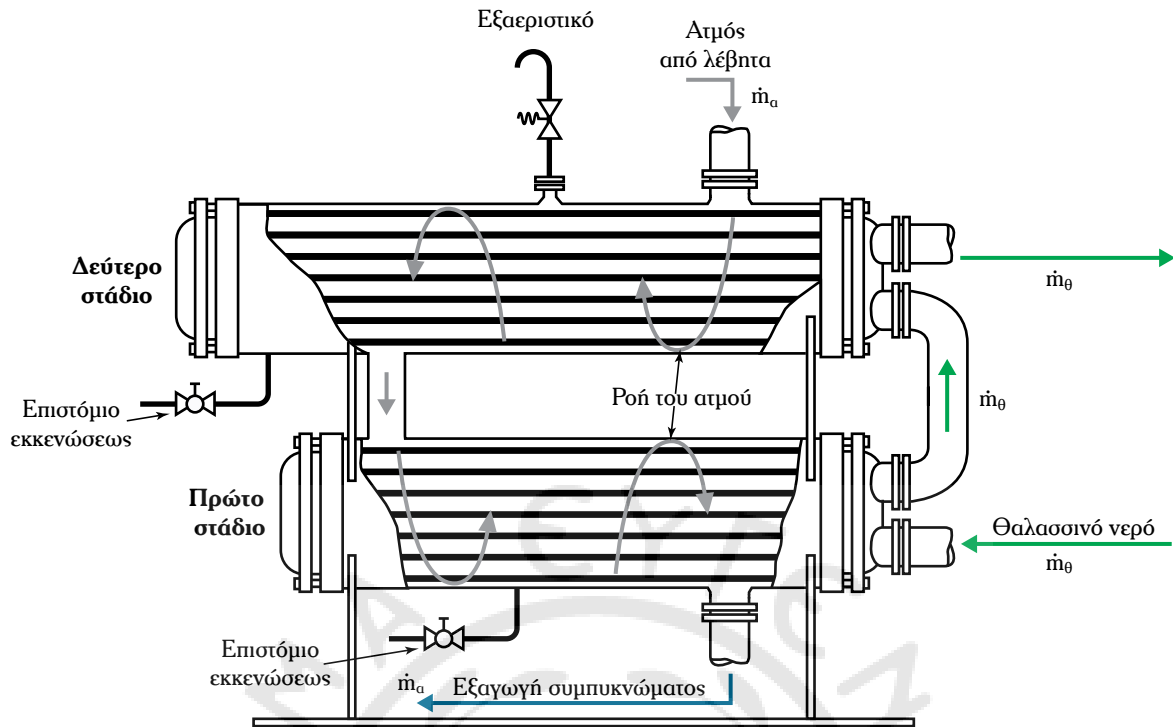
ζ) Η αντικατάσταση των φθαρμένων τμημάτων
ή το τάπωμα των αυλών στους προθερμαντήρες με
αυλούς.

η) Η συναρμολόγησή τους.

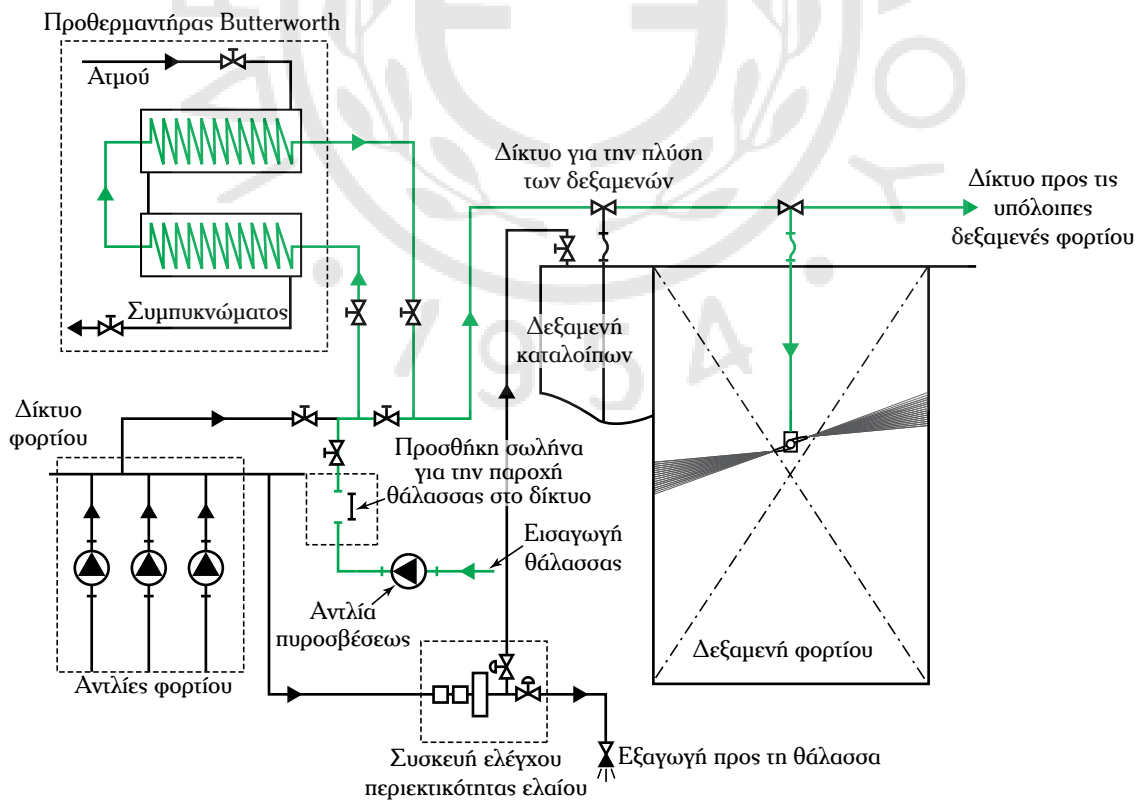
θ) Ο έλεγχος της στεγανότητας και

ι) η σύνδεση των προθερμαντήρων στο δίκτυο.

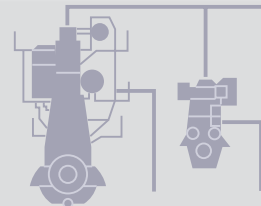
¹ Εξυδατωτικός κρουσός ονομάζεται μία βαλβίδα στο χαμηλότερο σημείο μιας δεξαμενής, μέσω της οποίας μπορεί να γίνει η εκκένωση μιας δεξαμενής ή να απομακρυνθεί κάποια ποσότητα υγρού. Ανάλογα με τους προθερμαντήρες, χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των υγρών που συμπυκνώνονται στο χαμηλότερο σημείο του προθερμαντήρα.



Σχ. 3.8ε
Προθερμαντήρας Butterworth δύο σταδίων.



Σχ. 3.8στ
Τυπική διάταξη δικτύου πλήσεως με προθερμαντήρα Butterworth.



4.1 Δίκτυα.

Οι σωλήνες των δικτύων (pipe lines) που διέρχονται απ' τους χώρους του πλοίου δημιουργούν ομάδες σωλήνων που αναπτύσσονται σε παράλληλη ή κάθετη διάταξη, γι' αυτό είναι απαραίτητη η εξωτερική τους σήμανση, παρέχοντας την πληροφορία του είδους του ρευστού που τους διαρρέει. Μια πρακτική που ακολουθείται διεθνώς είναι ο εξωτερικός **χρωματισμός των σωλήνων** (color code)¹ με δακτυλίους, ώστε κάθε χρώμα να αντιστοιχεί σε ανάλογο ρευστό. Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται είναι **πράσινο** για τη θάλασσα, **μπλε** για το γλυκό νερό, **λευκό** ή **γκρι** για τον αέρα, **ασημί** για τον ατμό, **μαύρο** για λύματα, ακαθαρσίες και έρμα, **κίτρινο** για το λάδι, **κόκκινο** για το δίκτυο πυροσβέσεως, **καφέ** για το βαρύ πετρέλαιο και **χάλκινο** για το πετρέλαιο ντήζελ.

Μ' αυτόν τον τρόπο καθίσταται ευκολότερη η διάκριση του ρευστού που διαρρέει τον σωλήνα, χωρίς να είναι απαραίτητη η αποσυναρμολόγησή του.

Επίσης, τα δίκτυα ενός πλοίου και η ανάπτυξή τους παριστάνονται αναλυτικά σε σχέδια που παρέχονται από τους κατασκευαστές. Σ' αυτά αναφέρονται λεπτομερώς:

α) Η ανάπτυξη του δικτύου των σωλήνων και των παρακάμψεων.

β) Το μέγεθος των σωλήνων (pipe size).

γ) Ο αριθμός και ο τύπος των επιστομιών ή βαλβίδων.

δ) Η θέση των μηχανημάτων στη διάταξη του δικτύου.

ε) Η θέση και ο αριθμός των αντλιών.

στ) Ο εναλλακτικός τρόπος συνδέσεως και εξυπηρέτησεως ενός δικτύου από άλλα δίκτυα.

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναφέρονται τα βασικά δίκτυα που συναντώνται γενικά στα πλοία και σχετίζονται με τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανημάτων, ενώ κάποια απ' αυτά αναλύονται περαιτέρω, με την ανάπτυξη των βοηθητικών μηχανημάτων σε αντίστοιχα κεφάλαια.

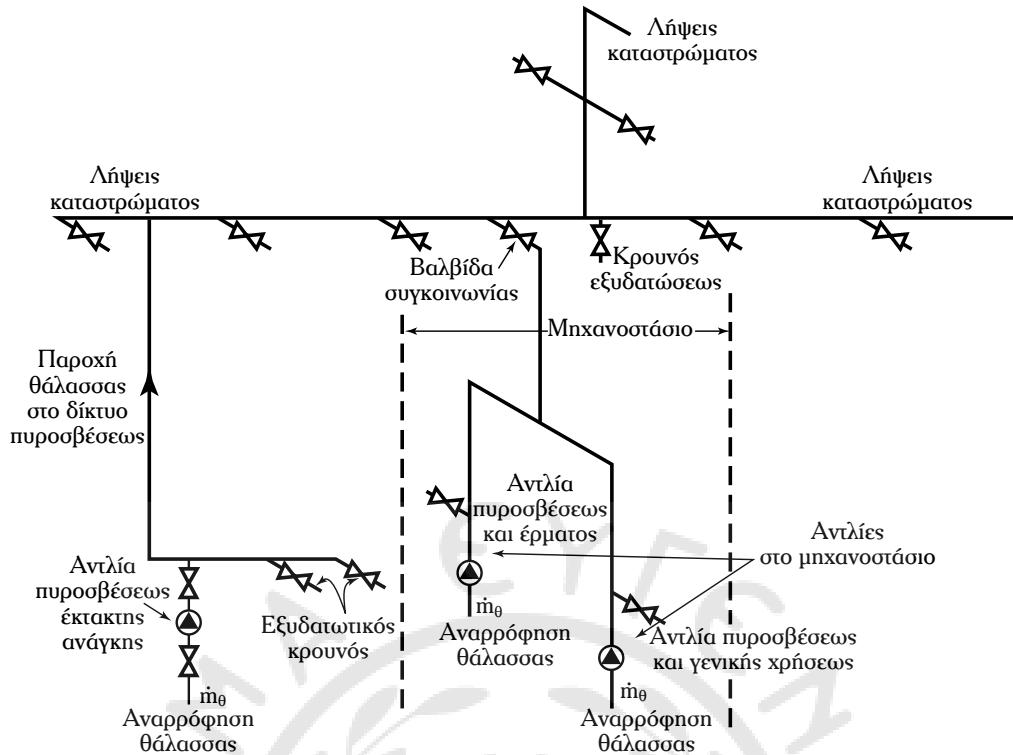
4.1.1 Δίκτυα πυροσβέσεως (πυρκαγιάς).

Τα μόνιμα **δίκτυα πυροσβέσεως** (πυρκαγιάς) (fire lines) αναπτύσσονται με σκοπό την άμεση ανταπόκριση της καταστολής μιας πυρκαγιάς. Ορισμένα από αυτά είναι ειδικά σχεδιασμένα για συγκεκριμένους τύπους πλοίων, ενώ όλα χαρακτηρίζονται κυρίως από το μέσο κατασβέσεως που χρησιμοποιείται. Οι εγκαταστάσεις των μόνιμων δικτύων πυροσβέσεως που συνήθως συναντώνται στα πλοία είναι το δίκτυο πυροσβέσεως με θάλασσα, το μόνιμο σύστημα πυροσβέσεως με διοξείδιο του άνθρακα, το μόνιμο σύστημα πυροσβέσεως με αφρό και το μόνιμο σύστημα καταιονισμού. Αναλυτικότερα:

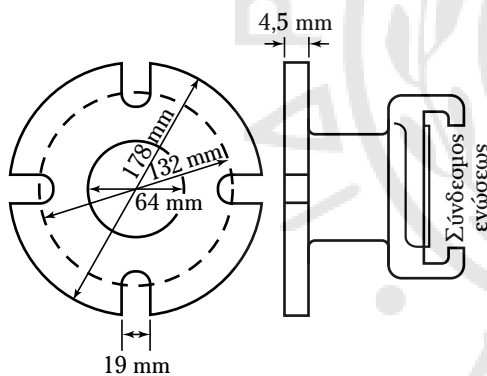
1) Το νερό αποτελεί το κύριο μέσο πυροσβέσεως στο πλοίο και το **δίκτυο πυροσβέσεως με θάλασσα** ή **δίκτυο πυρκαγιάς** (fire main line) αποτελεί τη βασική εγκατάσταση για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς. Το δίκτυο εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου, απ' τους χώρους του μηχανοστασίου ως το υψηλότερο σημείο του, ενώ σε καίρια σημεία είναι εγκατεστημένοι σταθμοί με κρουνοί που ονομάζονται και **λήψεις νερού** (σχ. 4.1α). Στις λήψεις συνδέονται εύκαμπτοι σωλήνες με ακροφύσια διπλής λειτουργίας, από τα οποία εκτοξεύεται νερό, είτε σε συμπαγή ροή, είτε με τη μορφή σταγονιδίων-ομίχλης. Στο κατάστρωμα επίσης τα ακροφύσια συνδέονται σε σταθερή βάση (κοινώς κανονάκια), που περιστρέφονται εκτοξεύοντας το νερό με πίεση προς διάφορες κατευθύνσεις. Η πίεση του νερού κυμαίνεται από 5 – 10 kg/cm² (1kg/cm² = 1kP/cm²) και με τον συνδυασμό των σταθερών ακροφυσίων με αυτά που συνδέονται στους εύκαμπτους σωλήνες (μάνικες) επιτρέπεται η παροχή του νερού για την κατάσβεση πυρκαγιάς σε όλα τα σημεία του πλοίου.

Η θάλασσα που διαρρέει το δίκτυο πυροσβέσεως παρέχεται από δύο αντλίες, που είναι εγκατεστημένες στο μηχανοστάσιο. Ανοίγοντας κατάλληλα επιστόμια, εξυπηρετούνται και άλλα δίκτυα, γι' αυτό ονομάζο-

¹ Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14726-1, που ορίζει τα βασικά χρώματα που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα των πλοίων.



Σχ. 4.1α
Διαγραμματική παράσταση δικτύου πυροσβέσεως.



Σχ. 4.1β
Διεθνής σύνδεσμος ξηράς.



νται **αντλίες πυροσβέσεως** και **γενικής χρήσεως** (fire and general service pumps). Στην περίπτωση αποκλεισμού του μηχανοστασίου ή διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος, κατά την οποία δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν οι αντλίες πυροσβέσεως και γενικής χρήσεως του μηχανοστασίου, η θάλασσα στο δίκτυο πυροσβέσεως παρέχεται μέσω του επιστομίου συγκοινωνίας από την **αντλία πυροσβέσεως έκτακτης ανάγκης** (emergency fire pump). Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα πυροσβέσεως είναι κατασκευασμένοι από γαλβανισμένο χάλυβα, ενώ ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του πλοίου, η διάμετρος τους κυμαίνεται από 50–178 mm.

Σε κατάλληλη θέση του κύριου δικτύου πυροσβέσεως, συνήθως στην πρύμνη του καταστρώμα-

τος του πλοίου, εγκαθίσταται ο διεθνής σύνδεσμος ξηράς (σχ. 4.1β), που αποτελείται από μια φλάντζα (περιαυκένιο) με συγκεκριμένες διαστάσεις και τρόπο κατασκευής, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, ενώ πάνω σε αυτήν εφαρμόζεται ένας σύνδεσμος ενώσεως. Η φλάντζα, όπως και τα υλικά στεγανοποίησης, πρέπει να είναι ανθεκτική σε πίεση λειτουργίας 10,5 bar, ενώ συνδέεται στη φλάντζα του σωλήνα του δικτύου με τέσσερις βίδες διαμέτρου 16 mm, μήκους 50 mm, με οκτώ ροδέλες, που αντιστοιχούν σε δύο για κάθε βίδα.

2) Στο **μόνιμο σύστημα πυροσβέσεως με διοξείδιο του άνθρακα** (CO₂ system), το αέριο CO₂ διαχέεται μέσω σωλήνων στον κλειστό χώρο, όπου έχει εκδηλωθεί πυρκαγιά, εκτοπίζοντας τον αέρα

και μαζί το οξυγόνο, που υποστηρίζει την καύση, επιτυγχάνοντας την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Το σύστημα αποτελείται απ' τις φιάλες αποθηκεύσεως του διοξειδίου του άνθρακα που είναι εγκατεστημένες στον χώρο αποθηκεύσεως του CO₂ και ο αριθμός τους εξαρτάται από την απαιτούμενη ποσότητα CO₂ που πρέπει να αποθηκευτεί. Το σύστημα επίσης αποτελείται από την καμπίνα ελέγχου, μία διάταξη ενεργοποίησης του συστήματος, η οποία ενεργεί στις βαλβίδες των φιαλών, την κύρια βαλβίδα απ' την οποία διέρχεται το διοξείδιο του άνθρακα, το δίκτυο των σωλήνων διανομής και τα ακροφύσια του μηχανοστασίου (σχ. 4.1γ).

Το μόνιμο σύστημα πυροσβέσεως (CO₂) χρησιμοποιείται όταν η πυρκαγιά είναι αρκετά σοβαρή και για να χρησιμοποιηθεί, απαιτείται η εκκένωση του μηχανοστασίου ή του κλειστού χώρου που προστατεύεται.

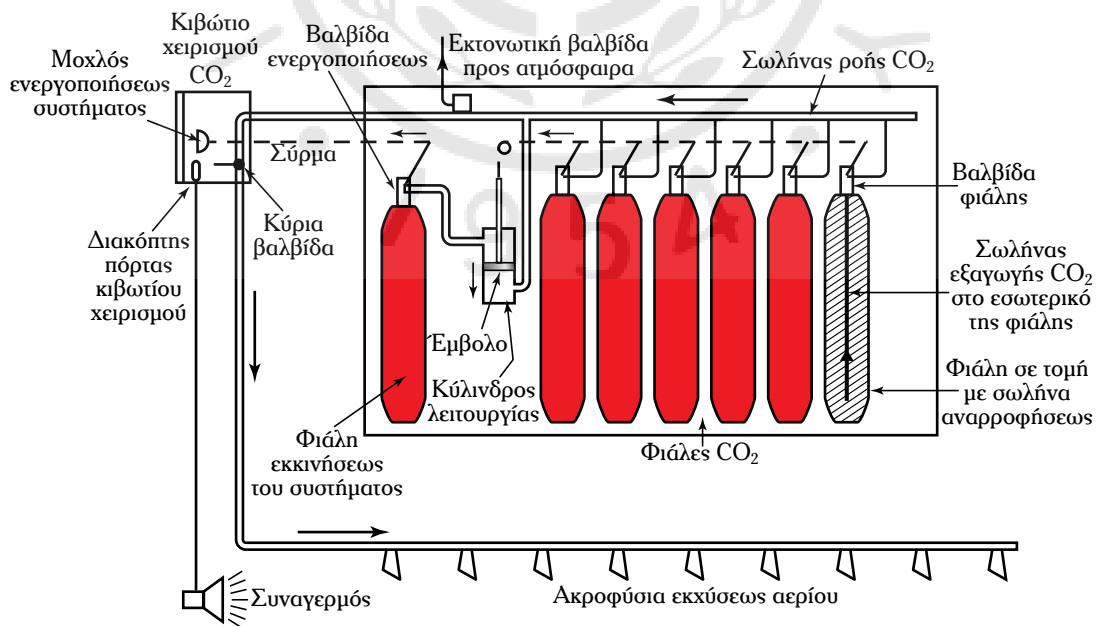
Η εκκίνηση του συστήματος πραγματοποιείται από την καμπίνα χειρισμού, ενώ η πόρτα της καμπίνας διαθέτει διακόπτη (σχ. 4.1δ). Με το άνοιγμα της πόρτας, όπου είναι εγκατεστημένος ο μοχλός ενεργοποίησης και η κύρια βαλβίδα χειρισμού, ενεργοποιείται συναγερμός για την εκκένωση του μηχανοστασίου, προλαμβάνοντας ατυχήματα από τον εγκλωβισμό μελών του πληρώματος σ' αυτό. Σε ορισμένες εγκαταστάσεις πλοίων, στην καμπίνα χειρισμού, υπάρχει επί πλέον διακόπτης διακοπής της λειτουργίας των

ανεμιστήρων εξαερισμού του μηχανοστασίου και των αντλιών παροχής καυσίμου των μηχανημάτων. Απαραίτητη προϋπόθεση πριν την εκκίνηση της διαδικασίας πυροσβέσεως με την απελευθέρωση του αερίου είναι όλες οι πόρτες και τα ανοίγματα του μηχανοστασίου να είναι κλειστά.

Η ενεργοποίηση του συστήματος πραγματοποιείται με μοχλό χειρισμού, που συνδέεται μέσω σύρματος σε βαλβίδα της φιάλης εκκίνησης του συστήματος (σχ. 4.1γ). Το αέριο που ελευθερώνεται από τη φιάλη εκκίνησης του συστήματος μετατοπίζει το έμβολο ενός κυλίνδρου και το βάκτρο του εμβόλου συνδέεται με σύρμα στις βαλβίδες των φιαλών αποθηκεύσεως του CO₂. Οι βαλβίδες των φιαλών, όταν ανοίξουν, παρέχουν το αέριο στο δίκτυο πυροσβέσεως μέσω της κύριας βαλβίδας, ώστε να πραγματοποιηθεί στιγμιαία η απελευθέρωση της απαραίτητης ποσότητας του αερίου που απαιτείται στο μηχανοστάσιο για την κατάσβεση της πυρκαγιάς.

Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς¹, το 85% του αερίου πρέπει να έχει απελευθερωθεί εντός δύο λεπτών, ενώ η ποσότητα του αερίου πρέπει:

α) Να είναι επαρκής, παρέχοντας όγκο ελεύθερου αερίου ίσο με το 40% του όγκου του χώρου στον οποίο εκτονώνεται, εκτός αν η οριζόντια περιοχή που περικλείεται από τα τοιχώματα του χώρου εκτονώσεως του αερίου είναι μικρότερη του 40% του γενικού χώρου που πρέπει να καλυφθεί απ' το αέριο.



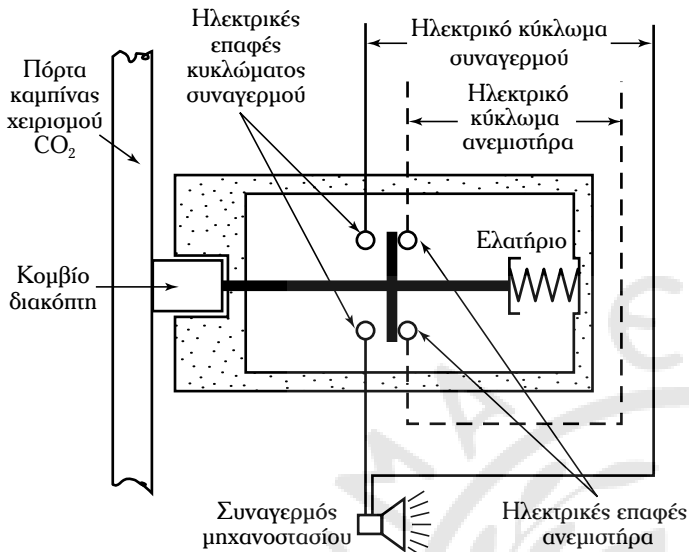
Σχ. 4.1γ

Διάταξη μόνιμου συστήματος πυροσβέσεως με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

¹ Διεθνής Κώδικας για τα συστήματα πυροσβέσεως στα πλοία (IMO-SOLAS INTERNATIONAL Code Fire Safety Systems Annex 6).

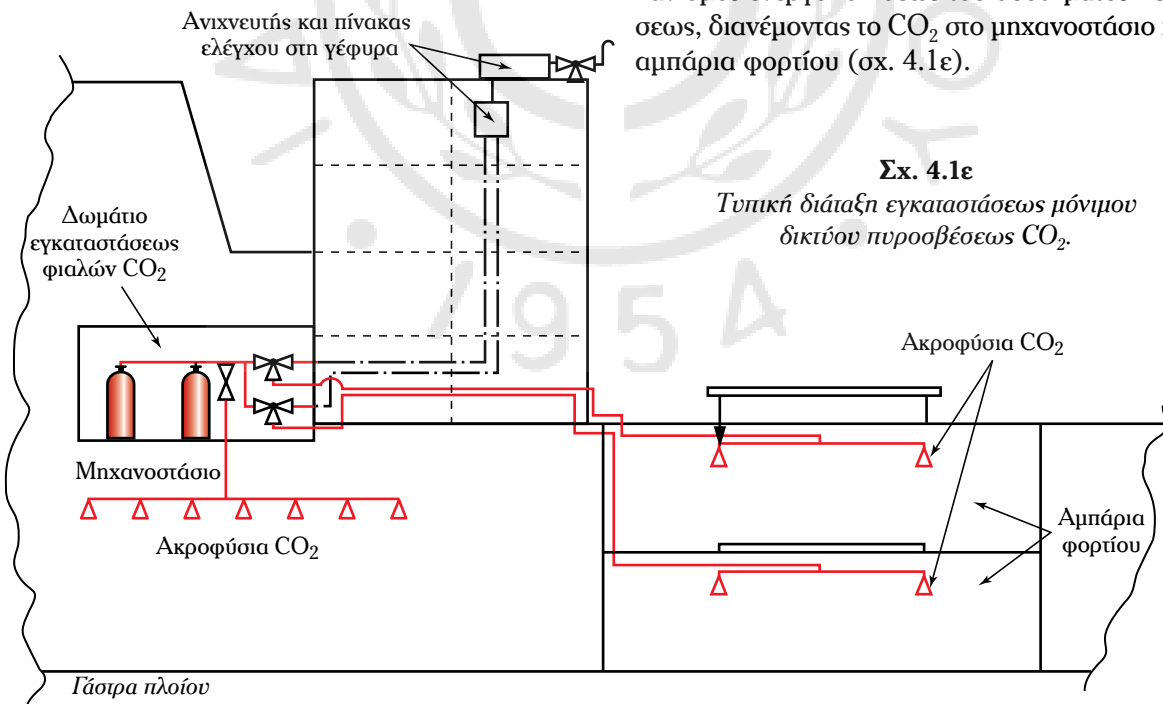
β) Να είναι επαρκής, παρέχοντας όγκο ελεύθερου αερίου ίσο με το 35% του συνολικού χώρου στον οποίο εκτονώνεται και να τον καλύπτει σε μέγιστο χρονικό όριο δύο λεπτών.

Οι σωλήνες διανομής του δικτύου είναι κατασκευ-



Σχ. 4.16

Διάταξη διακόπτη πόρτας και κιβωτίου χειρισμού καμπίνας CO₂.



Σχ. 4.1ε

Τυπική διάταξη εγκατάστασης μόνιμου δικτύου πυροσβέσεως CO₂.

ασμένοι από γαλβανισμένο μαλακό κάλυβα για να προστατεύονται από τη διάβρωση, ενώ οι φιάλες από χυτοκάλυβα υπόκεινται σε *υδραυλική δοκιμή*¹ με πίεση περίπου 228 bar.

Το CO₂ στις φιάλες αποθηκεύεται σε υγρή μορφή και με πίεση περίπου 52 bar (750 lib/in²). Η πίεση αυτή μεταβάλλεται υπό την επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, που δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 55°C. Μέσα στις φιάλες υπάρχει σωλήνας (σίφωνας) αναρροφήσεως, εξασφαλίζοντας ότι το CO₂ εξέρχεται από τις φιάλες σε υγρή κατάσταση. Σε διαφορετική περίπτωση, το CO₂ θα εξατμιζόταν στην επιφάνεια του υγρού, όπου, απορροφώντας τη λανθάνουσα θερμότητα, θα προκαλούσε το πάγωμα του υπόλοιπου CO₂, που υπάρχει στη φιάλη. Το περιεχόμενο κάθε φιάλης ελέγχεται με ζύγιση ή με τη βοήθεια συσκευής ενδείξεως στάθμης με ακτινοβολία, ενώ η επαναπλήρωσή τους είναι απαραίτητη, αν κατά τον έλεγχο διαπιστωθεί ότι η απώλεια βάρους στο περιεχόμενο κάποιων φιάλης υπερβαίνει το 10%.

Ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, ο έλεγχος του συστήματος πυροσβέσεως με CO₂ μπορεί να πραγματοποιηθεί από καμπίνα, που περιέχει ανιχνευτή καπνού και βρίσκεται εγκατεστημένη στη γέφυρα. Στην καμπίνα αυτή είναι εγκατεστημένος και ο μηχανισμός ενεργοποιήσεως του συστήματος πυροσβέσεως, διανέμοντας το CO₂ στο μηχανοστάσιο και στα αμπάρια φορτίου (σχ. 4.1ε).

¹ Υδραυλική δοκιμή ονομάζεται η διαδικασία ελέγχου της αντοχής σε κόπωση ενός δοχείου ή σωλήνα, με την χρήση ενός ρευστού (νερού ή υδραυλικού ελαίου) σε συνθήκες ελεγχόμενης πίεσεως. Στα συστήματα πυροσβέσεως σε υδραυλική δοκιμή υπόκεινται οι φιάλες CO₂, οι πυροσβεστήρες και οι σωλήνες του δικτύου πυροσβέσεως.

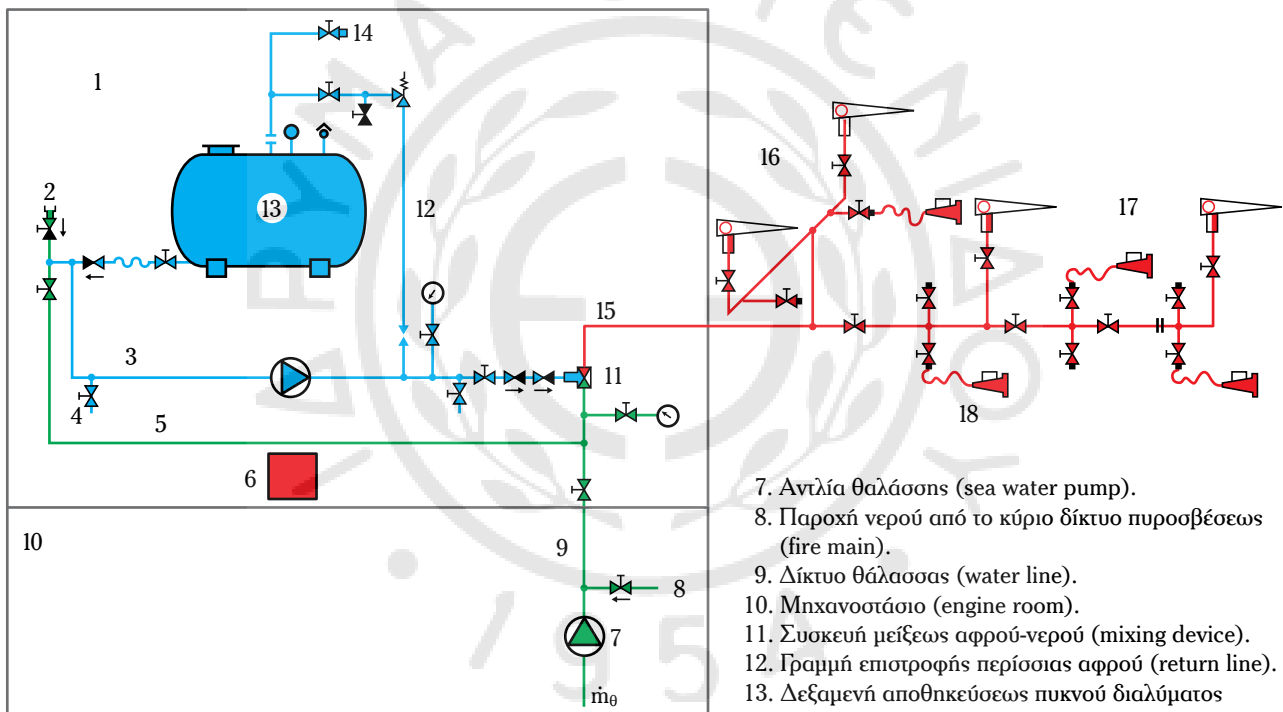
Μία εναλλακτική λύση για την αποθήκευση του CO₂ σε μεμονωμένες φιάλες για τις μεγάλες εγκαταστάσεις είναι η αποθήκευσή του σε δεξαμενή. Με αυτόν τον τρόπο αποθηκεύσεως απαιτείται ψυκτική μονάδα, ώστε να διατηρείται το CO₂ σε πίεση 21 bar στους -17°C. Η δεξαμενή πρέπει να είναι κατασκευασμένη από χάλυβα με πρόσμειξη 3,5% σε νικέλιο¹.

Για την ψύξη του CO₂ χρησιμοποιούνται δύο ψυκτικές μονάδες, με δυνατότητα η κάθε μία από μόνη της να διατηρήσει την απαιτούμενη θερμοκρασία στη δεξαμενή αποθηκεύσεως. Για να προφυλαχτεί η δεξαμενή σε περίπτωση βλάβης της ψυκτικής μονάδας, είναι εγκατεστημένη ασφαλιστική διάταξη ρυθμισμένη να ανοίξει όταν η πίεση υπερβεί τα 24,5 bar, οδηγώντας το CO₂, μέσω σωλήνα, σε σημείο όπου δεν

υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν ατυχήματα από την ελευθέρωσή του προς την ατμόσφαιρα.

3) Το **μόνιμο σύστημα πυροσβέσεως με αφρό** (foam system) (σχ. 4.1στ) χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση πυρκαγιών σε υγρά στο κατάστρωμα και στις δεξαμενές φορτίου.

Η εγκατάσταση είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε η κατάλληλη ποσότητα υγρού αφρού από τη δεξαμενή αποθηκεύσεως να αναμειγνύεται μέσω **αυτόματης ρυθμιστικής μονάδας** (inductor) με μεγάλη ποσότητα νερού και στη συνέχεια να καταθλίβεται στο κύριο δίκτυο πυροσβέσεως. Το μείγμα, στη συνέχεια, μέσω του κύριου δικτύου εξέρχεται απ' τους πυροσβεστικούς κρουνοί ή τα κανονάκια αφρού, που είναι τοποθετημένα στο κατάστρωμα του πλοίου.



1. Σταθμός εγκαταστάσεως μονάδας αφρού (foam station).
2. Παροχή γλυκού νερού για την πλύση του δικτύου (fresh water flush).
3. Δίκτυο πυκνού διαλύματος αφρού (foam concentrate line).
4. Κρουνός εξυδατώσεως (drain).
5. Δίκτυο πλύσεως (flushing line).
6. Ερμάριο (κουτί) με διακόπτες εκκινήσεως του συστήματος (STARTER station).

7. Αντλία θαλάσσης (sea water pump).
8. Παροχή νερού από το κύριο δίκτυο πυροσβέσεως (fire main).
9. Δίκτυο θάλασσης (water line).
10. Μηχανοστάσιο (engine room).
11. Συσκευή μείξεως αφρού-νερού (mixing device).
12. Γραμμή επιστροφής περίσσειας αφρού (return line).
13. Δεξαμενή αποθηκεύσεως πυκνού διαλύματος αφρού (foam concentrate tank).
14. Δίκτυο πλήρωσεως αφρού (filling line).
15. Δίκτυο πυροσβέσεως διαλύματος αφρού-νερού (water/foam solution line).
16. Κανονάκια εκτοξεύσεως αφρού στο επίστεγο του πλοίου (roop deck).
17. Κανονάκια εκτοξεύσεως αφρού στο κατάστρωμα (cargo tank deck).
18. Συσκευή υψηλής εκτονώσεως αφρού.

Σχ. 4.1στ

Διάταξη μόνιμου συστήματος πυροσβέσεως με αφρό.

¹ Το κράμα χάλυβα με πρόσμειξη 3,5% σε νικέλιο χρησιμοποιείται για μεταλλικές κατασκευές (δεξαμενές, σωλήνες κ.ά.), όπου το υλικό είναι απαραίτητο να έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής, ώστε να προλαμβάνεται ο κίνδυνος θραύσεως π.χ. της δεξαμενής, από την θερμική κόπωση.

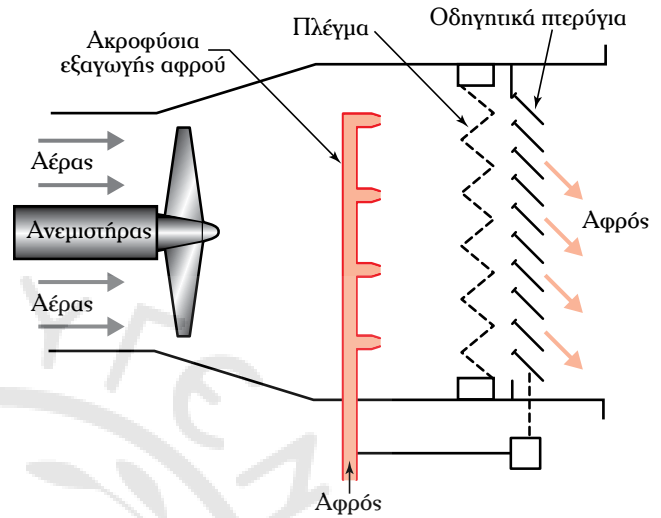
ου. Απ' το κύριο δίκτυο τροφοδοτούνται επίσης και οι φορητές συσκευές εκτοξεύσεως αφρού, ενώ για την κατάσβεση μιας πυρκαγιάς σε σημεία υψηλού κινδύνου στο πλοίο, ενδέχεται να υπάρχουν εγκατεστημένα και μόνιμα ακροφύσια παροχής αφρού.

Για την παραγωγή μεγάλου όγκου αφρού χρησιμοποιούνται συστήματα υψηλής εκτονώσεως, με τα οποία παράγεται ο αφρός με την ανάμειξη μείγματος νερού, αφρού και αέρα σε κατάλληλη συσκευή. Η συσκευή (σχ. 4.1ζ) αποτελείται από κυματοειδές πλέγμα, όπου ο αριθμός των οπών καθορίζει τον βαθμό εκτονώσεως και τον όγκο του παραγόμενου αφρού. Ο αέρας παρέχεται από ηλεκτροκίνητο ανεμιστήρα, ενώ είναι εγκαταστημένα και κατάλληλα οδηγητικά πτερύγια που οδηγούν τον αφρό προς το σημείο της πυρκαγιάς.

Η ταχύτητα παραγωγής του αφρού πρέπει να είναι επαρκής για την πλήρωση του μέγιστου χώρου που προστατεύεται με ρυθμό ανόδου του αφρού μέσα στον χώρο που καταθλίβεται 1 m/s.

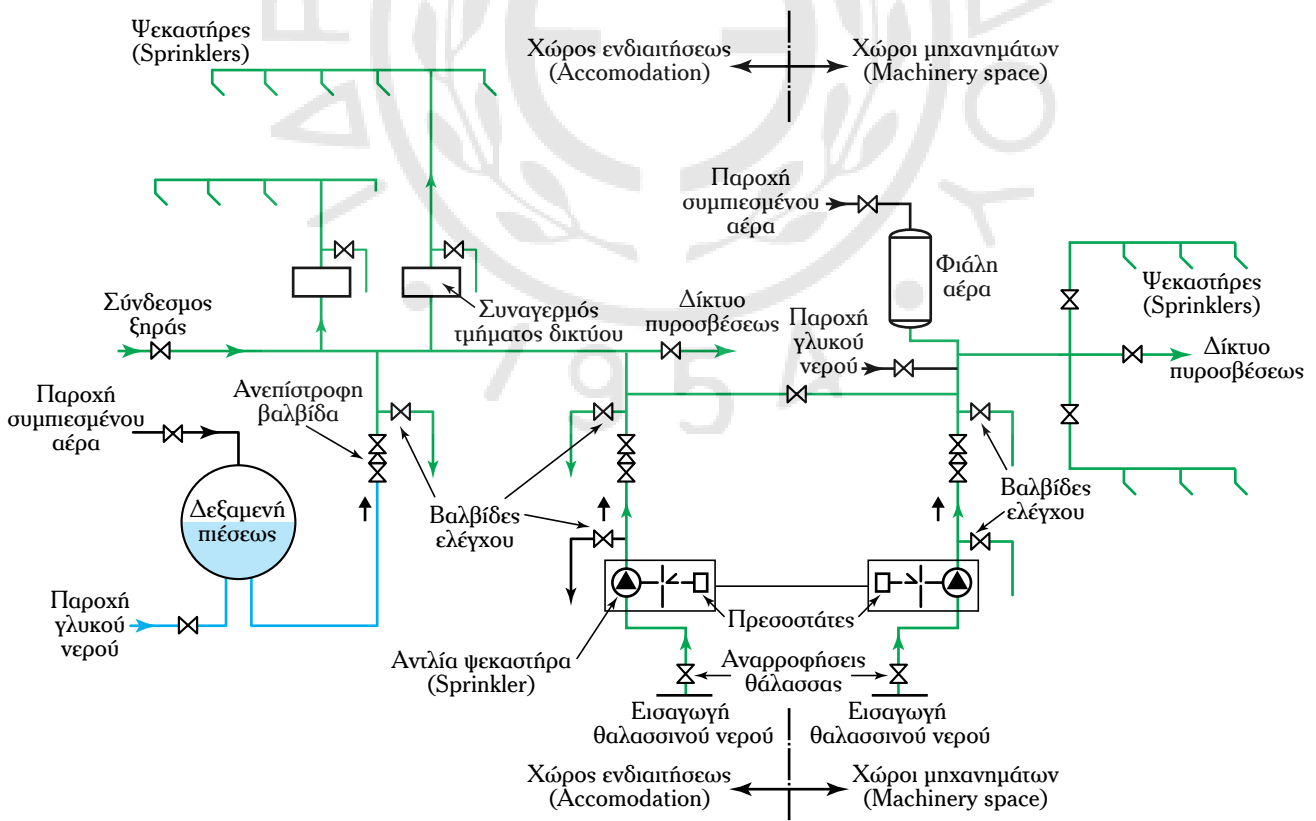
4) Το **μόνιμο σύστημα καταιονισμού** (sprinkler system) (σχ. 4.1η), αποτελεί ένα αυτόματο σύ-

στημα ανιχνεύσεως της φωτιάς και καταιονισμού με νερό στους χώρους ενδιαιτήσεως, ενώ με κάποιες διαφοροποιήσεις στον **εξοπλισμό** και στον **τρόπο λειτουργίας** του συστήματος, χρησιμοποιείται και σε χώρους όπου είναι εγκατεστημένα μηχανήματα.



Σχ. 4.1ζ

Παράσταση συσκευής υψηλής εκτονώσεως αφρού.



Σχ. 4.1η

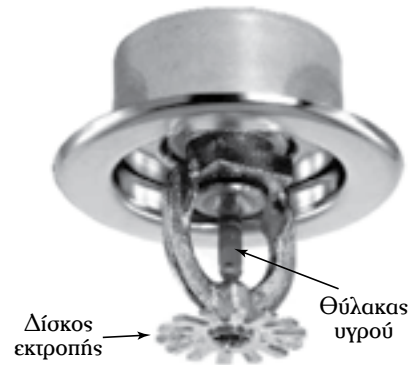
Τυπικό δίκτυο με ψεκαστήρες σε μόνιμο σύστημα καταιονισμού.

Η εγκατάσταση είναι έτοιμη για χρήση όταν διατηρείται υπό πίεση το δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με την είσοδο συμπιεσμένου αέρα στη δεξαμενή πίεσης, που περιέχει το γλυκό νερό για την άμεση αρχική παροχή νερού στο δίκτυο. Η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου, ο οποίος προστατεύεται από τον ψεκαστήρα καταιονισμού, προκαλεί τη διαστολή του υγρού που περιέχει ένας **θύλακας** (quartzoid), ο οποίος διατηρεί κλειστό το στόμιο εξαγωγής νερού του ψεκαστήρα (σχ. 4.1θ). Με την αύξηση της θερμοκρασίας και τη διαστολή του υγρού προκαλείται η θραύση του θύλακα. Τότε το νερό εξέρχεται με πίεση, ψεκάζοντας τον χώρο της πυρκαγιάς. Η παροχή νερού από τον ψεκαστήρα προκαλεί την πτώση της πίεσης στη δεξαμενή με το γλυκό νερό, με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί η αντλία πυροσβέσεως, η οποία αναρροφώντας θαλασσινό νερό τροφοδοτεί το δίκτυο για όσο χρόνο απαιτείται για την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Η αρχική διατήρηση του δικτύου γεμάτου με γλυκό νερό έχει ως σκοπό την προστασία των μηχανημάτων και των ψεκαστήρων από τη διάβρωση που θα προκαλούσε η παραμονή του θαλασσινού νερού σ' αυτό.

Το δίκτυο καταιονισμού χωρίζεται σε τμήματα (ανάλογα με το μέγεθος το δικτύου), σε κάθε ένα από τα οποία είναι εγκατεστημένοι από 150 έως 200 ψεκαστήρες, που αποτελούν τον μέγιστο, από τους κανονισμούς του IMO, επιτρεπόμενο αριθμό. Κάθε τμήμα του δικτύου ελέγχεται από μηχανισμό ενεργοποίησης συναγερμού, ενώ ταυτόχρονα παρέχεται απεικόνιση, προσδιορίζοντας το τμήμα όπου υπάρχει φωτιά.

Η διαφοροποίηση των ψεκαστήρων (sprayers), που είναι εγκατεστημένοι στο τμήμα του δικτύου το οποίο προστατεύει τους χώρους των μηχανημάτων, είναι ότι δεν διαθέτουν θύλακα με υγρό που διαστέλλεται. Η ενεργοποίηση του δικτύου γίνεται από χειροκίνητη βαλβίδα, ενώ το σύστημα βρίσκεται υπό πίεση από συμπιεσμένο αέρα, που όταν μειωθεί, ενεργοποιείται η αντλία παροχής θαλασσινού νερού στους ψεκαστήρες.

Τα δύο δίκτυα που προστατεύουν τους χώρους ενδιαίτησης και μηχανημάτων συνδέονται με βαλβίδα, η οποία συνήθως διατηρείται κλειστή. Η επιθεώρηση του συστήματος είναι αναγκαία και πραγματοποιείται από δοκιμές σε βαλβίδες διαφορετικών τμημάτων του συστήματος. Εάν μετά τη χρήση του συστήματος ή κατά τον έλεγχο του διαπιστωθεί ότι στο δίκτυο υπάρχει θαλασσινό νερό, πρέπει να εκ-



Σχ. 4.1θ

Ψεκαστήρας νερού με θύλακα υγρού
(sprinkler with quartzoid).

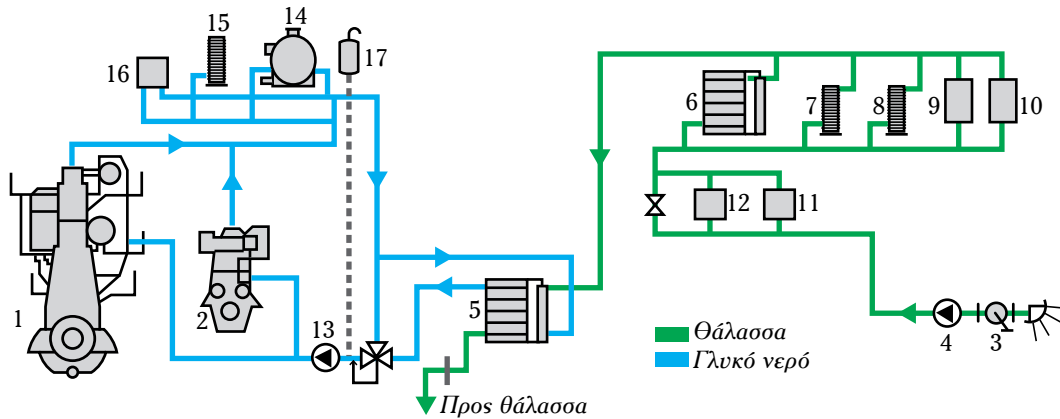
κνωθεί και να πληρωθεί εκ νέου με γλυκό νερό, προλαμβάνοντας τη διάβρωση.

4.1.2 Δίκτυο ψύξεως.

Σκοπός της αναπύξεως του **δικτύου ψύξεως** (cooling sea water line) είναι η απαγωγή της θερμότητας που παράγεται στα μηχανήματα απ' τη λειτουργία τους. Το ψυκτικό μέσο που κυκλοφορεί στο δίκτυο ενός πλοίου είναι το θαλασσινό νερό, που ψύχει άμεσα ή έμμεσα τα ψυγεία των επί μέρους δικτύων ψύξεως κάθε μηχανήματος.

α) Στο δίκτυο με άμεση ψύξη, η **κύρια αντλία θαλάσσης** (main sea water pump) κυκλοφορεί τη θάλασσα μέσα από τα **ψυγεία των χιτωνίων της κύριας μηχανής** (jacket coolers), το **ψυγείο ελαίου της κύριας μηχανής** (engine lube oil coolers), το **ψυγείο εμβόλων της κύριας μηχανής** (M/E piston coolers), τα **ψυγεία χιτωνίων και ελαίου των ηλεκτρομηχανών** (D/G jacket και oil coolers), το **ψυγείο συμπυκνώματος** (condenser), το **ψυγείο επιστροφών ατμού** (drain cooler), το **ψυγείο του αεροσυμπιεστή** (air compressor coolers), τα **ψυγεία των κλιματιστικών μηχανημάτων** (air condition coolers) και μέσα από μικρότερα ψυγεία ή συσκευές ανάλογα με τον τύπο κατασκευής του πλοίου (σχ. 4.1ι).

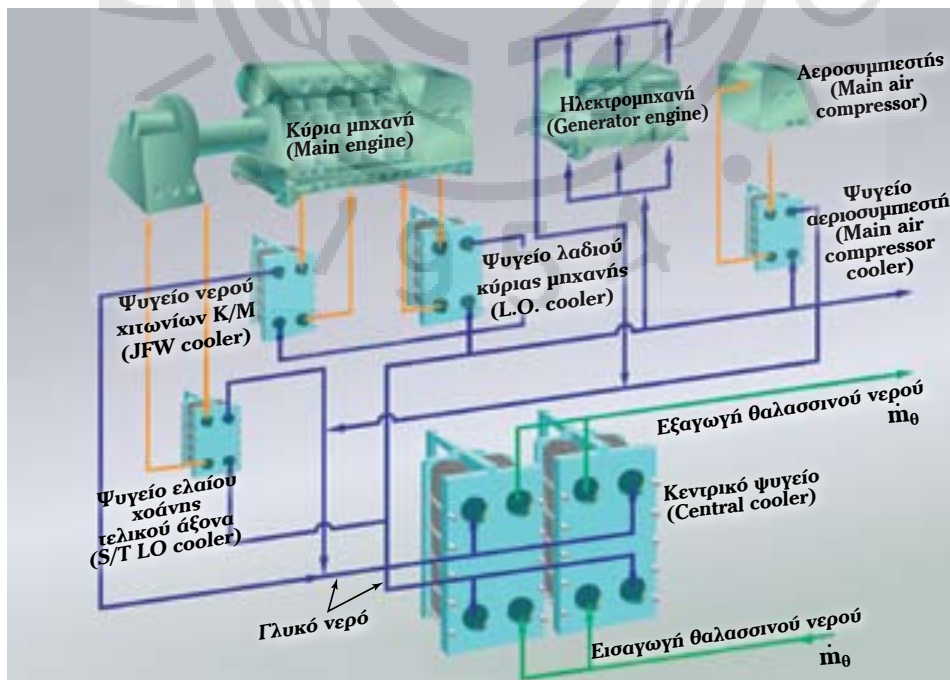
β) Στο δίκτυο με έμμεση ψύξη με θάλασσα ή **κεντρικό σύστημα ψύξεως** (central cooling system), η κυκλοφορία του θαλασσινού νερού περιορίζεται μόνο στα δύο **κεντρικά ψυγεία** (central coolers) (σχ. 4.1ια). Το δίκτυο ψύξεως για τα ψυγεία των επιμέρους μηχανημάτων, όπως της κύριας μηχανής, των ηλεκτρομηχανών κ.λπ. είναι ένα κλειστό κύκλωμα που διαρρέεται από γλυκό νερό. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται σ' αυτό το σύστημα ψύξεως είναι



1. Κύρια μηχανή (main engine).
2. Ηλεκτρομηχανή (auxiliary engine).
3. Φίλτρο θαλάσσης (sea-water filter).
4. Αντλία θαλάσσης (sea-water pump).
5. Ψυγείο γλυκού νερού κιτωνίων [fresh-water cooler (central cooler)].
6. Ψυγείο ελαίου κύριας μηχανής (lubricating oil cooler, main engine).
7. Ψυγείο ελαίου ηλεκτρομηχανής (lubricating oil cooler, auxiliary engine).
8. Ψυγείο μειωτήρα (gear oil cooler).
9. Ψυγείο αεροσυμπεστή (compressor cooler).
10. Ψυγείο συμπυκνώματος (condenser).
11. Ψυγείο αέρα υπερπληρώσεως κύριας μηχανής (charging air cooler, main engine).
12. Ψυγείο αέρα υπερπληρώσεως ηλεκτρομηχανής (charging air cooler, auxiliary engine).
13. Αντλία γλυκού νερού ψύξεως (fresh-water pump).
14. Βραστήρας (destination unit).
15. Προθερμαντήρας γλυκού νερού (heat exchanger for central heating).
16. Προθερμαντήρας γενικής χρήσεως (heat exchanger for utility water).
17. Δεξαμενή εκτονώσεως νερού κιτωνίων (expansion tank).

Σχ. 4.11

Τυπική διάταξη κυκλοφορίας θαλασσινού νερού από τα ψυγεία και γλυκού νερού ψύξεως από κεντρικό ψυγείο για την ψύξη του νερού κιτωνίων.



Σχ. 4.11α

Τυπική διάταξη δικτύου κεντρικής ψύξεως.

οι **κύριες αντλίες θαλάσσης**, που αντλούν το θαλασσινό νερό. Μετά τη διέλευσή του από το κεντρικό ψυγείο, επιστρέφει στο περιβάλλον, ενώ η κυκλοφορία του γλυκού νερού στο κλειστό δίκτυο πραγματοποιείται από τις **αντλίες κυκλοφορίας του γλυκού νερού** (central cooler fresh water pumps). Για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του γλυκού νερού κυκλοφορίας στα επιθυμητά επίπεδα, η οποία επηρεάζεται από τη θερμοκρασία της θάλασσας και το φορτίο των μηχανμάτων που λειτουργούν, εγκαθίστανται αυτόματες ρυθμιστικές διατάξεις. Η διάταξη στο δίκτυο του γλυκού νερού αποτελείται από το αυτόματο επιστόμιο και το επιστόμιο παρακάμψεως, απ' τα οποία ρυθμίζεται η ποσότητα του γλυκού νερού που διέρχεται από το κεντρικό ψυγείο, ενώ αντίστοιχη διάταξη μπορεί να είναι εγκατεστημένη και στο δίκτυο της θάλασσας, που διέρχεται από το κεντρικό ψυγείο. Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα ψυγεία και οι αντλίες των δικτύων είναι διπλά, με δυνατότητα να λειτουργούν εναλλάξ ή παράλληλα.

Το δίκτυο ψύξεως του πλοίου εξαρτάται από τον τρόπο σχεδίασεως και το έτος ναυπηγήσεως του πλοίου, με το δίκτυο έμμεσης ψύξεως να συναντάται στις νεότερες κατασκευές. Συγκρίνοντας τα δύο δίκτυα διαπιστώνεται ότι:

α) Το άμεσο δίκτυο, ενώ σχεδιαστικά και πρακτικά φαίνεται πιο απλό σε σχέση με το έμμεσο, μειονεκτεί, διότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι πιο ανθεκτικά στη διάβρωση, λόγω του θαλασσινού νερού που το διαρρέει και το αναγκάζει να έχει μικρότερη διάρκεια λειτουργικής ζωής.

β) Στο άμεσο δίκτυο ο καθαρισμός των ψυγείων π.χ. ελαίου της κύριας μηχανής, του νερού ψύξεως των κιτωνίων της, των ψυγείων συμπυκνώματος κ.λπ. λόγω του θαλασσινού νερού που τα διαρρέει και της υψηλής θερμοκρασίας του ψυχόμενου ρευστού, δημιουργεί στις επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας ευκολότερα καταλατώσεις, ενώ υδρόβιοι οργανισμοί και ακαθαρσίες που παρασύρονται επιβάλλουν τον συχνό καθαρισμό των ψυγείων. Αντίθετα στο έμμεσο δίκτυο η θάλασσα περιορίζεται στην ψύξη του κεντρικού ψυγείου, ενώ το υπόλοιπο δίκτυο διαρρέεται από γλυκό νερό, με αποτέλεσμα τα υλικά κατασκευής του δικτύου να μην καταπονούνται από διάβρωση και ο καθαρισμός από καταλατώσεις και υδρόβιους οργανισμούς να περιορίζεται στο κεντρικό ψυγείο, που έρχεται σε επαφή με το θαλασσινό νερό.

γ) Το έμμεσο δίκτυο πλεονεκτεί του άμεσου διότι μέσω **παρακάμψεως** (by pass) περιορίζεται στο ελάχιστο η διέλευση γλυκού νερού από το κύριο ψυ-

γείο, όταν η θερμοκρασία της θάλασσας είναι πολύ χαμηλή. Τότε η ψύξη των ψυγείων του δικτύου επιτυγχάνεται με επανακυκλοφορία στο κλειστό δίκτυο του γλυκού νερού.

δ) Τέλος, το έμμεσο δίκτυο πλεονεκτεί του άμεσου διότι σε περίπτωση βλάβης σε κάποιο από τα ψυγεία που διαρρέονται από **ελαιώδη** και **πετρελαϊκά ρευστά**, η ρύπανση περιορίζεται στο κλειστό δίκτυο του γλυκού νερού δίχως να διαρρέονται αυτά στο περιβάλλον. Αντίθετα με το άμεσο, οποιαδήποτε διαρροή στο έμμεσο δίκτυο μπορεί να προκαλέσει είτε ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος είτε ανάμειξη του δικτύου με θαλασσινό νερό.

4.1.3 Δίκτυα πετρελαίου.

Τα **δίκτυα πετρελαίου** (fuel oil and diesel oil lines) αναπτύσσονται με σκοπό την παροχή του καυσίμου, την παραλαβή, τη μετάγγιση και την επεξεργασία του. Τα δίκτυα αυτά είναι:

α) Το **δίκτυο πετρελαίου της κύριας μηχανής** με τις **ενισχυτικές αντλίες παροχής καυσίμου** (booster pumps), τα φίλτρα και τους προθερμαντήρες που είναι εγκατεστημένοι στο δίκτυο.

Μέσω του δικτύου αυτού παρέχεται το καύσιμο στους καυστήρες για τη λειτουργία της κύριας μηχανής, σε υψηλή θερμοκρασία, η οποία επιτυγχάνεται από τους προθερμαντήρες. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του καυσίμου που το διαρρέει οι σωλίνες καλύπτονται με κατάλληλη μόνωση αποτρέποντας τις θερμικές απώλειες στο περιβάλλον του μηχανοστασίου. Σε πολλά δίκτυα μέσα από τη μόνωση παράλληλα με τους σωλίνες του καυσίμου αναπτύσσεται ένα δίκτυο με σωλίνες που διαρρέονται από ατμό για την διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας.

β) Το **δίκτυο παραλαβής καυσίμων**, μέσω του οποίου γίνεται η πλήρωση των δεξαμενών πετρελαίου, και το **δίκτυο μεταγγίσεως** από δεξαμενή σε δεξαμενή του καυσίμου, που πραγματοποιείται απ' τις **αντλίες μεταγγίσεως βαρέος πετρελαίου** [Heavy Fuel Oil (HFO) transfer pumps] και τις **αντλίες μεταγγίσεως πετρελαίου ντίζελ** (diesel oil transfer pump).

γ) Το **δίκτυο επεξεργασίας και καθαρισμού του πετρελαίου**, που αναπτύσσεται για την παροχή του πετρελαίου στους φυγοκεντρικούς καθαριστές.

δ) Το **δίκτυο παροχής καυσίμου των ηλεκτρομηχανών**, με το οποίο παρέχεται το καύσιμο για τη λειτουργία των ηλεκτρομηχανών. Ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται, το δίκτυο

αυτό μπορεί να είναι μονωμένο, όπως το δίκτυο της κύριας μηχανής για βαρύ πετρέλαιο ή να μην απαιτείται μόνωση όταν διαρρέεται από πετρέλαιο ντήζελ και

ε) το **δίκτυο παροχής καυσίμου στους λέβητες**, στο οποίο είναι εγκατεστημένα τα φίλτρα, οι προθερμαντήρες και οι αντλίες πετρελαίου των λεβήτων.

4.1.4 Δίκτυα λιπάνσεως.

Τα δίκτυα λιπάνσεως ως σκοπό έχουν είτε την λίπανση των μηχανημάτων, είτε τη μεταφορά ελαίου από δεξαμενή σε δεξαμενή.

Το κυριότερο από τα δίκτυα λιπάνσεως είναι το **δίκτυο λιπάνσεως της κύριας μηχανής** (lubricating oil line), το οποίο αναπτύσσεται με σκοπό την παροχή του λιπαντικού ελαίου στα σημεία επαφής των κινουμένων μερών της, π.χ. σταυρούς, τριβείς εδράσεως κ.λπ.. Η παροχή ελαίου πραγματοποιείται από τις αντλίες λιπάνσεως της κύριας μηχανής (M/E lube oil pumps). Παράλληλα με το δίκτυο λιπάνσεως αναπτύσσεται το δίκτυο επεξεργασίας και καθαρισμού του ελαίου λιπάνσεως απ' τους φυγοκεντρικούς καθαριστές ελαίου, μέρος του οποίου είναι και το δίκτυο πληρώσεως με λιπαντικό έλαιο από τις δεξαμενές αποθηκεύσεως. Η θερμοκρασία που μεταφέρεται απ' το έλαιο λιπάνσεως απομακρύνεται στα ψυγεία ελαίου, που είναι εγκατεστημένα στο δίκτυο και ψύχονται είτε με θαλασσινό είτε με γλυκό νερό, όταν χρησιμοποιείται σύστημα κεντρικής ψύξεως. Άλλα δίκτυα ελαίου είναι:

α) Το **δίκτυο παραλαβής και μεταγίσεως**, μέσω του οποίου γίνεται η πλήρωση των δεξαμενών αποθηκεύσεως ελαίου και των βοηθητικών μηχανημάτων.

β) Το **δίκτυο ελαίου λιπάνσεως των ηλεκτρομηχανών**. Επειδή η λίπανση των ηλεκτρομηχανών πραγματοποιείται από εξαρτημένες αντλίες, το δίκτυο ελαίου λιπάνσεως τους αναφέρεται στο δίκτυο που αναπτύσσεται για την παροχή λιπαντικού ελαίου από τις δεξαμενές αποθηκεύσεως στις ελαιολεκάνες των ηλεκτρομηχανών.

γ) Το **δίκτυο ελαίου λιπάνσεως των μειωτήρων**. Το δίκτυο αυτό μπορεί να αποτελεί μέρος του δικτύου λιπάνσεως της κύριας μηχανής ή να είναι ανεξάρτητο και να εξυπηρετείται από άλλη αντλία και σύστημα καθαρισμού.

δ) Το **δίκτυο ελαίου ψύξεως τριβέων** των ατμοστροβίλων ή των αεριοστροβίλων, ανάλογα με την εγκατάσταση προώσεως του πλοίου.

4.1.5 Δίκτυα συμπιεσμένου αέρα.

Στα **δίκτυα συμπιεσμένου αέρα** (compressed air line) ανήκουν: το **δίκτυο αέρα υψηλής πίεσεως** για την εκκίνηση της κύριας μηχανής και των ηλεκτρομηχανών, το **δίκτυο αέρα ελέγχου των μηχανημάτων και των αυτοματισμών**, το **δίκτυο καθαρισμού του ατμολέβητα καυσαερίων** (gas boiler economizer) και το **δίκτυο αέρα γενικής χρήσεως**, που εκτείνεται σ' όλο το πλοίο και χρησιμοποιείται για τη λειτουργία φορητών μηχανημάτων, εργαλείων κ.λπ..

Επίσης, συμπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται σε πλοία με εγκαταστάσεις προώσεως ατμού για τον καθαρισμό των λεβήτων με τη μέθοδο του **εκκαπνισμού** (soot-blower). Στο δίκτυο είναι εγκατεστημένοι οι αεροσυμπιεστές για την παραγωγή του συμπιεσμένου αέρα, οι φιάλες αποθηκεύσεως του και οι μειωτήρες πίεσεως του αέρα στα επιθυμητά επίπεδα για κάθε προοριζόμενη χρήση.

4.1.6 Δίκτυο εξαντλήσεως κυτών και αντιμετώπισης διαρροής (bilge water line).

Το δίκτυο αυτό αναπτύσσεται με σκοπό την άντληση και κατάθλιψη εκτός πλοίου των νερών, λαδιών και πετρελαίων που συγκεντρώνονται στον πυθμένα του σκάφους μέσα στα διπύθμενα (κοινώς κούτσες) ή στα παραπύθμενα ή στα κύπη (κοινώς σεντίνες) του πλοίου. Το μείγμα που συγκεντρώνεται αποτελείται από νερό, πετρέλαιο και λάδι, που προέρχονται από μικρές απώλειες των μηχανημάτων και των σωλήνων των δικτύων, από νερά που χρησιμοποιούνται στις διεργασίες καθαρισμών, καθώς και νερά απ' τις υγροποιήσεις στις εσωτερικές επιφάνειες του ίδιου του σκάφους, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας.

Η άντληση των υγρών πραγματοποιείται απ' τις **αντλίες κύτους**, που πρέπει να είναι ικανές να αντλούν όχι μόνο τις μικρές παραπάνω ποσότητες, αλλά και μεγαλύτερες, που μπορεί να προέλθουν από μια σοβαρή διαρροή. Οι αντλίες κύτους είναι: η **αντλία σεντινών** (bilge pump), μέσω επιστομίων συγκοινωνίας που είναι εγκατεστημένα στο δίκτυο, ενώ σε περίπτωση μεγάλης διαρροής νερού χρησιμοποιούνται οι **αντλίες πυροσβέσεως και γενικής χρήσεως** (fire and general service pump), που βρίσκονται στο μηχανοστάσιο.

Ειδικότερα σε περίπτωση μεγάλης διαρροής θάλασσας στο χώρο του μηχανοστασίου, που θέτει σε κίνδυνο το σκάφος και την ασφάλεια του πληρώματος, υπάρχει εγκατεστημένο στον δίκτυο αναρροφή-

σεως των κυρίων αντλιών θαλάσσης (κυκλοφορίας) στα **ψυγεία του μηχανοστασίου** (main sea water pumps) επιστόμιο μεγάλων διαστάσεων, που αναρροφά απ' τον χώρο του μηχανοστασίου και καταθλίβει μέσω των ψυγείων στη θάλασσα. Το επιστόμιο αυτό ονομάζεται **σωσίβιος κρουνός**, ο οποίος ανοίγεται σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, ενώ ταυτόχρονα για να αυξηθεί η αναρρόφηση από το μηχανοστάσιο κλείνεται ολικά ή μερικά η αναρρόφηση της αντλίας κυκλοφορίας από τη θάλασσα. Η αναρρόφηση του σωσίβιου κρουνού βρίσκεται στην επάνω πλευρά του εσωτερικού πυθμένα του κατώτερου καταστρώματος του μηχανοστασίου (τελευταίο πανιόλο).

4.1.7 Δίκτυο έρματος (ballast water line).

Με τη φόρτωση ή την εκφόρτωση, όπου οι διαφορές βάρους και βυθίσματος είναι μεγάλες, δημιουργείται καμπική φόρτιση στο κύτος του πλοίου. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν αυτές οι δυνάμεις αποτρέποντας τον κίνδυνο να προκληθεί μόνιμη παραμόρφωση ή θραύση του σκάφους χρησιμοποιείται **έρμα** (ballast). Το έρμα είναι θαλασσινό νερό με το οποίο πραγματοποιείται η πλήρωση των **δεξαμενών έρματος** (ballast tanks), καθώς και των προωραίων και πρυμναίων δεξαμενών ζυγοσταθμίσεως, όταν το πλοίο είναι άφορτο ή με την εξάντλησή του από αυτές επιτυγχάνοντας την απαιτούμενη ευστάθεια.

Στη διακίνηση του έρματος χρησιμοποιείται το αντίστοιχο δίκτυο, το οποίο εξυπηρετείται από **αντλίες έρματος** (ballast pumps), που είναι μεγάλης παροχής, ώστε η πλήρωση ή η εξάντληση να ανταποκρίνεται στη μεγάλη ταχύτητα, με την οποία πραγματοποιείται η εκφόρτωση ή η φόρτωση του πλοίου. Το δίκτυο που αναπτύσσεται είναι απαραίτητα χωρισμένο από τα υπόλοιπα δίκτυα πληρώσεως ή εξαντλήσεως άλλων δεξαμενών ή διπυθμένων, μέσα στα οποία υπάρχει το πετρέλαιο, το γλυκό νερό για την τροφοδοσία των μηχανημάτων και το πόσιμο νερό. Ακόμη και στα Δ/Ξ, η διαχείριση του έρματος πραγματοποιείται από δίκτυο που, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, είναι διαφορετικό απ'

αυτό του φορτίου. Έτσι, αποτρέπεται η ανάμειξη των διαφόρων υγρών, είτε στις δεξαμενές φορτίου είτε στις δεξαμενές αποθηκεύσεως, και η πιθανότητα να προκληθεί ρύπανση από τη μεταφορά πετρελαιοειδών με τη διακίνηση του θαλασοέρματος.

Με σκοπό την ασφάλεια του πλοίου, προκειμένου να υπάρχουν περισσότερες εναλλακτικές δυνατότητες μεταφοράς των υγρών, είναι δυνατόν το δίκτυο έρματος να συνδέεται μέσω επιστομίων και σωλήνων με τα δίκτυα εξαντλήσεως κυτών και το δίκτυο πυρκαγιάς ή πυροσβέσεως.

4.1.8 Δίκτυο πόσιμου νερού.

Σκοπός αυτού του δικτύου είναι η παροχή πόσιμου νερού, που αναρροφά η **αντλία πόσιμου νερού** (drink fresh water pump) από τη δεξαμενή αποθηκεύσεως, και η διανομή του για χρήση από το πλήρωμα και τους επιβάτες. Οι λήψεις είναι εγκατεστημένες σε συγκεκριμένα σημεία και σε κατάλληλες θέσεις των χώρων ενδιαίτησεως του πλοίου, που παρέχουν θερμό και ψυχρό νερό από κατάλληλα μηχανήματα, ενώ το ίδιο δίκτυο παρέχει νερό και στα μαγειρεία. Για την παροχή του νερού υπό σταθερή πίεση στα σημεία καταναλώσεώς του, το δίκτυο πόσιμου νερού βρίσκεται συνεχώς υπό πίεση. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση, μετά την κατάθλιψη της αντλίας, **πιεστικού πνεύμονα**¹ που συμπληρώνεται με αέρα από το δίκτυο συμπιεσμένου αέρα.

4.1.9 Δίκτυο υγιεινής (κοινώς λάτρας).

Αντίστοιχα με το δίκτυο πόσιμου νερού, αναπτύσσεται και το **δίκτυο γλυκού νερού** ή **δίκτυο λάτρας** (sanitary water line), το οποίο παρέχει το νερό για διάφορες χρήσεις στους χώρους ενδιαίτησεως, όπως μπάνια, πλυντήρια, τουαλέτες και για τις εργασίες καθαρισμού και πλύσεως δαπέδων, καταστρωμάτων κ.λπ.. Η παροχή του νερού στο δίκτυο πραγματοποιείται από την **αντλία γλυκού νερού** (sanitary water pump), που παρέχει το νερό σε πιεστικό πνεύμονα, τον οποίο διατηρεί το δίκτυο υπό σταθερή πίεση με συμπιεσμένο αέρα.

¹ Πιεστικός πνεύμονας ονομάζεται μια φιάλη (μεταλλική), η οποία περιέχει νερό και αέρα υπό πίεση για να διατηρείται η πίεση του δικτύου σταθερή.