

ΥΛΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ
"ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΟΥ ΙΙΙ"



Α' ΕΚΔΟΣΗ 2015
Β' ΕΚΔΟΣΗ 2017
ISBN: 978-960-337-124-3

9.15 Σύστημα αδρανούς αερίου (inert gas system).

Η μεγάλη πτητικότητα των πετρελαιοειδών που μεταφέρονται από τα Δ/Ξ, όπως και η εξάτμιση του φορτίου λόγω θερμάνσεως σε ορισμένα από αυτά, δημιουργεί στον κλειστό χώρο της δεξαμενής πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του φορτίου μείγμα ευφλέκτων αερίων. Η αναλογία του μείγματος κάτω από κατάλληλες προϋποθέσεις, όπως και η παρουσία πυροφορικού θείουχου σιδήρου (pyrophoric iron sulphide) μπορεί να προκαλέσει έκρηξη και πυρκαγιά με καταστροφικά αποτελέσματα.

Όπως ήδη γνωρίζουμε (παράγρ. 9.5), για να ξεκινήσει μια πυρκαγιά και να διατηρηθεί, θα πρέπει οπωσδήποτε να συνυπάρχουν ταυτόχρονα οξυγόνο, καύσιμο, κατάλληλη θερμοκρασία και η αλυσιδωτή αντίδραση. Αν ένα από αυτά τα στοιχεία απομακρυνθεί ή μειωθεί η αναλογία του, τότε η πιθανότητα εκρήξεως και πυρκαγιάς μειώνονται.

Θεωρητικά, οποιοδήποτε μείγμα με περιεκτικότητα σε οξυγόνο μικρότερη από 11,5% δεν είναι ικανό να υποστηρίξει καύση. Γι' αυτό η πρόληψη κινδύνων εκρήξεως και πυρκαγιάς στα Δ/Ξ επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της ατμόσφαιρας των δεξαμενών. Η πρόληψη μίας πιθανής πυρκαγιάς επιτυγχάνεται με μείωση της αναλογίας του οξυγόνου στο μείγμα που υπάρχει στον χώρο των δεξαμενών επάνω από το φορτίο και την πλήρωσή του από αδρανές αέριο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται κατά την εκφόρ-

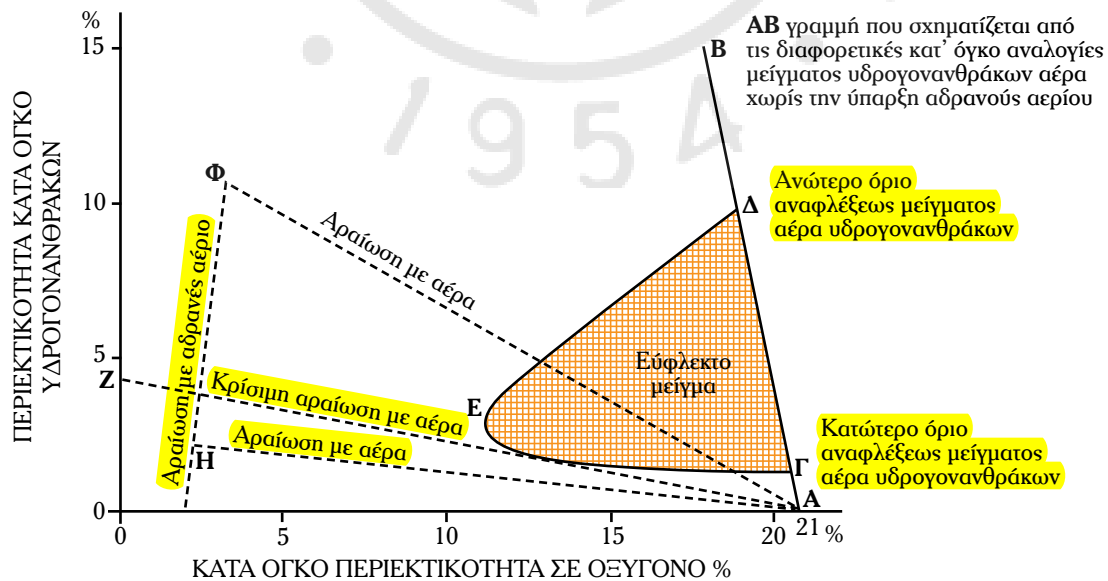
τωση του πλοίου ή τη φόρτωση, όταν μεταβάλλεται ο ελεύθερος όγκος πάνω από την επιφάνεια του φορτίου στον χώρο της δεξαμενής, αλλά και κατά τη διάρκεια καθαρισμού της με crude oil washing ή την προετοιμασία για επιθεώρηση ή επισκευή της πριν τον εξαερισμό της. Έτσι η μία από τις πλευρές του τριγώνου πυρκαγιάς εξαλείφεται εκμηδενίζοντας τους προαναφερόμενους κινδύνους. Όσον αφορά στην παρουσία πυροφορικού θείουχου σιδήρου και την ικανότητά του να υποστεί οξείδωση στον ατμοσφαιρικό αέρα, αντιμετωπίζεται με τη συνεχή διατήρηση των αδρανοποιημένων δεξαμενών.

Οι πηγές αδρανούς αερίου μέσα σε ένα πλοίο είναι:

- Τα καυσαέρια των λεβήτων.
- Μία ανεξάρτητη γεννήτρια αδρανούς αερίου IGG (Inert Gas Generator).
- Το σύστημα αδρανούς αερίου με παραγωγή αζώτου (N-generator).

δ) Τα καυσαέρια της κύριας μηχανής ή τα καυσαέρια από έναν στρόβιλο με μετάκαυση, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται συχνά στα πλοία, λόγω της χαμηλής ποιότητας του αδρανούς αερίου που παράγεται και γι' αυτό δεν απαιτείται περαιτέρω ανάλυση.

Στο σχήμα 9.15α του διαγράμματος αναφλεξιμότητας ορίζεται η ασφαλής μετάβαση και η κατάσταση που επικρατεί μέσα στη δεξαμενή κατά τις μεταβολές στις αναλογίες των ευφλέκτων αερίων, του αδρανούς αερίου και του αέρα. Η γραμμή ΑΒ αντιπροσωπεύει την κατάσταση κατά την οποία δεν υπάρχει αδρανές



Σχ. 9.15α

Διάγραμμα αναφλεξιμότητας.

αέριο και η περιεκτικότητα του οξυγόνου είναι 21% κατ' όγκο του αερίου, όση δηλαδή είναι και στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η περιοχή αριστερά της γραμμής AB, που είναι σκιασμένη, αντιπροσωπεύει την περιοχή, όπου το μείγμα είναι εύφλεκτο. Το μείγμα της γραμμής AB αποτελείται από εύφλεκτα αέρια υδρογονανθράκων και αέρα, ενώ η αριστερή κλίση της γραμμής AB δείχνει τη μείωση της περιεκτικότητας οξυγόνου, καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητα υδρογονανθράκων. Η περιοχή αναφλέξεως στην κατάσταση αυτή ορίζεται μεταξύ των σημείων Γ και Δ, ενώ οποιοδήποτε σημείο έξω απ' αυτό το τμήμα είναι ασφαλές. Τα σημεία Γ και Δ αντιπροσωπεύουν το Κατώτερο Όριο Ευφλεκτότητας (LFL) με 1,7% και το Ανώτερο Όριο Ευφλεκτότητας (UFL) με 10% κατ' όγκο περιεκτικότητας υδρογονανθράκων αντίστοιχα.

Με την εισαγωγή του αδρανούς αερίου στη δεξαμενή η κατάσταση μεταβάλλεται και αντιπροσωπεύεται από την περιοχή αριστερά της γραμμής AB. Τότε, με την αύξηση της περιεκτικότητας του αδρανούς αερίου στη δεξαμενή, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μειώνεται, με ανάλογη μείωση στο εύρος της περιοχής αναφλέξεως. Το Κατώτερο Όριο Αναφλέξεως κινείται κατά μήκος της γραμμής ΓΕ, ενώ το ανώτερο όριο κινείται πάνω στη γραμμή ΔΕ και μειώνεται με ταχύ ρυθμό, όπως φαίνεται από την κλίση της γραμμής ΔΕ στο διάγραμμα. Οι δύο αυτές γραμμές τελικά συναντώνται στο σημείο Ε, όπου παρατηρείται η μικρότερη περιεκτικότητα σε ατμοσφαιρικό οξυγόνο 11% κατ' όγκο.

Οποιαδήποτε μεταβολή στη σύσταση του μείγματος, είτε αυξάνεται είτε μειώνεται κάποιο στοιχείο, απεικονίζεται με τις διακεκομμένες γραμμές ΑΦ, ΑΖ, ΑΗ και ΦΗ. Το σημείο Α αντιπροσωπεύει το σημείο όταν μέσα στη δεξαμενή υπάρχει μόνο αέρας, χωρίς την παρουσία μείγματος υδρογονανθράκων ή αδρανούς αερίου. Το ασφαλέστερο σημείο αντιπροσωπεύεται από το σημείο Φ, όταν μέσα στη δεξαμενή υπάρχει μόνο αδρανές αέριο, ενώ η μετάβαση σε μία άλλη κατάσταση πραγματοποιείται προς το σημείο Α. Όταν η μετάβαση από την κατάσταση της αδρανοποιημένης δεξαμενής (σημείο Φ) πραγματοποιείται πάνω στην ευθεία ΦΑ, διέρχεται μέσα από την επικίνδυνη περιοχή αναφλέξεως και πρέπει να αποφεύγεται. Η ασφαλής μετάβαση από το Φ στο σημείο Α πραγματοποιείται μέσω του σημείου Η, που επιτυγχάνεται με την παροχή επί πλέον ποσότητας αδρανούς αερίου μέσα στη δεξαμενή. Μέσω αυτής της διαδρομής παρακάμπτεται η εύφλε-

κτη περιοχή και η διαδικασία ονομάζεται **εκκαθάριση** (purging). Αντίστοιχα, τα μείγματα κάτω από τη γραμμή ΑΖ, όπως αυτά που αντιπροσωπεύονται από το σημείο Η, δεν γίνονται εύφλεκτα με διάλυση επί πλέον ποσότητας ατμοσφαιρικού αέρα.

Ένα σύστημα αδρανούς αερίου πρέπει να έχει την δυνατότητα:

α) Της αδρανοποίησης κενών δεξαμενών φορτίου, μειώνοντας την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στην ατμόσφαιρα κάθε δεξαμενής, σε επίπεδο που δεν υποστηρίζεται η καύση.

β) Της διατήρησης της ατμόσφαιρας στη δεξαμενή του φορτίου σε θετική πίεση και με περιεκτικότητα σε οξυγόνο μικρότερη του 8% κατ' όγκο σε οποιοδήποτε σημείο της δεξαμενής φορτίου και των δεξαμενών καταλοίπων.

γ) Της εκκαθάρισης κενών δεξαμενών φορτίου από αέρια υδρογονανθράκων, ώστε οι επόμενες λειτουργίες για τον εξαερισμό τους να μην δημιουργούν εύφλεκτη ατμόσφαιρα σε αυτές.

δ) Της παροχής αδρανούς αερίου στις δεξαμενές με ρυθμό τουλάχιστον 1,25% του μέγιστου ποσοστού του ρυθμού εκφορτώσεως του πλοίου εκφρασμένο σε όγκο.

ε) Της παροχής αδρανούς αερίου στον κύριο αγωγό προς τις δεξαμενές, σε κάθε απαιτούμενη ταχύτητα ροής εκφορτώσεως, με περιεκτικότητα σε οξυγόνο που δεν υπερβαίνει το 5% κατ' όγκο και τέλος

στ) της διατήρησης θετικής πίεσεως του αερίου μέσα στις δεξαμενές πάνω από 100 mm H₂O.

9.15.1 Σύστημα αδρανούς αερίου με καυσαέρια λεβήτων.

Τα καυσαέρια από την καύση του πετρελαίου στον λέβητα αποτελούν ανεπεξέργαστα αδρανή αέρια που είναι ζεστά και περιέχουν αιθάλη, οξειδία του θείου, θειώδες οξύ και θειικό οξύ. Συγκεκριμένα, έχουν μέση σύνθεση 12–14% CO₂, 3–4% O₂, 0,2–0,3% SO₂ και SO₃, ενώ το υπόλοιπο 77% είναι άζωτο (N₂) και σωματίδια 150 mg/m³ με θερμοκρασία 170 °C. Η σύνθεση αυτή παρέχει αδρανές αέριο, που είναι άμεσα διαθέσιμο στο πλοίο εμποδίζοντας την καύση και την έκρηξη. Όμως τα καυσαέρια με τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορεί να είναι επιβλαβή όταν έρθουν σε επαφή με το φορτίο και τις δεξαμενές. Για να χρησιμοποιηθούν, η μόνη απαίτηση είναι ένα σύστημα για την ψύξη και τον καθαρισμό των καυσαερίων πριν αυτά οδηγηθούν στις δεξαμενές.

Το σύστημα ψύξεως καθαρισμού και διανομής του αδρανούς αερίου, αποτελεί το Inert Gas System (οx. 9.15β και 9.15γ) και περιέχει:

α) Τη βαλβίδα απαγωγής καυσαερίων από τον οχετό εξαγωγής του λέβητα (uptake valve) [οx. 9.15β(1)].

β) Τον πύργο καθαρισμού και ψύξεως (scrubber), όπου με τη διέλευση των καυσαερίων απομακρύνονται τα σωματίδια από υπολείμματα καύσεως [οx. 9.15β(2)].

γ) Τους ανεμιστήρες του αδρανούς αερίου (inert gas fans), που είναι φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες, και την περωτή, η οποία κατασκευάζεται από κράμα χρωμίου και ανοξειδωτου χάλυβα. Με τα παραπάνω προλαμβάνεται η διάβρωση της περωτής και τα προβλήματα κραδασμών που θα δημιουργούσε η μεγάλη ταχύτητα περιστροφής που αναπτύσσεται από τον ανεμιστήρα [οx. 9.15β(3)].

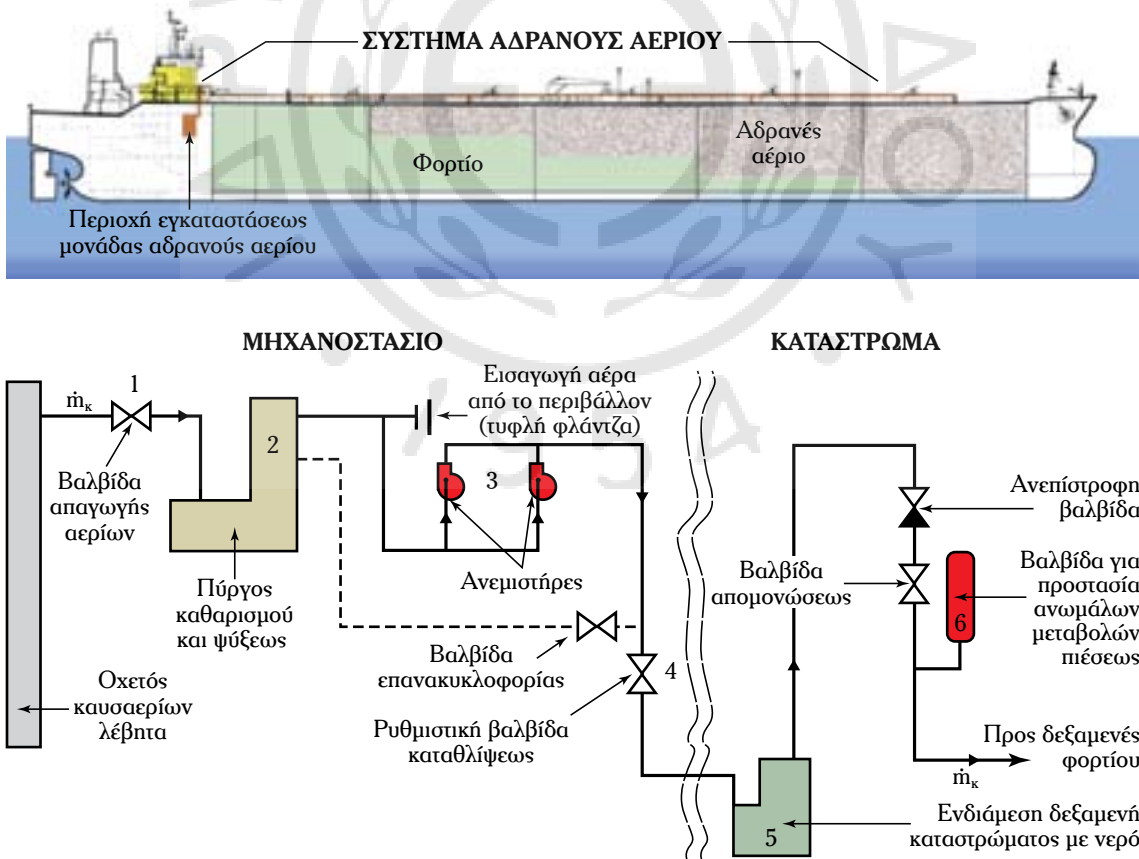
δ) Τις αυτόματες βαλβίδες καταθλίψεως του αδρανούς αερίου στο δίκτυο καταστρώματος προς τις δεξαμενές [οx. 9.15β(4)].

ε) Τον μετρητή περιεκτικότητας οξυγόνου στο αέριο (oxygen analyzer).

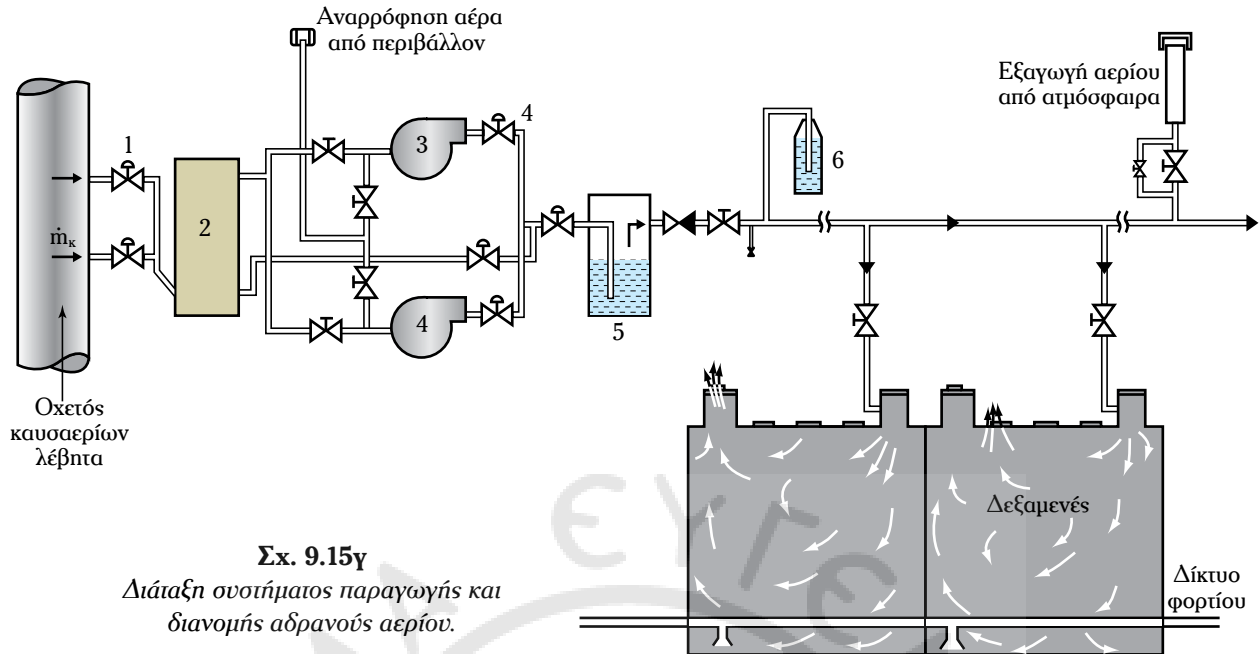
στ) Την ενδιάμεση δεξαμενή νερού του καταστρώματος (deck seal), που εξασφαλίζει τη ροή του αδρανούς αερίου προς τις δεξαμενές αποτρέποντας την επιστροφή του ή την διέλευση επικινδύνων αερίων του φορτίου όταν διακοπεί η λειτουργία των ανεμιστήρων [οx. 9.15β(5)].

ζ) Τη βαλβίδα για προστασία ανωμάτων μεταβολών πίεσεως (P/V breaker), που τοποθετείται στον κύριο αγωγό του αδρανούς αερίου και προστατεύει τις δεξαμενές από ανώμαλες μεταβολές στην πίεση και στην υποπίεση σε περίπτωση διακοπής της παραγωγής αδρανούς αερίου κατά την εκφόρτωση ή την αύξηση της πίεσεως κατά τη φόρτωση [οx. 9.15β(6)].

η) Τον πίνακα ελέγχου, που διαθέτει τους διακόπτες ελέγχου λειτουργίας του συστήματος και τους μηχανισμούς προειδοποίησης ανωμαλίας κατά τη λειτουργία (alarms) με τις ανάλογες ενδεικτικές λυχνίες.



Σx. 9.15β
Τυπική διάταξη αδρανούς αερίου.

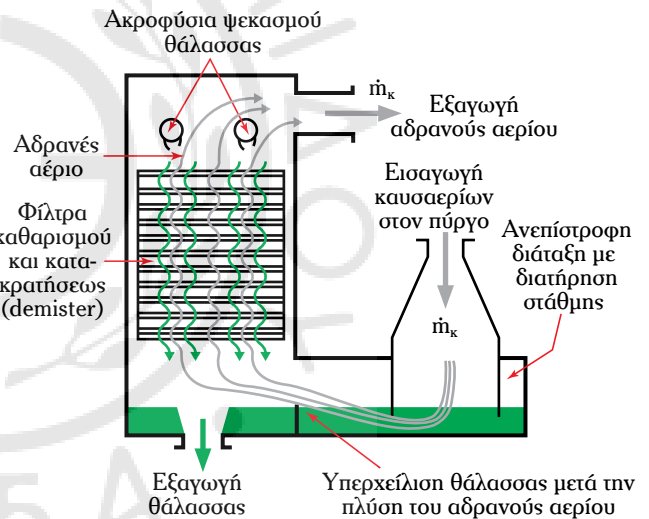


Σχ. 9.15γ
Διάταξη ουσίματος παραγωγής και διανομής αδρανούς αερίου.

θ) Την αντλία παροχής θαλάσσης στον πύργο πλύσεως και καθαρισμού καυσαερίων.

Με τη λειτουργία του συστήματος, τα καυσαέρια από τον λέβητα εισέρχονται στον πύργο (scrubber). Ο πύργος αποτελείται από τον οχετό εισαγωγής του καυσαερίου, το δοχείο (water seal) που σχηματίζεται μέσα στον πύργο και περιέχει θάλασσα, τα ακροφύσια ψεκάσμου θάλασσας, τα φίλτρα καθαρισμού και κατακρατήσεις σωματιδίων και υγρασίας, ενώ στο τέλος καταλήγει σε έναν οχετό από τον οποίο εξέρχεται το αδρανές αέριο. Με την είσοδο του αερίου μέσω δοχείου νερού (water seal), και καθώς αυτό διέρχεται από τον πύργο, το διοξείδιο του θείου μειώνεται με τη συνεχή παροχή θαλασσινού νερού, που ψεκάζεται από τα ακροφύσια. Η περιεκτικότητα στο αέριο του διοξειδίου του θείου μειώνεται σε μικρότερη του 10%, ενώ την ίδια στιγμή το αέριο ψύχεται από το θαλασσινό νερό φτάνοντας σε θερμοκρασία τους 60–70 °C. Στη συνέχεια, διέρχεται από φίλτρα πολυπροπυλενίου (demisters), που συγκρατούν την υγρασία. Τα συγκεντρωμένα υγρά των φίλτρων επιστρέφουν στον πυθμένα του πύργου καθαρισμού, απ' όπου απομακρύνονται συνεχώς με κατάλληλη διάταξη υπερχειλίσεως (σχ. 9.15δ).

Στην εξαγωγή του αδρανούς αερίου η θερμοκρασία του φτάνει τους 5 °C πάνω από τη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού που το περιβάλλει. Σε συνέχεια του πύργου πιθανόν να υπάρχει και διάταξη σωλήνα τύπου Venturi με σκοπό την περαιτέρω



Σχ. 9.15δ
Πύργος αδρανούς αερίου.

απομάκρυνση της υγρασίας από το αδρανές αέριο.

Η σύνθεση του αδρανούς αερίου στην εξαγωγή του πύργου (scrubber) είναι 13% CO₂, 4% O₂, το υπόλοιπο άζωτο (N) και ατμοί νερού. Μικρότερες τιμές στην περιεκτικότητα οξυγόνου στο αδρανές αέριο επιτυγχάνονται με τον έλεγχο της καύσεως που πραγματοποιείται στον λέβητα και μπορεί να φτάσει το 3,5% O₂. Χαμηλότερες τιμές στην περιεκτικότητα του οξυγόνου οφείλονται σε μείωση του αέρα και ατελή καύση του πετρελαίου στον λέβητα, αλλά έτσι δημιουργούνται επικαθίσεις άκαυστου πετρελαίου

στις επιφάνειες της εστίας του λέβητα και ανωμαλίες κατά τη λειτουργία του.

Στη συνέχεια, το αδρανές αέριο μέσω των ανεμιστήρων καταθλίβεται στον αγωγό, που οδηγεί στο καταστρώμα (σχ. 9.15γ). Η παροχή των ανεμιστήρων είναι τόσο, ώστε η πίεση μέσα στις δεξαμενές να είναι ανώτερη της ατμοσφαιρικής, με μέγιστη από 1250 έως 1500 mm H₂O. Το αδρανές αέριο, στη διαδρομή προς το δίκτυο του καταστρώματος, διέρχεται από τη δεξαμενή νερού (deck seal), που εμποδίζει την επιστροφή ευφλέκτων αερίων από τους χώρους των δεξαμενών φορτίου στους ανεμιστήρες. Η δεξαμενή αυτή, σε πλοία που ταξιδεύουν σε περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, εφοδιάζεται με δίκτυο προθερμάνσεως, εξασφαλίζοντας την ροή του αερίου μέσω της δεξαμενής νερού και κατ' επέκταση την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Οι σερπαντίνες (στοιχεία σωλήνων) του δικτύου προθερμάνσεως διαρρέονται με ατμό.

Σε δείγμα από το καθαρό αδρανές αέριο που παράγεται, πραγματοποιείται συνεχής έλεγχος για την περιεκτικότητά του σε O₂. Όταν αυτό υπερβεί τα όρια που τίθενται στη ρυθμιστική διάταξη ανάλυσης αερίου (oxygen analyser), οδηγείται μέσω τριόδου βαλβίδας στην ατμόσφαιρα. Έτσι προλαμβάνεται η μόλυνση του αερίου, που παρέχεται στις δεξαμενές από αέριο με υψηλή περιεκτικότητα σε O₂. Όταν πληρούνται οι επιθυμητές τιμές, η τριόδος βαλβίδα οδηγεί ξανά το αέριο στη δεξαμενή νερού και στη συνέχεια μέσω του κύριου αγωγού παροχής αδρανούς αερίου, στις δεξαμενές.

Το σύστημα αδρανούς αερίου λειτουργεί συνεχώς κατά την εκφόρτωση του πλοίου για την πλήρωση των δεξαμενών, διατηρώντας την πίεσή τους σε επιθυμητά επίπεδα, ανεξάρτητα από τον ρυθμό εκφορτώσεως. Κατά την φόρτωση, οι δεξαμενές είναι συνήθως υπό πίεση και γεμάτες με αδρανές

αέριο. Με την εισαγωγή του φορτίου η πίεση του αερίου αυξάνεται και διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα, με την εκτόνωση του αερίου στην ατμόσφαιρα ή μέσω δικτύου αερίων σε εγκαταστάσεις υποδοχής στην ξηρά. Η εκτόνωση πραγματοποιείται μέσω βαλβίδων, που είναι εγκατεστημένες στις δεξαμενές π.χ. τύπου ιοτα valves (παράγρ. 9.11), οι οποίες κλείνονται μετά το πέρας της φορτώσεως.

Η τιμή της πίεσεως του αερίου διατηρείται μετά τη φόρτωση είτε με την παροχή νέας ποσότητας αδρανούς αερίου, είτε με εξαγωγή, διότι οι μεταβολές στη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του ταξιδιού έχουν ως αποτέλεσμα την πώση ή την αύξηση της πίεσεώς του στις δεξαμενές. Τα επιθυμητά επίπεδα διατήρησης της πίεσεως κυμαίνονται από 250 έως 750 mm H₂O (1 mm H₂O = 0,073556 mm Hg = 9,80665 Pa). Γι' αυτό, σε περίπτωση μείωσης νέα ποσότητα συμπληρώνεται, ενώ όταν αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας σε θερμά κλίματα, η εκτόνωση πραγματοποιείται μέσω βαλβίδων στην ατμόσφαιρα.

9.15.2 Ανεξάρτητη γεννήτρια αδρανούς αερίου (inert gas generator).

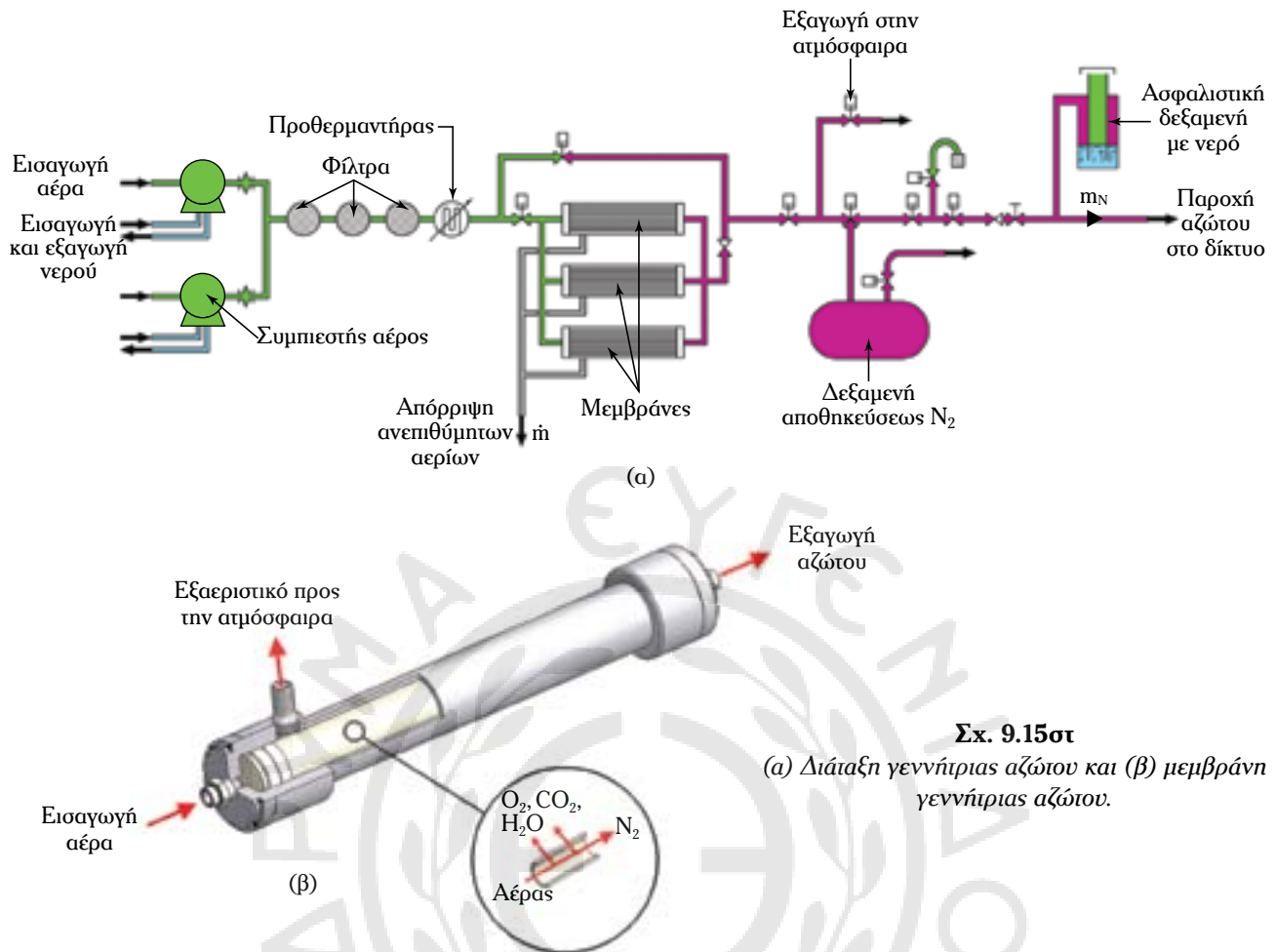
Στα Δ/Ξ, όταν οι λέβητες έχουν βοηθητικό χαρρακίρα, όπως στα χημικά Δ/Ξ, όπου οι ανλίες φορτίου κινούνται με υδραυλικό σύστημα ή για την πλήρωση δεξαμενών χωρίς τη χρήση των καυσαερίων του λέβητα όταν προβλέπεται από τον κατασκευαστή, η παραγωγή αδρανούς αερίου πραγματοποιείται από ανεξάρτητες γεννήτριες.

Ο σχεδιασμός και η λειτουργική διαδικασία είναι η ίδια με τα συστήματα αδρανούς αερίου που χρησιμοποιούν τα καυσαέρια, τα οποία παράγονται από μεγάλους λέβητες. Η διαφορά των γεννητριών αδρανούς αερίου είναι ότι η καύση για την παραγωγή του αδρανούς αερίου πραγματοποιείται από ένα ενιαίο σύστημα (σχ. 9.15ε).



Σχ. 9.15ε

Διάταξη γεννήτριας αδρανούς αερίου.



Σχ. 9.15στ

(α) Διάταξη γεννήτριας αζώτου και (β) μεμβράνη γεννήτριας αζώτου.

Ο αέρας για την καύση παρέχεται απ' τον ανεμιστήρα δημιουργώντας και την πίεση που οδηγεί το αέριο στις δεξαμενές. Η εισαγωγή του αέρα μαζί με τον καυστήρα πετρελαίου τοποθετούνται στο κέλυφος της μονάδας. Με τον διασκορπισμό και την καύση παράγονται καυσαέρια, που οδηγούνται προς την έξοδο από τον θάλαμο καύσεως, πλένονται και ταυτόχρονα ψύχονται με ψεκασμό θαλασσινού νερού από ακροφύσια. Η θάλασσα παρέχεται στη μονάδα από ιδιαίτερη αντλία, την αντλία πλύσεως (scrubber) και το θαλασσινό νερό εξέρχεται στο τέλος του αγωγού, παρασύροντας τα υπολείμματα καύσεως εκτός πλοίου. Στις γεννήτριες αδρανούς αερίου το καύσιμο μπορεί να είναι ντίζελ, αργό πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, το οποίο ψεκάζεται από καυστήρα στον θάλαμο καύσεως. Από την εξαγωγή της γεννήτριας το αδρανές αέριο οδηγείται στη δεξαμενή νερού στο κατάστρωμα, που αποτελεί την ασφαλιστική διάταξη ροής του αερίου και στη συνέχεια στους αγωγούς αδρανούς αερίου των δεξαμενών φορτίου.

9.15.3 Σύστημα αδρανούς αερίου με παραγωγή αζώτου.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί συστήματα παραγωγής αζώτου (N₂), που παρέχουν αδρανές αέριο, καθαρό και ελεύθερο από υγρασία. Η απαγωγή της υγρασίας απ' το παραγόμενο αέριο επιτυγχάνεται με την προσθήκη αφυγραντήρων στο σύστημα.

Η παραγωγή του αζώτου πραγματοποιείται μέσα σε συστήματα μεμβράνης, που αποτελούνται από ινώδη πολυμερή. Η λειτουργία του βασίζεται στο δεδομένο ότι ο αέρας αποτελείται από διάφορα συστατικά, καθένα απ' τα οποία διαπερνά τη μεμβράνη με διαφορετικό ρυθμό. Έτσι, η παραγωγή του αζώτου βασίζεται στη διάχυση του αέρα μέσα από μεμβράνες στη βέλπιστα πίεση και θερμοκρασία (σχ. 9.15στ). Τότε, συστατικά όπως το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί διαπερνούν τη μεμβράνη στην πλευρά της χαμηλής πίεσης και καταθλίβονται μέσω εξαεριστικών με ασφάλεια στην

ατμόσφαιρα. Αντίθετα, το άζωτο και το αργό παραμένουν στην πλευρά της μεμβράνης με την υψηλή πίεση και καταθλίβονται ως αέριο άζωτο στο δίκτυο των δεξαμενών.

9.16 Καθαρισμός δεξαμενών φορτίου Δ/Ξ.

Στις δεξαμενές των πλοίων, μεταφέρονται διάφορα είδη φορτίων με ιδιαίτερα το κάθε ένα χαρακτηριστικά. Για τη διατήρηση αυτών των χαρακτηριστικών και προς αποφυγή της μόλυνσης του νέου φορτίου από το προηγούμενο, είναι απαραίτητος ο καθαρισμός των δεξαμενών. Καθαρισμός επίσης μπορεί να πραγματοποιείται με σκοπό την επιθεώρηση μίας δεξαμενής, τη μεταφορά καθαρότερου φορτίου, την προετοιμασία ενός πλοίου για επισκευή κ.λπ.. Ο καθαρισμός των δεξαμενών είναι δυνατόν να μην χρειάζεται, εάν οι οδηγίες των ναυλωτών είναι τέτοιες, στην περίπτωση που το φορτίο προς φόρτωση είναι συμβατό με το προηγούμενο.

Οι **μέθοδοι καθαρισμού** που ακολουθούνται, εξαρτώνται από τα μέσα που διατίθενται στον εξοπλισμό του πλοίου και το είδος του φορτίου που είχε μεταφερθεί στο προηγούμενο ταξίδι. Ένας καθαρισμός μπορεί να πραγματοποιείται:

α) Με **θαλασσινό νερό, ζεστό ή κρύο** και ονομάζεται **καθαρισμός δεξαμενών Butterworth** (Tank Cleaning Butterworth).

β) Με **αργό πετρέλαιο**, χρησιμοποιώντας το ίδιο το φορτίο, που ονομάζεται **μέθοδος πλύσεως με αργό πετρέλαιο** (Crude Oil Washing – COW).

γ) Με **γλυκό νερό** (flushing).

9.16.1 Μέθοδος καθαρισμού Butterworth.

Το πρώτο σύστημα καθαρισμού δεξαμενών που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό με τη μέθοδο Butterworth. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα μηχανήματα καθαρισμού, τον θερμαντήρα του θαλασσινού νερού και την αντλία.

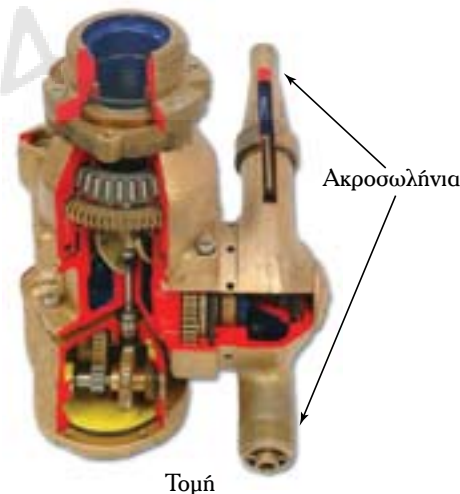
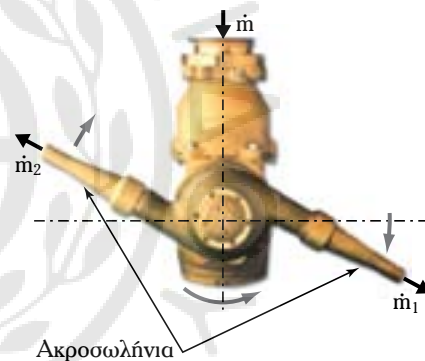
Ο καθαρισμός των δεξαμενών πραγματοποιείται μετά την αδρανοποίηση της δεξαμενής και στη συνέχεια τον καλό εξαερισμό τους, αποκλείοντας την πιθανότητα εκρήξεως ή άλλου ατυχήματος.

Για την πλύση των δεξαμενών χρησιμοποιείται θάλασσα, η οποία θερμαίνεται στον προθερμαντήρα που συνήθως είναι τοποθετημένος στο αντλιοστάσιο. Η προθέρμανση της θάλασσας επιτυγχάνεται με ατμό από τον λέβητα, μέσω δικτύου εφοδιασμένου με ρυθμιστική βαλβίδα παροχής ατμού για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπε-

δα. Ο τύπος του εναλλακτήρα θερμότητας που χρησιμοποιείται είναι με αυλούς. Από τον εναλλακτήρα το ζεστό θαλασσινό νερό παρέχεται στο δίκτυο του καταστρώματος απ' όπου οδηγείται στα μόνιμα μηχανήματα καθαρισμού των δεξαμενών ή στις λήψεις που διαθέτει το δίκτυο για την εγκατάσταση φορτών μηχανημάτων καθαρισμού. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η απομόνωση του δικτύου πρέπει να γίνονται σταδιακά, για να αποφεύγονται οι τάσεις που μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στα εξαρτήματα του δικτύου.

Τα μηχανήματα καθαρισμού Butterworth (σχ. 9.16α) αποτελούνται από δύο ή τρία ακροσωλήνια, που περιστρέφονται γύρω από τον οριζόντιο και τον κάθετο άξονα του σώματος του μηχανήματος αλλάζοντας συνεχώς θέση, ώστε το νερό να εκτοξεύεται με πίεση μέσα στη δεξαμενή.

Το νερό πέφτει απευθείας ή με αντανάκλαση στις επιφάνειες της δεξαμενής, απομακρύνοντας το φορτίο που υπάρχει στα τοιχώματα, ενώ το μείγμα φορ-



Σχ. 9.16α

Μηχάνημα καθαρισμού Butterworth.

τίου και θαλασσινού νερού συλλέγεται στον πυθμένα της δεξαμενής. Ό,τι συλλέγεται στον πυθμένα απομακρύνεται συνεχώς με αντλία και οδηγείται στη δεξαμενή καταλοίπων.

Τα μηχανήματα καθαρισμού μπορεί να είναι μόλιμα εγκατεστημένα στις δεξαμενές και να συνδέονται με σωλήνα στο δίκτυο παροχής της θάλασσας, που εγκαθίσταται στο κατάστρωμα, ή φορητά, που εισάγονται από ειδική θυρίδα στην κορυφή της δεξαμενής και συνδέονται στο δίκτυο παροχής της θάλασσας με ελαστικούς σωλήνες.

Το νερό, για τον αποτελεσματικό καθαρισμό, θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία, που πλησιάζει το σημείο βρασμού και η πίεση που εκτοξεύεται πρέπει είναι υψηλή, φτάνοντας τα 14 kg/cm^2 . Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού πλύσεως επιτυγχάνεται από εναλλακτικά θερμότητα, με ικανότητα να θερμαίνει τη μέγιστη ποσότητα θάλασσας, που καταθλίβεται από την αντλία σε θερμοκρασία έως 89°C .

Ο εναλλακτικός είναι αυλωτού τύπου υψηλής πίεσεως, και οι αυλοί και οι αυλοφόρες πλάκες κατασκευάζονται από ανθεκτικό υλικό στη διάβρωση. Σε δίκτυα ατμού για την προθέρμανση της θάλασσας, χρησιμοποιείται η θερμότητα από τη συμπύκνωση του ατμού στο ψυγείο υγρών, επιτυγχάνοντας μεγάλη οικονομία στη λειτουργία του συστήματος.

Η αντλία για την παροχή της θάλασσας μπορεί να εξυπηρετεί μόνο το σύστημα καθαρισμού ή εναλλακτικά να χρησιμοποιείται η αντλία πυρκαγιάς. Για την προστασία του συστήματος υπάρχει ρυθμιστής στάθμης υγρού στον θερμαντήρα και ασφαλιστικό στην αντλία Butterworth ή στο δίκτυο, ρυθμιζόμενο να ανοίγει όταν η πίεση υπερβεί τα $14,7 \text{ kg/cm}^2$.

Το μείγμα που συλλέγεται στις δεξαμενές καταλοίπων παραμένει εκεί μέχρι να διαχωριστεί το νερό από το πετρέλαιο. Το καθαρό νερό αποβάλλεται στη θάλασσα μέσω του συστήματος **Ελέγχου Περιεκτικότητας Ελαίου** (Oil Detection Monitor – ODM), ενώ το υπόλοιπο μείγμα, με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πετρέλαιο, παραμένει στις δεξαμενές καταλοίπων του πλοίου και παραδίδεται στις εγκαταστάσεις ξηράς για περαιτέρω επεξεργασία.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου καθαρισμού με τη χρήση θάλασσας είναι:

α) Το κόστος, διότι ο χρόνος που απαιτείται για το πλύσιμο κάθε δεξαμενής είναι μεγαλύτερος, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου.

β) Η πιθανότητα ρυπάνσεως του περιβάλλοντος, εφόσον οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται είναι μεγάλες.

γ) Η αυξημένη διάβρωση, που προκαλεί η εκτεταμένη χρήση του θαλασσινού νερού.

δ) Η μείωση της ωφέλιμης μεταφορικής ικανότητας του πλοίου, λόγω της μεγαλύτερης συγκεντρώσεως καταλοίπων.

ε) Η κατάθλιψη μεγάλης ποσότητας θάλασσας με τα κατάλοιπα στα διυλιστήρια.

στ) Ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται στην προετοιμασία των δεξαμενών του πλοίου, για επισκευή ή για οποιαδήποτε εργασία πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Με την αύξηση του μεγέθους των Δ/Ξ και τους αυστηρούς κανονισμούς που τέθηκαν σε ισχύ για την αντιμετώπιση της ρυπάνσεως του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η μέθοδος πλύσεως με τη χρήση θάλασσας περιορίστηκε και αντικαταστάθηκε από την πλύση με αργό πετρέλαιο, που αποτελεί μια βελτιωμένη μέθοδο καθαρισμού.

9.16.2 Η μέθοδος πλύσεως με αργό πετρέλαιο.

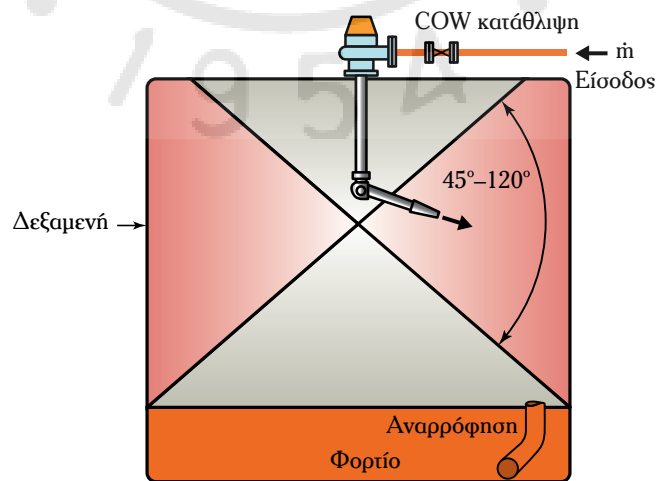
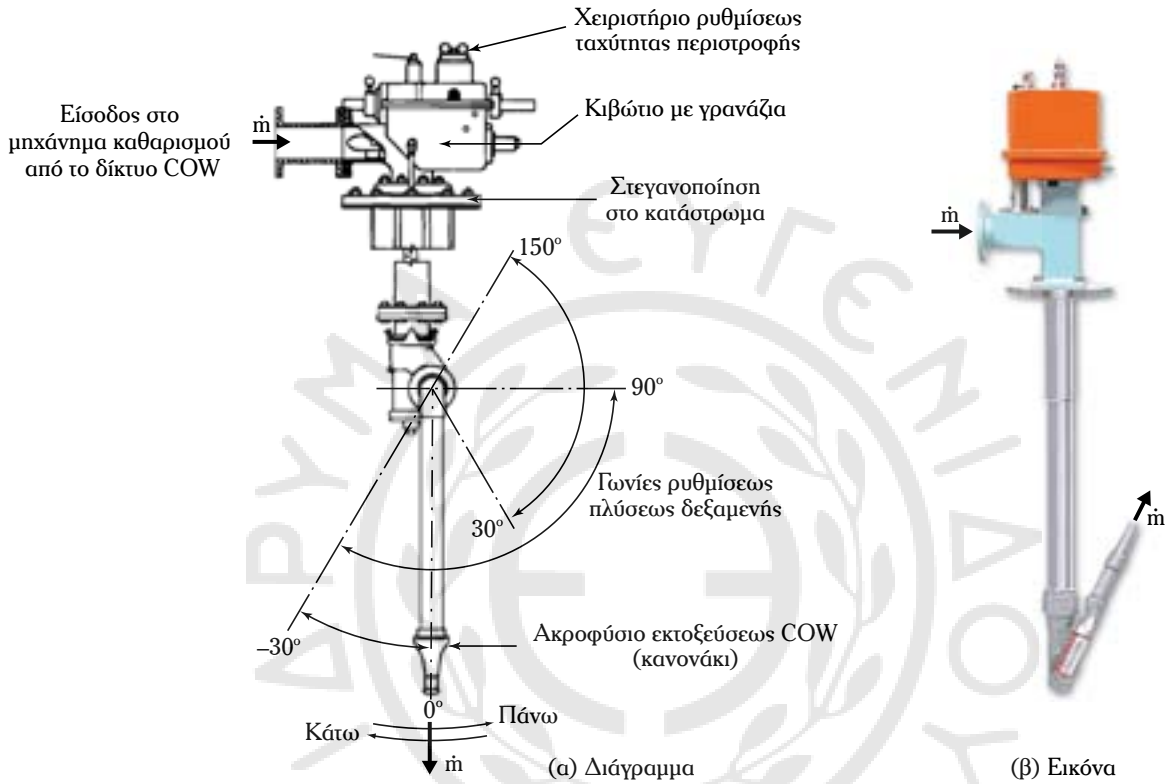
Με τη **μέθοδο πλύσεως με αργό πετρέλαιο** (Crude Oil Washing – COW) δεν χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό στα μηχανήματα καθαρισμού της δεξαμενής, αλλά αργό πετρέλαιο, δηλαδή το ίδιο το φορτίο (σχ. 9.16β). Η εφαρμογή της ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του '70 και κατέστη υποχρεωτική για τα νέα Δ/Ξ από τη ΔΣ MARPOL του 1978.

Στην πλύση με αργό πετρέλαιο, το ίδιο το φορτίο εκτοξεύεται από τα μηχανήματα καθαρισμού στα τοιχώματα της δεξαμενής κατά τη διάρκεια της εκφορτώσεως σταδιακά στις επιφάνειες που αποκαλύπτονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όσο πετρέλαιο έχει προσκολληθεί στα τοιχώματα να διαλύεται και να παρασύρεται με το υπόλοιπο φορτίο. Το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται ως μέρος του φορτίου καταθλίβεται με αυτό από τις αντλίες εκφορτώσεως, μειώνοντας τα κατάλοιπα και την ανάγκη αποθηκείσεώς τους σε δεξαμενές.

Τα μηχανήματα καθαρισμού αποτελούνται από ακροφύσια με ενσωματωμένο τον μηχανισμό περιστροφής στον μηχανισμό στηρίξεως. Σε κάθε δεξαμενή υπάρχουν ένα ή δύο μόνιμα εγκατεστημένα, ανάλογα με το μέγεθος και τη διαμόρφωσή της. Αυτά περιστρέφονται με σταδιακή αλλαγή της γωνίας του ακροφυσίου και άρα της δέσμης εκτοξεύσεως προς τον άξονα στηρίξεώς του, ώστε το πετρέλαιο που διέρχεται να πέφτει απευθείας ή με αντανάκλαση σε όλες τις επιφάνειες της δεξαμενής. Η πλύση κατά την εκφόρτωση ολοκληρώνεται με την χρήση

ακροφυσίων που είναι τοποθετημένα στον πυθμένα της δεξαμενής. Με την ενεργοποίηση των ακροφυσίων αυτών, παρασύρεται το φορτίο που υπάρχει κάτω από τις σερπαντίνες θερμάνσεως του φορτίου, πριν αυτό στερεοποιηθεί ή γίνει τόσο παχύρρευστο, που θα είναι δύσκολο να αντληθεί. Τα μηχανήματα καθαρισμού [σχ. 9.16β(α)] αποτελούνται από το

κιβώτιο γραναζιών για την περιστροφή, το χειριστήριο ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής και τον ρυθμιστή της γωνίας εκτοξεύσεως του υγρού, που βρίσκονται στο κατάστρωμα, ακριβώς πάνω από το ακροφύσιο, το οποίο βρίσκεται στη δεξαμενή. Ο μηχανισμός μαζί με τον σωλήνα (κανονάκι) απ' τον οποίο διέρχεται το φορτίο για την πλύση αποτελούν



(γ) Τυπική διάταξη σε δεξαμενή

Σχ. 9.16β

Μηχάνημα καθαρισμού και μέθοδος καθαρισμού COW.

ένα ενιαίο σύστημα. Η διαδικασία πλύσεως και η μεταβολή της γωνίας εκτοξεύσεως παρουσιάζονται στο σχήμα 9.16β(γ). Το μηχανήμα πλύσεως καθώς περιστρέφεται, ταυτόχρονα κατεβαίνει από τις 45° έως τις 120°, ώστε το αργό πετρέλαιο διαδοχικά να εκτοξεύεται σε όλη την επιφάνεια της δεξαμενής.

Το υλικό κατασκευής του μηχανισμού πλύσεως είναι ανθεκτικό στη διάβρωση και συνήθως είναι από κράμα χαλκού ή αλουμινίου χαλκού, ενώ η στεγανοποίηση των μερών τους επιτυγχάνεται με συνθετικούς δακτυλίους.

Η περιστροφή των ακροφυσίων εκτοξεύσεως προς όλες τις κατευθύνσεις πραγματοποιείται από σύστημα γραναζιών, ενώ για τη λειτουργία τους πρέπει να υπάρχει πίεση στο δίκτυο παροχής του πετρελαίου στον μηχανισμό.

Η παροχή του πετρελαίου για το πλύσιμο γίνεται μέσω μόνιμου δικτύου υψηλής πίεσεως, που λειτουργεί παράλληλα με το κύριο δίκτυο εκφορτώσεως και είναι εγκατεστημένο στο κατάστρωμα του πλοίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι η λειτουργία του συστήματος αδρανούς αερίου είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία καθαρισμού της δεξαμενής και η χρήση θαλασσινού νερού γίνεται μετά την ολοκλήρωση του καθαρισμού με πετρέλαιο στην προετοιμασία για επισκευή ή όταν το επόμενο φορτίο έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Στο πλύσιμο των δεξαμενών φορτίου με τη μέθοδο COW, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μείγματα του αργού πετρελαίου και νερού, διότι η εκτόξευση του μείγματος από τα μηχανήματα πλύσεως (κανονάκια) παράγει ηλεκτρικά φορτισμένη ομίχλη, με ηλεκτρικό δυναμικό σημαντικά μεγαλύτερο (και κίνδυνο δημιουργίας ηλεκτρικών εκκενώσεων) από εκείνον που παράγεται από την εκτόξευση **απαλλαγμένου από νερό αργού πετρελαίου** (dry crude oil).

Η χρήση του dry crude oil είναι σημαντική, γι' αυτό πριν ξεκινήσει η πλύση, πρέπει από κάθε δεξαμενή που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως πηγή του αργού πετρελαίου για το πλύσιμο να απομακρυνθεί το νερό που τυχόν έχει συγκεντρωθεί στον πυθμένα της κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η απομάκρυνση ενός στρώματος φορτίου τουλάχιστον ένα μέτρο σε βάθος είναι αναγκαία για τον σκοπό αυτόν.

Η παραγωγή ηλεκτρικά φορτισμένης ομίχλης είναι ο ίδιος λόγος που εάν για το πλύσιμο της δεξαμενής χρησιμοποιηθεί πετρέλαιο από τη δεξαμενή καταλοίπων, θα πρέπει πρώτα από τη δεξαμενή καταλοίπων να απομακρυνθεί το νερό ή το μείγμα πετρελαίου και νερού που περιέχεται και στη συνέ-

χεια να ξαναγεμιστεί με απαλλαγμένο από υγρασία αργό πετρέλαιο.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου COW είναι:

α) Η μείωση της πιθανότητας ρυπάνσεως, εφόσον κατά τη διάρκεια της πλύσεως το δίκτυο δεν έρχεται σε επαφή με θαλασσινό νερό.

β) Η μείωση στη συσσώρευση ποσότητας φορτίου, που είναι αδύνατον να αντληθεί (unrumped) στον πυθμένα των δεξαμενών.

γ) Η μείωση του χρόνου και του κόστους καθαρισμού της δεξαμενής στην προετοιμασία για την επόμενη φόρτωση, διότι το πετρέλαιο διαλύει και απομακρύνει πιο εύκολα τα ασφαλικά υπολείμματα και τη λάσπη του φορτίου.

δ) Η μείωση του χρόνου καθαρισμού της δεξαμενής στην προετοιμασία για επισκευή ή επιθεώρηση.

ε) Η μείωση της ποσότητας μεταφοράς καταλοίπων.

στ) Η μείωση της διαβρώσεως στις δεξαμενές, στα συστήματα προθερμάνσεως του φορτίου και εκφορτώσεως, εφόσον δεν χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου COW είναι:

α) Η αύξηση του χρόνου εκφορτώσεως.

β) Το κόστος κατασκευής του δικτύου.

γ) Η ανάγκη μεγαλύτερου αριθμού πληρώματος κατά τη διάρκεια της εκφορτώσεως.

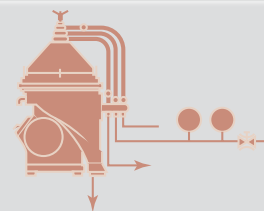
δ) Η αύξηση στο κόστος της συντηρήσεως, εφόσον χρησιμοποιούνται περισσότερα μηχανήματα.

9.16.3 Μέθοδος καθαρισμού με γλυκό νερό.

Το **πλύσιμο με γλυκό νερό** (flushing) γίνεται με χρήση χημικών διαλυτικών ή με πετρελαιικά προϊόντα, με τα οποία καθαρίζεται ο πυθμένας των δεξαμενών απ' τα υπολείμματα του προηγούμενου φορτίου, το οποίο είναι διαφορετικό αλλά συμβατό με φορτίο που πρόκειται να φορτώσει το πλοίο. Αυτού του είδους ο καθαρισμός των δεξαμενών πραγματοποιείται κατόπιν οδηγιών που λαμβάνει ο Γλοίαρχος από τον πλοιοκτήτη ή το διαχειριστικό γραφείο και γίνεται ανάλογα με το πλοίο, τον σκοπό του καθαρισμού, το είδος του φορτίου και τα χαρακτηριστικά του.

9.17 Εξαερισμός δεξαμενών.

Πριν την είσοδο μελών του πληρώματος για την πραγματοποίηση εργασιών ή για τον περαιτέρω καθαρισμό των δεξαμενών, είναι απαραίτητος ο εξαερισμός τους. Λόγω της περιεκτικότητας ευφλέκτων αερίων των δεξαμενών από τα υπολείμματα



11.1 Εισαγωγή.

Το **πετρέλαιο**, **βαρύ** και **ελαφρύ** (fuel oil και diesel oil), όπως και τα λιπαντικά (lube oils) που χρησιμοποιούνται σε ένα πλοίο, απαιτούν επεξεργασία, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην κατανάλωση και στην λίπανση των μηχανημάτων.

Η επεξεργασία είναι ένα σύνολο διαδικασιών που περιλαμβάνουν:

α) Τη θέρμανση κατά τη διάρκεια της αποθηκείωσης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του νερού που περιέχει το πετρέλαιο λόγω της καθίζησης στη δεξαμενή, η οποία οφείλεται στη διαφορά ειδικού βάρους.

β) Τη διέλευση από φίλτρα, όπου κατακρατούνται στερεά σωματίδια και τέλος

γ) τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό, που απομακρύνει από το καύσιμο ή από το έλαιο τις ανεπιθύμητες προσμείξεις.

Ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση μηχανημάτων που αποτελούνται από περιστροφικά μέρη, στα οποία με τη βοήθεια της φυγόκεντρου δυνάμεως πραγματοποιείται ο καθαρισμός του πετρελαίου και των ελαίων λιπάνσεως. Τα μηχανήματα αυτά ονομάζονται **φυγοκεντρικοί διαχωριστές** (centrifugal separators) και διακρίνονται ανάλογα με τη λειτουργία τους:

α) Στους **διαχωριστές-καθαριστές** (purifiers), όταν χρησιμοποιούνται για τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό δύο υγρών, όπως το νερό από το πετρέλαιο ή το νερό από το έλαιο, τις στερεές ύλες και τα ιζήματα [σχ. 11.1α(α)].

β) Στους **διαναγαστήρες** (clarifiers), όταν χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό ενός ήδη απαλλαγμένου από το νερό υγρού, που υποβάλλεται σε περαιτέρω φυγοκεντρικό διαχωρισμό, ώστε να απομακρυνθούν οι μικρότερες ξένες ύλες και τα ιζήματα που πιθανόν να έχουν απομείνει [σχ. 11.1α(β)].

Οι προδιαγραφές που ισχύουν για τον τύπο των καυσίμων και των λιπαντικών επηρεάζουν τον τρόπο επεξεργασίας τους, ώστε το αποτέλεσμα της επεξεργασίας καθαρισμού να καλύπτει την αναγκαϊό-

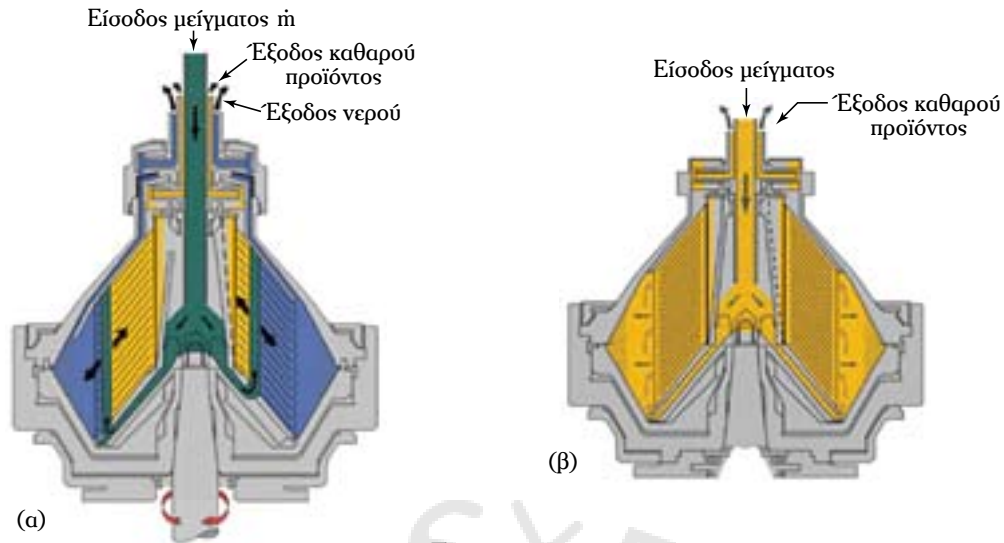
τητα στη χρήση καθαρού καυσίμου και λιπαντικού, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή της κύριας μηχανής, των ηλεκτρομηχανών και των υπολοίπων μηχανημάτων.

11.2 Τα χαρακτηριστικά των καυσίμων και λιπαντικών, που επηρεάζουν τη διαδικασία καθαρισμού.

Το **αργό πετρέλαιο** (crude oil) αποτελεί, ακόμα και σήμερα, την κύρια πηγή ενέργειας στα πλοία, διότι παρά την εξέλιξη στην παραγωγή των συνθετικών καυσίμων, η δαπανηρή παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η χρήση τους στην πρόωση ενός πλοίου. Έτσι, τα διάφορα παράγωγα της διυλίσεως του αργού πετρελαίου, παραμένουν οι σημαντικότερες μορφές καυσίμων που χρησιμοποιούνται.

Τα καύσιμα που παράγονται με τη διύλιση ταξινομούνται ως **ελαφρά πετρέλαια** (light oils), όπως το gas oil, το light και marine diesel oil, τα ενδιάμεσα πετρέλαια-μαζούτ (Intermediate Fuel Oil – IFO) και **βαριά πετρέλαια** (Heavy Fuel Oils – HFO) γνωστά ως Bunker C. Οι πληροφορίες των χαρακτηριστικών του κάθε τύπου πετρελαίου όπως το ιξώδες, το ειδικό βάρος, το σημείο αναφλέξεως, η περιεκτικότητα σε νερό κ.ά. περιγράφονται στο δελτίο αποστολής που συνοδεύει κάθε παραγγελία καυσίμων. Η πιστότητα του δελτίου αποστολής ελέγχεται μετά από δειγματοληψία του καυσίμου, που γίνεται σε όλη τη διάρκεια παραλαβής. Η ανάλυση του δείγματος που λαμβάνεται πραγματοποιείται σε εξειδικευμένα και πιστοποιημένα εργαστήρια. Οι διάφορες **ιδιότητες που καθορίζουν τις επιδόσεις των καυσίμων** είναι:

α) Το **ειδικό βάρος** (specific gravity) ή η **σχετική πυκνότητα** (relative density), δηλαδή το βάρος ενός συγκεκριμένου όγκου του καυσίμου, σε σύγκριση με το βάρος του ίδιου όγκου νερού, που εκφράζεται ως αναλογία και μετρείται σε σταθερή θερμοκρασία. Το ειδικό βάρος είναι απαραίτητο για τους υπολογισμούς των καυσίμων, καθώς και για την επιλογή του δίσκου βαρύτητας του φυγοκεντρικού διαχωριστή.



Σχ. 11.1α

Τομή λεκάνης φυγοκεντρικού (α) διαχωριστή-καθαριστή και (β) διαχωριστή ως διαναγαστήρα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός του νερού από καύσιμα με πυκνότητα μεγαλύτερη από το νερό δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί σε συμβατικές συσκευές φυγοκεντρικών διαχωριστών.

β) Το κινηματικό **ιξώδες** (kinematic viscosity), που αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος των ρευστών, μετρείται σε σεντιστόκς (centistokes) και περιγράφει την αντίσταση στη ροή. Το ιξώδες μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας των καυσίμων, προκειμένου να αυξηθεί η ροή τους, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν, να βελτιωθεί ο διαχωρισμός και επί πλέον να εξασφαλιστεί η εύκολη άντληση.

γ) Η **ποιότητα αναφλέξεως** (ignition quality) του καυσίμου, η οποία μετρείται από τη χρονική καθυστέρηση μεταξύ εγχύσεως και καύσεως και θα πρέπει να είναι σύντομη για την καλή καύση.

δ) Το **σημείο αναφλέξεως** (flash point), που αντιπροσωπεύει μία τιμή θερμοκρασίας που προκύπτει από δοκιμές και χρησιμοποιείται κυρίως για να προσδιορίσει τη μέγιστη ασφαλή θερμοκρασία αποθηκεύσεως του καυσίμου για την αποφυγή αναφλέξεως και εκρήξεως.

ε) Το **σημείο ροής** (pour point), που αποτελεί τη θερμοκρασία στην οποία ρέει το καύσιμο με την επίδραση της βαρύτητας. Είναι επίσης η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία το καύσιμο μπορεί να αντληθεί με ευκολία.

στ) Η **περιεκτικότητα σε θείο** (sulphur content), που έχει μεγάλη σημασία, δεδομένου ότι θεωρείται αιτία της φθοράς του κινητήρα. Το ανώτατο όριο εκφράζεται ως ποσοστό κατά βάρος και περιλαμβάνεται στις προδιαγραφές.

ζ) Η **θερμιδική δύναμη** (calorific value) του

καυσίμου που αναφέρεται στην θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση (Joule/kg).

η) Η **περιεκτικότητα σε νερό** (water content), που αποτελεί την ποσότητα του νερού που υπάρχει στο καύσιμο και απομακρύνεται μαζί με τα διαλυμένα στερεά με τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό.

θ) Η **συμβατότητα** (compatibility) ενός νέου καυσίμου που παραλαμβάνεται στο πλοίο με την υπάρχουσα ποσότητα καυσίμου στις δεξαμενές και κατά πόσο επιτρέπεται η ανάμειξη με διαφορετικά καύσιμα, ώστε να δώσουν ένα σταθερό μείγμα. Όταν υπάρχει ασυμβατότητα, η ανάμειξη των καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την καθίζηση λάσπης, που φράζει τα φίλτρα, δημιουργώντας προβλήματα στο δίκτυο του καυσίμου.

Τα έλαια λιπάνσεως είναι προϊόντα διυλίσεως του αργού πετρελαίου. Οι διάφορες ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται από το παραγόμενο έλαιο επιτυγχάνονται με ανάμειξη και εισαγωγή προσθέτων χημικών υλών. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του ελαίου αλλάζουν με τα πρόσθετα, με αποτέλεσμα η δράση τους να είναι ανασταλτική προς την οξείδωση, να μειώνουν τη φθορά, να λειτουργούν ως απορρυπαντικά κ.λπ.. Οι σημαντικότερες ιδιότητες που περιγράφονται στα έντυπα που συνοδεύουν ένα έλαιο λιπάνσεως είναι:

α) Το **κινηματικό ιξώδες** (kinematic viscosity), που είναι μια σημαντική ιδιότητα των λιπαντικών ελαίων και αφορά στην αντίσταση που παρουσιάζουν κατά τη ροή τους. Επίσης, χρησιμοποιείται ο δείκτης ιξώδους, που είναι ο ρυθμός μεταβολής του ιξώδους με την αλλαγή της θερμοκρασίας.

β) Ο **συνολικός αριθμός βάσεως** (Total Base

Number-TBN), που είναι ένα μέτρο ενδείξεως της ποσότητας αλκαλίων η οποία είναι διαθέσιμη στα λιπαντικά, καθορίζοντας τον αποτελεσματικό έλεγχο στην εξουδετέρωση των οξέων, που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της καύσεως. Η οξύτητα του ελαίου παρακολουθείται, ώστε να αποφεύγεται η φθορά των μηχανημάτων. Όσο υψηλότερος είναι ο TBN, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η πρόληψη στη φθορά που προκαλείται από τους ρύπους και η μείωση της διαβρωτικής δράσεως των οξέων. Η μέτρησή του γίνεται σε χιλιοστόγραμμα του υδροξειδίου του καλίου ανά γραμμάριο (mg KOH/g). Για τα λιπαντικά των πλοίων γενικότερα ο TBN είναι 15-50 mg KOH/g, ενώ για ορισμένα λιπαντικά ενδέχεται να είναι υψηλότερος φτάνοντας τα 70 ή 80 mg KOH/g.

γ) Η **αντίσταση του λιπαντικού στην οξείδωση** (oxidation resistance), που μπορεί να μετρηθεί από τον αριθμό εξουδετερώσεως, ενώ όταν παρατηρηθεί ότι το έλαιο είναι οξειδωμένο πέραν των αποδεκτών ορίων που ορίζονται από τον τύπο του λιπαντικού και την χημική του ανάλυση, πρέπει να αντικατασταθεί.

δ) Η **τάση του λιπαντικού στον σχηματισμό ανθρακικών ενώσεων** (carbon-forming tendency), η οποία πρέπει να είναι γνωστή ιδιαίτερα για έλαια που εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες. Η εξέταση των καταλοίπων άνθρακα σ' ένα λιπαντικό δίνει ένα ποσοστό μετρήσεως επί τοις εκατό (%).

ε) Η **απογαλάκτωση** (demulsibility), δηλαδή η ικανότητα ενός λιπαντικού να μπορεί να αναμειχθεί με το νερό και στη συνέχεια να το απελευθερώσει με τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό. Αυτή η ιδιότητα του λιπαντικού επηρεάζει την τάση που έχει να δημιουργεί ιζήματα λάσπης (sludge).

στ) Τέλος η **αναστολή της διαβρώσεως** (corrosion inhibition), που είναι η ικανότητα του λιπαντικού να προστατεύει μια επιφάνεια όταν υπάρχει νερό στο έλαιο. Αποτελεί μια σημαντική ιδιότητα, όταν υπάρχει πιθανότητα μόλυνσεως του λιπαντικού λόγω διαρροής γλυκού ή θαλασσινού νερού.

Τα σύγχρονα λιπαντικά πρέπει να έχουν ιδιότητες, προκειμένου:

α) Να χρησιμοποιούνται σε πολυάριθμες εφαρμογές, και αυτό επιτυγχάνεται με την ανάμειξη διαφόρων τύπων λιπαντικών και με τη χρήση προσθέτων χημικών βελτιωτικών.

β) Να προφυλάσσουν τα μέταλλα, ώστε να μην έρχονται σε επαφή.

γ) Να μειώνουν την τριβή και τη φθορά των κινουμένων μερών των μηχανημάτων.

δ) Να είναι σταθερά χωρίς να δημιουργούν ανθρακικές ενώσεις (εξανθρωκώματα) όταν εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες.

ε) Να είναι σε θέση να αναμειγνύονται με το νερό και στη συνέχεια να διαχωρίζονται από αυτό, χωρίς να δημιουργούν ιζήματα κατά τη διάρκεια του καθαρισμού και

στ) να προστατεύουν τα μεταλλικά μέρη απ' τη διάβρωση.

Ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός του νερού και των ακαθαρσιών από το καύσιμο είναι απαραίτητος για την καλή καύση στη μηχανή, ενώ με την απαλλαγή των ρυπογόνων ακαθαρσιών από το έλαιο λιπάνσεως επιτυγχάνεται η μείωση της φθοράς του κινητήρα και η πρόληψη από πιθανές βλάβες, που πιθανόν να προκύψουν από το μολυσμένο έλαιο.

Οι συσκευές των φυγοκεντρικών διαχωριστών είτε λειτουργούν ως καθαριστές είτε ως διαυγαστήρες διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους και η ίδια συσκευή είναι δυνατόν να λειτουργεί ως καθαριστής ή ως διαυγαστήρας. Όταν χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό, τοποθετείται κατάλληλο εξάρτημα με θυρίδες εξόδου για το καθαρό υγρό, το νερό και τις ακαθαρσίες, ενώ όταν χρησιμοποιείται ως διαυγαστήρας έχει θυρίδες εξόδου μόνο για το καθαρό υγρό.

11.3 Η φυγοκεντρική διεργασία.

Διαχωρισμός είναι η μέθοδος που αφαιρεί τις ακαθαρσίες από το καύσιμο ή το λιπαντικό και μπορεί να επιτευχθεί μέσω της **βαρύτητας** στις δεξαμενές καθιζήσεως (settling tanks) ή μέσω της **φυγοκεντρικής δυνάμεως**. Οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην ίδια αρχή και αφορούν σε υλικά μη διαλυτά μεταξύ τους, με τη διαφορά ότι ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός πραγματοποιείται με καθαρά μηχανική ενέργεια.

Ο καθαρισμός στις δεξαμενές καθιζήσεως επιτυγχάνεται γιατί το πετρέλαιο ή το έλαιο, το νερό και οι ακαθαρσίες έχουν διαφορετικό ειδικό βάρος. Η διαδικασία είναι χρονοβόρα, καθώς στις δεξαμενές καθιζήσεως η δύναμη διαχωρισμού είναι η βαρύτητα και το αποτέλεσμα του διαχωρισμού είναι η δημιουργία στρωμάτων. Απ' αυτά το κατώτερο στρώμα αποτελείται από τις στερεές ύλες που συγκεντρώνονται στον πυθμένα της δεξαμενής. Το αμέσως ανώτερο στρώμα είναι το νερό και το αμέσως επόμενο αποτελείται από το πετρέλαιο ή το έλαιο (σχ. 11.3α). Έτσι, τα υγρά με διαφορετικό ειδικό βάρος ή σχετική πυκνότητα μπορεί να διαχωριστούν σε μία δεξαμενή καθιζήσεως υπό την επίδραση της βαρύτητας.

Είναι σαφές ότι στις δεξαμενές ενός σκάφους η επίδραση της βαρύτητας δεν μπορεί να ενισχύσει τη δύναμη διαχωρισμού. Έτσι, μια δεξαμενή καθιζήσεως αν αντικατασταθεί από έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δυνάμεως διαχωρισμού που επηρεάζεται από τη γωνιακή ταχύτητα. Η γωνιακή ταχύτητα ενεργεί κατά ορθές γωνίες προς τη διεύθυνση της βαρύτητας και αναπτύσσεται κατά την περιστροφή γύρω από τον κατακόρυφο άξονα (σχ. 11.3β). Μ' αυτόν τον τρόπο, η ταχύτητα του διαχωρισμού αυξάνεται. Αυτό είναι που ουσιαστικά συμβαίνει με τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό και τόσο η ταχύτητα περιστροφής, όσο και η πραγματική ακτίνα του διαχωριστή μπορούν να διαφοροποιηθούν εντός ορισμένων κατασκευαστικών προδιαγραφών, που ορίζονται από τη μηχανική.

Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές αποτελούνται από τον ηλεκτρικό κινητήρα που δίνει την κίνηση, έναν κάθετο άξονα και τη λεκάνη ή τον σωλήνα μέσα στον οποίο περιέχεται το υγρό πετρέλαιο ή το έλαιο που πρόκειται να καθαριστεί. Η αρχή της λειτουργίας του φυγοκεντρικού διαχωριστή είναι απλή. Όταν η λεκάνη που περιέχει το ακαθάριστο υγρό περιστρέφεται, η φυγόκεντρος δύναμη επιδρώντας στο υγρό μείγμα, το διαμορφώνει σε τρία κατακόρυφα περιμετρικά στρώματα (σχ. 11.3β).

Το εξωτερικό μείγμα αποτελείται από ιζήματα και στερεές ύλες που λόγω του μεγαλύτερου ειδικού βάρους το οποίο έχουν από το πετρέλαιο ή το έλαιο, εκτοξεύονται και προσκολλώνται στην εσωτερική επιφάνεια του διαχωριστή. Το μεσαίο αποτελείται απ' το νερό και το εσωτερικό από το καθαρό πετρέλαιο ή το έλαιο. Ο καθαρισμός που επιτυγχάνεται με τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό αφορά σε υλικά που δεν είναι διαλυτά μεταξύ τους. Έτσι, για παράδειγμα η βενζίνη, το πετρέλαιο ή το έλαιο λιπάνσεως δεν είναι δυνατόν να διαχωρισθούν με τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό, όπως επίσης δεν είναι δυνατόν να αφαιρεθούν τα άλατα από το θαλασσινό νερό.

Κατά τη φυγοκεντρική διαδικασία, το υγρό μείγμα που πρόκειται να διαχωριστεί και αποτελείται από πετρέλαιο ή έλαιο, νερό και στερεές ύλες (ακαθαρσίες) με διαφορετικά ειδικά βάρη μη διαλυτά μεταξύ τους, δημιουργεί όρια μεταξύ των στρωμάτων στα σημεία όπου εφάπτονται τα διαφορετικά αυτά υλικά. Τα όρια αυτά είναι ξεκάθαρα, όπως το σημείο επαφής του νερού με το έλαιο, γνωστό ως νοντή διαχωριστική γραμμή (e-line) (σχ. 11.3α και 11.3β). Για να επιτύχομε το μέγιστο όφελος από τον διαχω-

ρισμό του πετρελαίου από το νερό, η απομάκρυνση του νερού πρέπει να γίνεται έξω από τη νοντή διαχωριστική γραμμή, που δημιουργείται από τα σημεία επαφής των δύο υγρών. Διαφορετικά θα έχουμε απόρριψη πετρελαίου στην πλευρά του νερού.

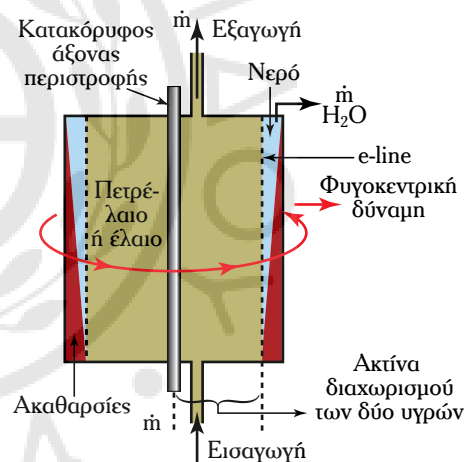
Όταν ο διαχωρισμός, όπως έχει αναφερθεί, γίνεται με την επίδραση της βαρύτητας στη δεξαμενή καθιζήσεως, πραγματοποιείται συνεχής διαχωρισμός και τα στρώματα στα οποία διαχωρίζεται το μείγμα στη δεξαμενή βρίσκονται σε μία διάταξη (σχ. 11.3γ).

Στον φυγοκεντρικό διαχωρισμό δημιουργείται



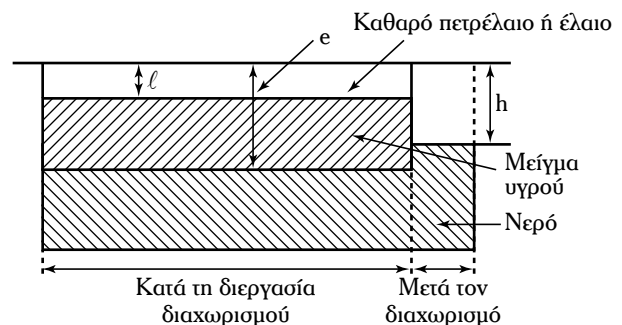
Σχ. 11.3α

Διαχωρισμός σε δεξαμενή καθιζήσεως.



Σχ. 11.3β

Διαχωρισμός με φυγοκεντρική διεργασία.



Σχ. 11.3γ

Διεργασία διαχωρισμού στην δεξαμενή βαρύτητας.

μία διάταξη τύπου U, κάθε σκέλος της οποίας αποτελεί ανάλογη διεργασία όπως στη δεξαμενή βαρύτητας και φαίνεται εάν στραφεί το σχήμα 11.3γ κατά 90° προς τα αριστερά. Το αποτέλεσμα είναι το σχήμα 11.3δ(α) όπου η εισαγωγή του μείγματος υγρών πραγματοποιείται στο κάτω μέρος του U.

Σε κάθε σκέλος του πραγματοποιείται διαχωρισμός, όπως στη δεξαμενή διαχωρισμού, με τη διαφορά ότι στο μείγμα του υγρού ασκείται η δύναμη της φυγόκεντρου δυνάμεως που επιταχύνει τη διεργασία διαχωρισμού του μείγματος.

Λόγω της διαφοράς ειδικού βάρους των υγρών που αποτελούν το μείγμα, το ύψος των υγρών στη δεξαμενή διαχωρισμού εμφανίζεται αντίστοιχα στα δύο σκέλη της διατάξεως τύπου U και δίνεται απ' τη σχέση:

$$\rho_l \cdot (e - l) = \rho_h \cdot (e - h) \quad (1)$$

όπου: ρ_l η πυκνότητα του πετρελαίου ή του ελαίου και ρ_h η πυκνότητα του νερού.

Επί πλέον, λόγω της περιστροφής της διατάξεως τύπου U γύρω από τον κάθετο άξονα, όπου επιδρά στο μείγμα υγρών η γωνιακή ταχύτητα, η σχέση (1) γίνεται:

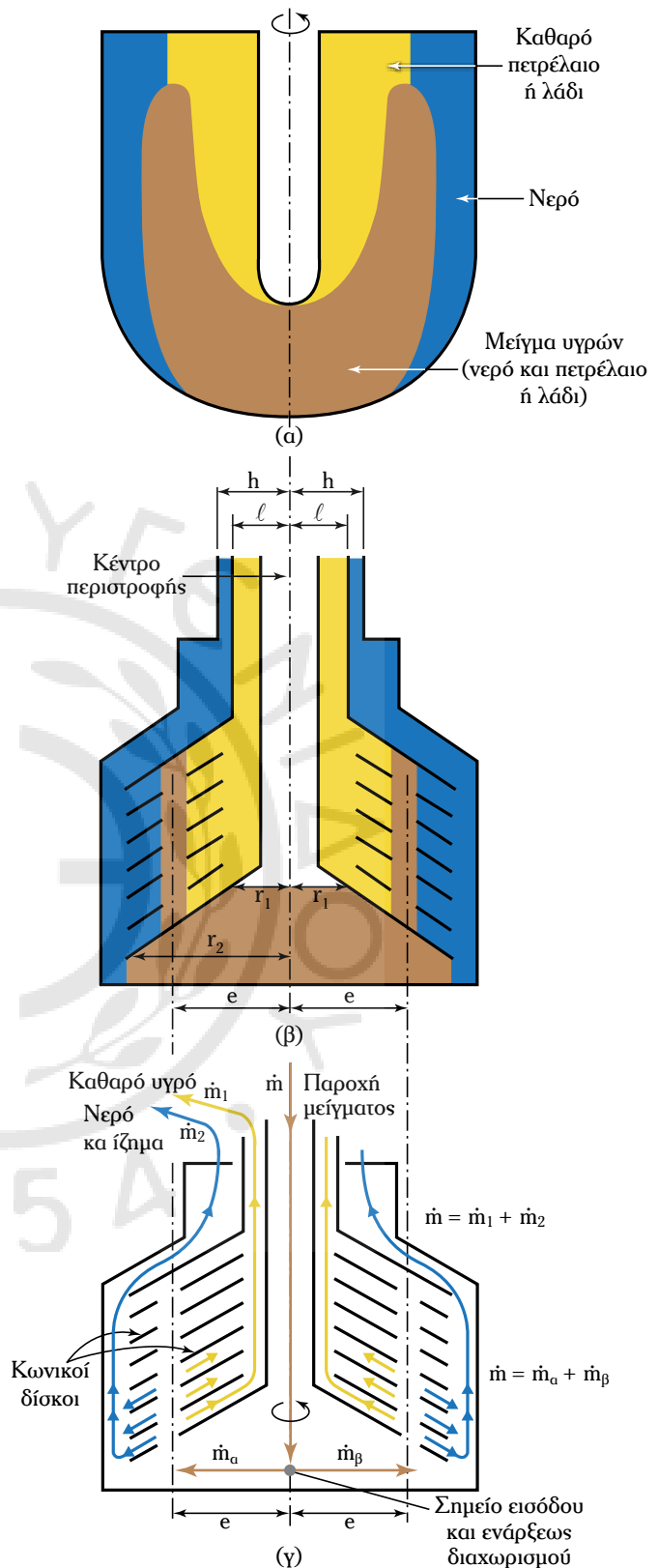
$$\omega^2 \rho_l (e^2 - l^2) = \omega^2 \rho_h (e^2 - h^2) \quad (2)$$

ή

$$\frac{\rho_h}{\rho_l} = \frac{e^2 - l^2}{e^2 - h^2} \quad (3)$$

όπου: ω η γωνιακή ταχύτητα, ρ_h η πυκνότητα του νερού, ρ_l η πυκνότητα του πετρελαίου, e η απόσταση από το κέντρο περιστροφής της λεκάνης έως το σημείο εισόδου του ακάθартου πετρελαίου ή ελαίου, l η απόσταση απ' το κέντρο περιστροφής της λεκάνης και του εσωτερικού δακτυλίου της εξαγωγής καθαρού πετρελαίου ή ελαίου και h η απόσταση από το κέντρο περιστροφής της λεκάνης και του εσωτερικού δακτυλίου της εξαγωγής του νερού που έχει διαχωριστεί [σχ. 11.3δ(β)].

Ο μηχανικός σχεδιασμός του φυγόκεντρικού διαχωριστή απαιτεί η νοπή διαχωριστική γραμμή (e-line) που δημιουργείται να βρίσκεται μεταξύ ορισμένων αυστηρών ορίων. Οι διακυμάνσεις αυτές εξαρτώνται από την ρ_l πυκνότητα του πετρελαίου, η οποία διαφέρει στα εφοδιαζόμενα πετρελαιοειδή και λιπαντικά. Είναι συνεπώς αναγκαίο να προβλέπεται στον σχεδιασμό του φυγόκεντρικού διαχωριστή η διακύμανση που δύναται να λαμβάνουν οι αποστάσεις του h ή του l , προκειμένου να μπορεί να αντισταθμίζεται η μεταβολή του ειδικού βάρους για διαφορετικά υγρά. Συνήθως τροποποιείται η απόσταση h του



Σχ. 11.36

Διεργασία διαχωρισμού στους δίσκους ενός φυγόκεντρικού διαχωριστή. (α, β) Αποστάσεις από το κέντρο περιστροφής και (γ) ροή υγρών στον διαχωριστή.

πετρελαίου ή του λιπαντικού, και αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας δακτυλιοειδείς **δίσκους βαρύτητας**¹ με διαφορετικές εσωτερικές διαμέτρους.

Οι πληροφορίες για το μέγεθος της διαμέτρου του δίσκου βαρύτητας παρέχονται από πίνακα που βρίσκεται στο βιβλίο του κατασκευαστή του διαχωριστή. Εκεί αναφέρεται, για το συγκεκριμένο ειδικό βάρος μείγματος του πετρελαίου ή του λιπαντικού, η αντίστοιχη διάμετρος του δίσκου βαρύτητας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Εναλλακτικά, η διάμετρος (σε mm) του δίσκου βαρύτητας D_h μπορεί να υπολογισθεί από τον τύπο:

$$D_h = 2 \sqrt{\left[l^2 \frac{\rho_l}{\rho_h} + e^2 \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_h} \right) \right]} \quad (4)$$

Η απόσταση e μπορεί να ληφθεί ως η ακτίνα από το μέσο των κωνικών δίσκων, που τοποθετούνται μέσα στην λεκάνη του διαχωριστή [σχ. 11.3δ(β)]. Κατά τη διάρκεια του φυγοκεντρικού διαχωρισμού, αν το πετρέλαιο ή το έλαιο απορρίπτονται μαζί με το νερό, τότε η διάμετρος του δίσκου είναι πολύ μεγάλη.

Για πολλά χρόνια οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές στα πλοία είχαν σχεδιαστεί για περιοδική λειτουργία, κατά την οποία τα στερεά συλλέγονταν στα τοιχώματα της λεκάνης και στη συνέχεια το μηχανήμα απενεργοποιούνταν για να καθαριστεί. Η περιοδική λειτουργία με απενεργοποίηση για εσωτερικό καθαρισμό των φυγοκεντρικών διαχωριστών εξακολουθεί να είναι επωφελής για τον καθαρισμό των ελαίων λιπάνσεως, διότι κατά τη συντήρηση επιτρέπεται στον υπεύθυνο ο έλεγχος της αποτελεσματικής λειτουργίας τους.

Οι σύγχρονοι όμως φυγοκεντρικοί διαχωριστές πετρελαίου και ελαίου είναι σχεδιασμένοι για συνεχή λειτουργία με αυτόματο περιοδικό καθαρισμό (παράγρ. 11.8). Ο αυτόματος καθαρισμός γίνεται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, τα οποία ποικίλουν από τριάντα λεπτά έως μία ώρα με δυνατότητα μεταβολής του χρόνου από τον χειριστή. Ο καθαρισμός αυτός εξαρτάται απ' την ποιότητα του πετρελαίου ή του λιπαντικού και το επιθυμητό αποτέλεσμα.

11.4 Τύποι φυγοκεντρικών διαχωριστών.

Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές που χρησιμοποιούνται στα πλοία είναι δύο τύπων:

α) Οι **σωληνοειδείς διαχωριστές** (tubular type separators ή long narrow bowls).

β) Οι **διαχωριστές τύπου λεκάνης με δίσκους** (disc type separators ή short wide bowls).

Οι δύο αυτοί τύποι στηρίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας, με κυριότερη διαφορά στον σχεδιασμό του περιστρεφόμενου μέρους τους και στο μέγεθος της ταχύτητας περιστροφής τους.

Στον **σωληνοειδή διαχωριστή**, το περιστρεφόμενο στοιχείο αποτελείται από κύλινδρο, μέσα στον οποίο βρίσκονται τοποθετημένα τρία κατακόρυφα περύγια προσαρμοσμένα στον άξονα σε γωνίες 120° μεταξύ τους. Αυτά περιστρέφονται με το σωληνοειδές δοχείο του διαχωριστή. Αντιπροσωπευτικά αναφέρεται ο τύπος του διαχωριστή Sharpless, στον οποίο η ταχύτητα περιστροφής των περυγίων είναι 15.000 rpm.

Οι σωληνοειδείς διαχωριστές είναι σε θέση να αναπτύξουν μεγαλύτερες γωνιακές ταχύτητες από τους διαχωριστές τύπου λεκάνης με δίσκους, με καλύτερα αποτελέσματα στον φυγοκεντρικό διαχωρισμό. Το διαχωρισμένο ίζημα διανύει μικρή απόσταση έως το εσωτερικό τείχος του σωλήνα, ενώ στη συνέχεια αποβάλλεται το νερό. Όμως, για να επιτευχθεί αύξηση του όγκου κατακρατήσεως λάσπης και νερού, είναι απαραίτητη η επιμήκυνση του σωλήνα, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα ευστάθειας του μηχανήματος, λόγω της μεγάλης περιστροφικής ταχύτητας.

Οι διαχωριστές τύπου λεκάνης με δίσκους ήταν σε θέση να διατηρούν περισσότερο ίζημα, μπορούσαν να καθαρισθούν ευκολότερα, αλλά είχαν μειωμένη απόδοση. Γενικότερα ο διαχωρισμός δεν ήταν επαρκής λόγω της μεγάλης αποστάσεως που διένυε το διαχωριζόμενο ίζημα μέχρι να φτάσει στο τοίχωμα της λεκάνης, γεγονός που οφειλόταν στην περιορισμένη επιφάνεια διαχωρισμού. Για να αυξηθεί η επιφάνεια διαχωρισμού, τοποθετείται μία στοιβάδα κωνικών δίσκων, αυξάνοντας την επιφάνεια καθαρισμού. Οι δίσκοι περιστρέφονται μαζί με τη λεκάνη, και η ταχύτητα κατά τη λειτουργία του διαχωριστή είναι 7.200 rpm. Αντιπροσωπευτικός τύπος αυτών των διαχωριστών με δίσκους είναι οι φυγοκεντρικοί καθαριστές de Laval. Το όνομά τους οφείλεται στον Σουηδό μηχανικό G. De Laval (1845–1913) και έχει επικρατήσει να χαρακτηρίζονται όλοι οι φυγοκεντρικοί καθαριστές ως μηχανήματα de Laval.

¹ Δίσκος βαρύτητας ονομάζεται ένας μεταλλικός δίσκος με τρύπα στη μέση, του οποίου η εσωτερική διάμετρος εξαρτάται από το ειδικό βάρος του πετρελαίου ή του ελαίου που διαχωρίζεται.

11.5 Λειτουργία φυγοκεντρικών διαχωριστών.

Ο τρόπος λειτουργίας ανάλογα με τον τύπο φυγοκεντρικού διαχωριστή, είτε αυτός χρησιμοποιείται για την επεξεργασία πετρελαίου, είτε για την επεξεργασία ελαίου είναι:

11.5.1 Για σωληνοειδή διαχωριστή.

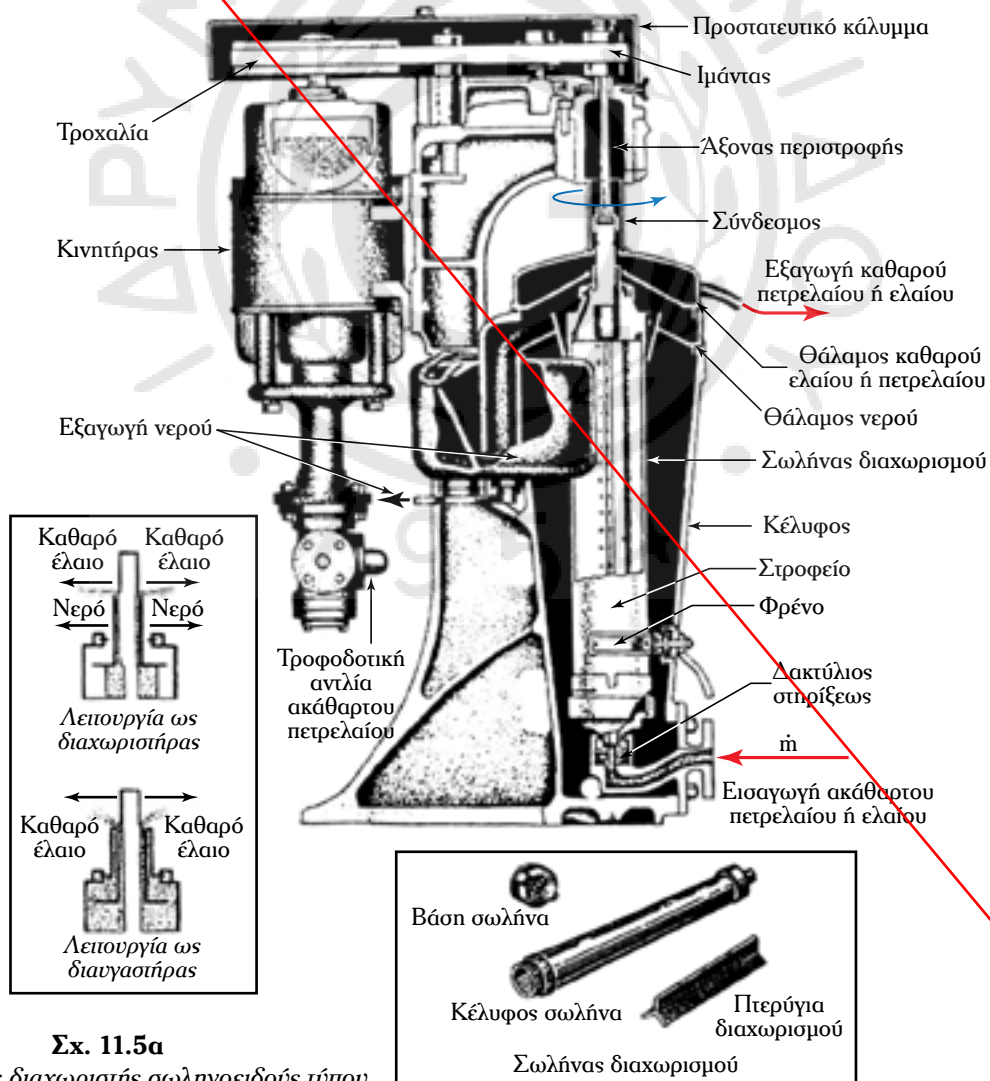
Ο φυγοκεντρικός διαχωριστής σωληνοειδούς τύπου αποτελείται από το στροφέιο ή σωληνοειδές δοχείο, το οποίο περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα με τη βοήθεια ενός κινητήρα που είναι συνδεδεμένος με ιμάντα και από ένα σύστημα μικρού σφαιρικού τριβέα, εφαρμοσμένου στον άξονα περιστροφής στην κορυφή του στροφείου (σχ. 11.5α). Η ευθυγράμμιση και η κεντρική περιστροφή του άξονα επιτυγχάνονται με τη βοήθεια του δακτυλίου στηρίξεως στη βάση του διαχωριστή.

Η είσοδος του ακάθαρτου μείγματος πετρελαίου

ή ελαίου γίνεται από ένα άνοιγμα στο κάτω μέρος του μηχανήματος και μετά τον διαχωρισμό καταθλιβονται το πετρέλαιο ή το λιπαντικό και το νερό από δύο ανοίγματα στο πάνω μέρος του διαχωριστή.

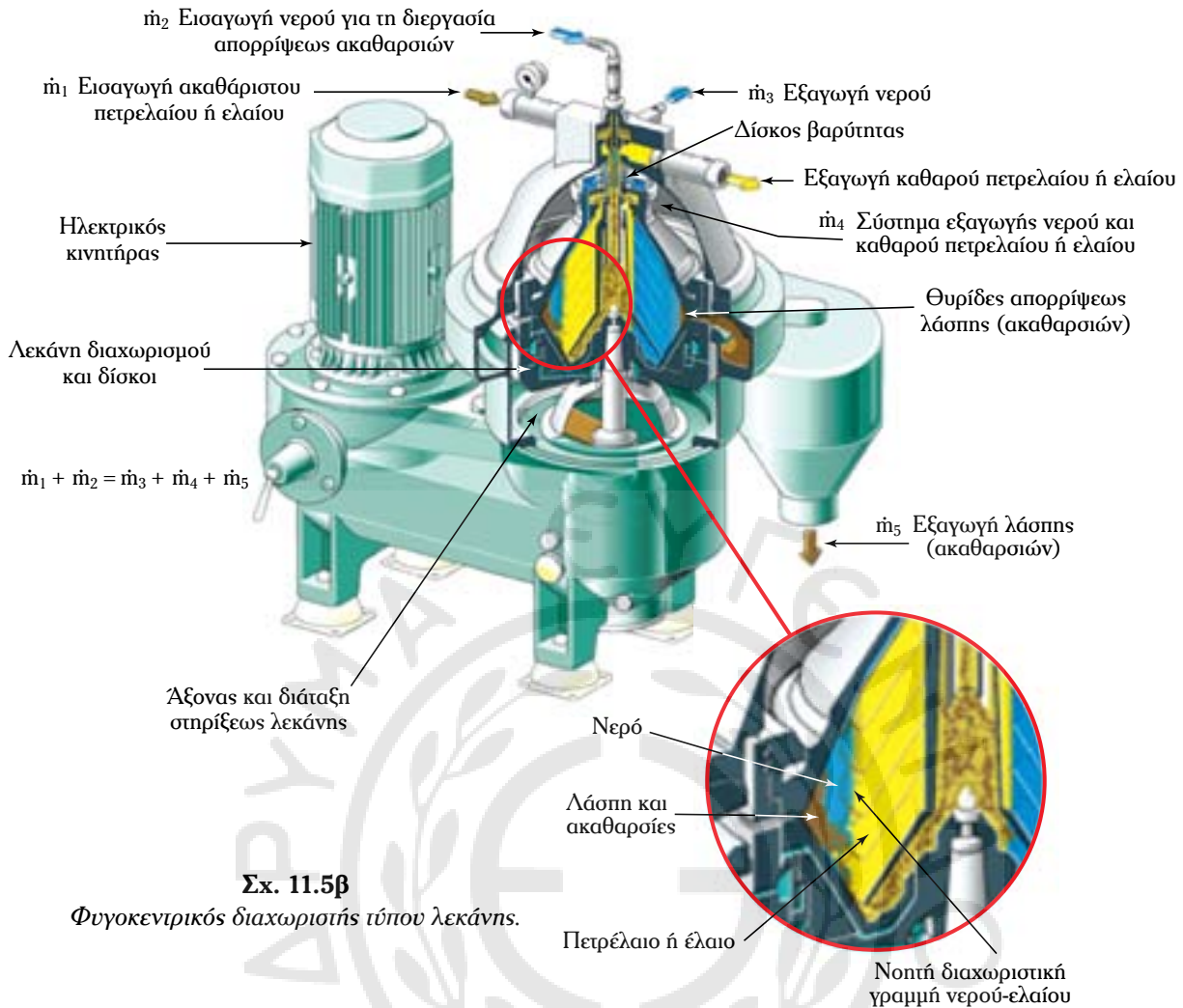
Εσωτερικά του σωλήνα διαχωρισμού βρίσκονται τρία κατακόρυφα πτερύγια, που περιστρέφονται μαζί με τον σωλήνα διαχωρισμού, με σκοπό να αναγκάσουν το υγρό που εισέρχεται σ' αυτό να περιστρέφεται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα. Το ακαθάριστο υγρό εισέρχεται στον φυγοκεντρικό καθαριστή από τον πυθμένα του δοχείου με πίεση, περνώντας μέσα από ακροφύσιο, που το διασκορπίζει μέσα στο δοχείο.

Η λειτουργία του σωληνοειδούς διαχωριστή βασίζεται στη διαφορά του ειδικού βάρους του μείγματος δημιουργώντας, λόγω της ταχύτητας περιστροφής, στρώματα από καθαρό έλαιο ή πετρέλαιο εσωτερικά, νερό στο μέσο και λάσπη περιφερειακά στο τελευταίο στρώμα. Η λάσπη, λόγω της φυγόκε-



Σχ. 11.5α

Φυγοκεντρικός διαχωριστής σωληνοειδούς τύπου.



Σχ. 11.5β

Φυγοκεντρικός διαχωριστής τύπου λεκάνης.

ντρονς δυνάμειω, κολλάει στα τοιχώματα του κελύφου του διαχωριστή, ενώ το νερό και το έλαιο ή το πετρέλαιο εξέρχονται από τα χωριστά ανοίγματα στο επάνω μέρος του κελύφου του διαχωριστή.

Ο σωληνοειδής διαχωριστής μπορεί να λειτουργεί είτε ως διαχωριστής είτε ως διαυγαστήρας κλείνοντας την έξοδο του νερού με έναν δακτύλιο.

Όταν ο διαχωριστής λειτουργεί για τον καθαρισμό λιπαντικού, κατά την εισαγωγή στον διαχωριστή το έλαιο κτυπάει πάνω σε έναν κώνο, που τοποθετείται στο κάτω μέρος της διατάξεως των περυγίων, ώστε να εξισωθεί προοδευτικά η ταχύτητα του ελαίου με την ταχύτητα περιστροφής του δοχείου χωρίς να δημιουργείται γαλάκτωμα (ανακαταμένο νερό με λάδι). Ο κώνος αυτός δεν χρησιμοποιείται όταν ο διαχωριστής λειτουργεί με πετρέλαιο, γιατί το πετρέλαιο δεν δημιουργεί γαλάκτωμα.

11.5.2 Για διαχωριστή με λεκάνη.

Η αύξηση της επιφάνειας καθαρισμού, όπως έχει

αναφερθεί στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές με λεκάνη, πραγματοποιείται με την προσθήκη μίας σειράς κωνικών δίσκων (σχ. 11.5β). Η απόσταση μεταξύ των δίσκων διατηρείται με μικρούς αποστάτες τοποθετημένους στην κάτω πλευρά κάθε δίσκου ρυθμίζοντας την απόσταση μεταξύ των δίσκων από 2–4 mm.

Το ακαθάριστο πετρέλαιο εισέρχεται μέσω του σωλήνα συνδέσεως, που είναι εφαρμοσμένος στο πάνω μέρος της λεκάνης των δίσκων και μέσω της κωνικής βάσεως, που είναι ταυτόχρονα οδηγός για τη θέση της διατάξεως των δίσκων, διοχετεύεται στον πυθμένα της λεκάνης. Στη συνέχεια, ρέει ανάμεσα στους δίσκους από τρύπες ροής στα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των δίσκων και χωρίζουν τον εσωτερικό χώρο της λεκάνης σε πολλά λεπτά στρώματα. Λόγω της φυγόκεντρου δυνάμειω διαχωρίζονται το νερό και τα στερεά κατάλοιπα που περιέχει το πετρέλαιο, δημιουργώντας σε κάθε κενό μεταξύ των δίσκων στρώματα καθαρού πετρελαίου, νερού και στερεών καταλοίπων.

Τα στερεά κατάλοιπα προσκρούοντας στην κάτω επιφάνεια των δίσκων συσσωρεύονται και τελικά γλιστρούν κατά μήκος των δίσκων και προς την περιφέρεια, σχηματίζοντας έτσι ένα στρώμα λάσπης στην εσωτερική επιφάνεια της λεκάνης. Ένα πολύ λεπτό στρώμα από ακαθαρσίες δημιουργείται με την πάροδο του χρόνου λειτουργίας στην επιφάνεια των δίσκων, που απομακρύνεται με τον καθαρισμό των επιφανειών τους, όταν το μηχάνημα είναι εκτός λειτουργίας.

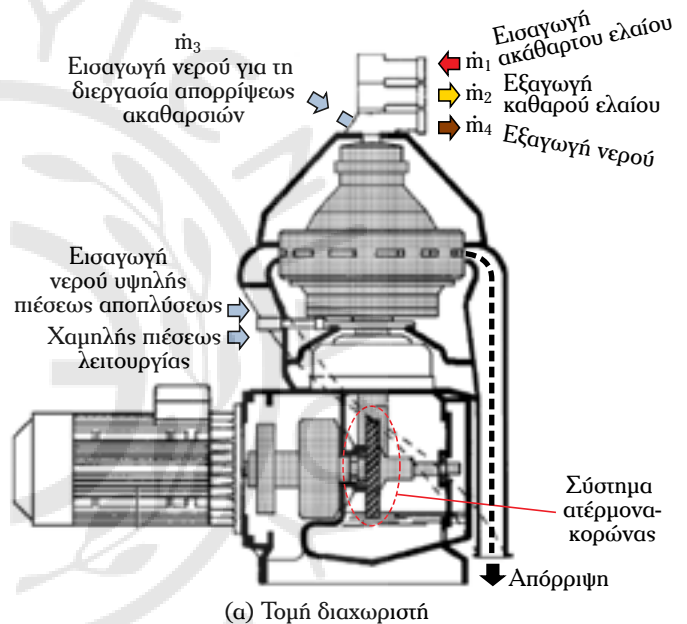
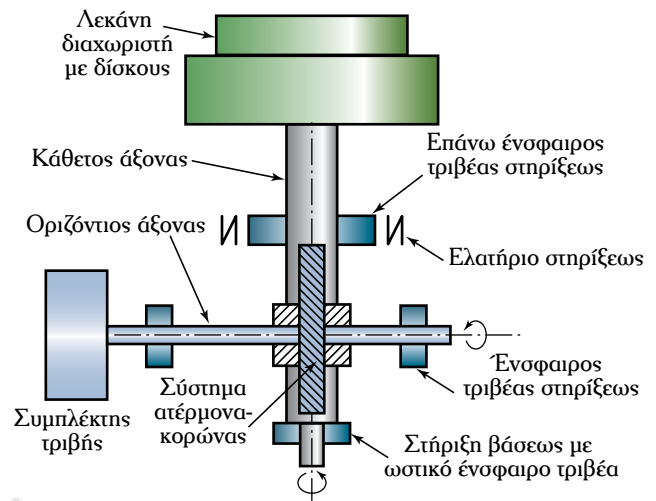
Με τη συνεχή συσσώρευση στερεών σωματιδίων, νερού και πετρελαίου, το στρώμα του νερού που δημιουργείται, πιέζεται μεταξύ στερεών σωματιδίων και καθαρού πετρελαίου, με αποτέλεσμα το νερό και ελαφριά στερεά σωματίδια να παρασύρονται προς την περιφέρεια της λεκάνης. Στη συνέχεια, γλιστρώντας πάνω στα τοιχώματά της απορρίπτονται έξω απ' αυτήν με την κατάλληλη διάταξη εξαγωγής νερού στο πάνω μέρος του διαχωριστήρα.

Η ποσότητα του καθαρού πετρελαίου ή ελαίου που συσσωρεύεται σταδιακά κατά τη διεργασία του διαχωρισμού, ρέει και αυτή κατά μήκος των κενών που σχηματίζονται μεταξύ των δίσκων, αλλά σε αντίθετη διεύθυνση από το νερό. Η διεύθυνση του καθαρού πετρελαίου ή ελαίου είναι προς το κέντρο της λεκάνης και προς τα επάνω απ' όπου καταθλίβεται από την εξαγωγή καθαρού ελαίου στο πάνω μέρος του διαχωριστή [σχ. 11.5γ(α)].

Η λεκάνη του φυγοκεντρικού διαχωριστή είναι προσαρμοσμένη στο πάνω άκρο ενός περιστρεφόμενου κατακόρυφου άξονα. Η κίνηση του άξονα γίνεται από ηλεκτρικό κινητήρα μέσω συμπλέκτη τριβής. Στη συνέχεια η κίνηση μεταδίδεται σε σύστημα ατέρμονα-κορώνας, που εφαρμόζεται στο κατάλληλα διαμορφωμένο κάτω μέρος του άξονα.

Η στήριξη του άξονα γίνεται με τοποθέτηση ακινητικού ωστικού ένοσφαιρου τριβέα στο κάτω άκρο του, ο οποίος φέρει το βάρος του άξονα και της λεκάνης, ενώ ταυτόχρονα απορροφά οποιαδήποτε ώθηση δημιουργείται από την κίνηση. Η ισορροπία, η ευθυγράμμιση και η κεντρική περιστροφή του άξονα και της λεκάνης επιτυγχάνεται με ένοσφαιρο τριβέα, ο οποίος τοποθετείται κάτω από τη λεκάνη του διαχωριστή [σχ. 11.5γ(α)].

Όταν στη διάταξη επεξεργασίας διαχωρισμού του πετρελαίου χρησιμοποιούνται δύο διαχωριστές σε σειρά (καθαριστής και διαυγαστήρας), το πετρέλαιο απαλλάσσεται πρώτα από το νερό και τις ακαθαρσίες που παρασύρονται μαζί με αυτό και στη συνέχεια



(α) Τομή διαχωριστή



(β) Τρισδιάστατη απεικόνιση τομής

Σχ. 11.5γ

Διάταξη φυγοκεντρικού διαχωριστή με δίσκους και τομή φυγοκεντρικού διαχωριστή.

εισέρχεται στη δεύτερη φάση του καθαρισμού (διαύγαση), όπου απαλλάσσεται από τα υπόλοιπα λεπτά στερεά, και τελικά το καθαρισμένο πετρέλαιο διατίθεται για χρήση.

Η λειτουργία των φυγοκεντρικών διαχωριστών με δίσκους μπορεί να είναι περιοδική ή συνεχής, όπως περιγράφεται παρακάτω, χωρίς αυτό να αλλάζει τη μέθοδο διαχωρισμού του πετρελαίου. Η διαφορά της περιοδικής λειτουργίας από τη συνεχή, είναι ότι στην πρώτη για τον καθαρισμό της λεκάνης και της επιφάνειας των δίσκων από τα στερεά σωματίδια που συσσωρεύονται σε μορφή λάσπης, ο διαχωριστής πρέπει να σταματήσει και να γίνει αποσυναρμολόγηση της λεκάνης και των δίσκων, ενώ στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές συνεχούς λειτουργίας τα στερεά σωματίδια απομακρύνονται με συχνές απορρίψεις (μπλοφόρισμα) σε τακτά χρονικά διαστήματα (βλ. παράγρ. 11.8).

11.6 Καθαρισμός πετρελαίου.

Τα ελαφρά πετρέλαια όπως paraffin fuels και gas oils, γνωστά ως ραφιναρισμένα **αποστάγματα** (distillates), που χρησιμοποιούνται στις μονάδες προώσεως αεροστροβίλων και στις ταχύστροφες (1000–4200 rpm) και μεσόστροφες (300–950 rpm) ΜΕΚ, έχουν μεγάλη ρευστότητα, αποθηκεύονται εύκολα και μπορούν να υποβάλλονται σε καθαρισμό χωρίς να είναι αναγκαία η προθέρμανσή τους. Τα **βαριά πετρέλαια** (HFO) τα οποία χρησιμοποιούνται σε αργόστροφες (70–250 rpm) ΜΕΚ και γενικά τα υπολειμματικά πετρέλαια (residual fuels) είναι παχύρρευστα σε κανονικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και απαιτείται θέρμανση πριν την επεξεργασία και τη χρήση τους.

Το βαρύ πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στα πλοία στις αργόστροφες ΜΕΚ αντλείται από τις δεξαμενές αποθηκείσεως και καταθλίβεται με την **αντλία μεταφοράς** (transfer pump) στις δεξαμενές καθιζήσεως, που είναι συνήθως δύο. Εκεί, το πετρέλαιο θερμαίνεται με τη βοήθεια των στοιχείων ατμού (σερπαντίνες steam coils), αποβάλλοντας μεγάλο μέρος από την ποσότητα του νερού που περιέχει. Στη δεξαμενή καθιζήσεως, εκτός από την καθίζηση του νερού, κατακάθεται και λάσπη, που μαζί με το νερό απομακρύνονται με συχνές **εξυδατώσεις** (drains), από τον κρουνό εξυδατώσεως που βρίσκεται κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής. Οι ακαθαρσίες με το νερό οδηγούνται στη δεξαμενή υπερχείλισεως (overflow)

ή στη δεξαμενή κύτους (holding) ή στη **δεξαμενή ακαθαρσιών** (sludge) για περαιτέρω επεξεργασία ή για την απόδοσή τους στα λιμάνια μαζί με άλλα ανεπιθύμητα κατάλοιπα.

Από τη δεξαμενή καθιζήσεως αντλείται το πετρέλαιο, το οποίο διερχόμενο από τον φυγοκεντρικό διαχωριστή καθαρίζεται, προκειμένου να οδηγηθεί στη συνέχεια στη **δεξαμενή ημερήσιας καταναλώσεως** (service ή daily tank). Οι δεξαμενές καθιζήσεως όταν είναι δύο, χρησιμοποιούνται εναλλάξ έτσι ώστε όταν γίνεται καθίζηση στη μία δεξαμενή, η αναρρόφηση καυσίμου του φυγοκεντρικού διαχωριστή να διεξάγεται από την άλλη δεξαμενή, όπου έχει ήδη πραγματοποιηθεί η διεργασία καθιζήσεως και εξυδατώσεως. Αυτό γίνεται, ώστε να δοθεί ο απαιτούμενος χρόνος για τον φυσικό διαχωρισμό του νερού και της λάσπης απ' το καύσιμο.

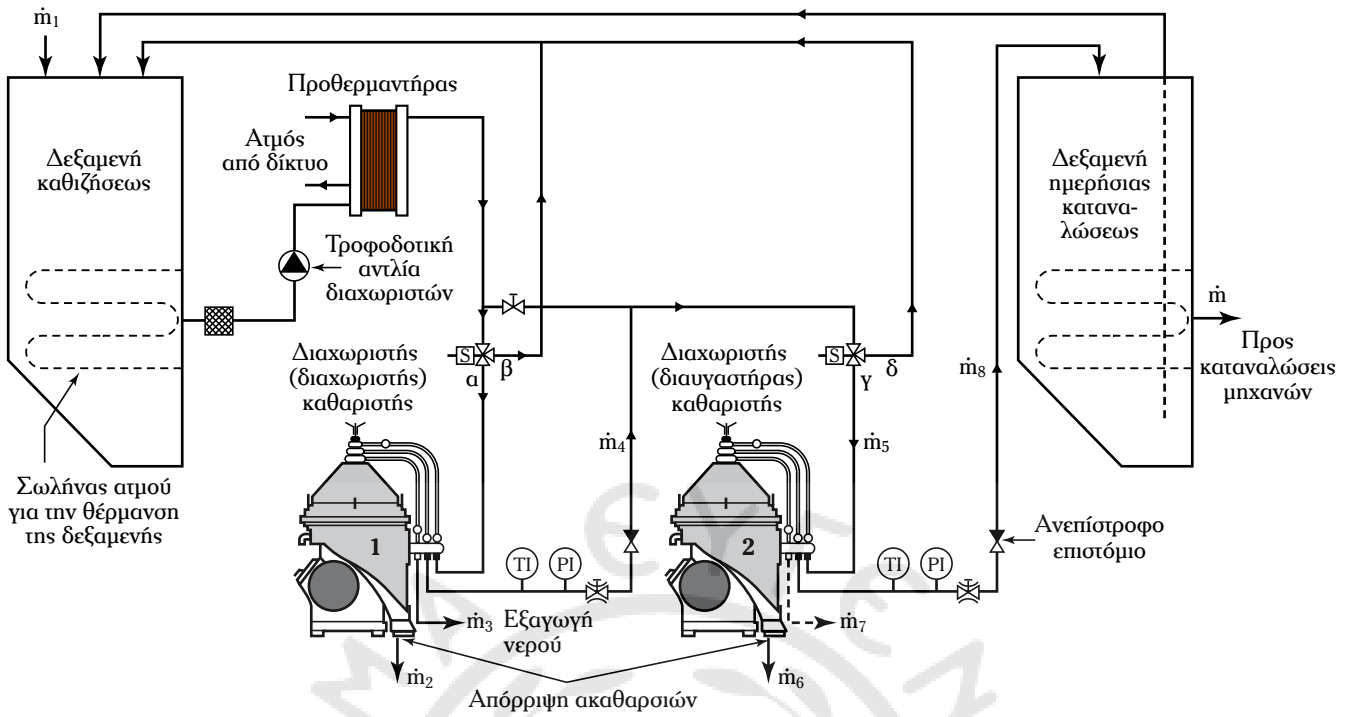
Μία πρακτική που ακολουθείται στα πλοία είναι η υπερχείλιση του πετρελαίου από τη δεξαμενή ημερήσιας καταναλώσεως να επιστρέφει στη δεξαμενή καθιζήσεως που αναρροφά ο φυγοκεντρικός διαχωριστής. Το ήδη καθαρό πετρέλαιο αναμειγνύεται με την ποσότητα του πετρελαίου που κατακάθεται στη δεξαμενή καθιζήσεως (settling tank), επιτυγχάνοντας έτσι την επανακυκλοφορία του καυσίμου στον φυγοκεντρικό διαχωριστή (κατακαθίσεως) βελτιώνοντας την ποιότητα καθαρισμού του καυσίμου.

Ο καθαρισμός των βαρέων καυσίμων σε πολλά πλοία πραγματοποιείται με τη διέλευση του καυσίμου μετά απ' τη δεξαμενή καθιζήσεως στον προθερμαντήρα και στη συνέχεια στον φυγοκεντρικό διαχωριστή. Όμως, τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ποιότητα του καυσίμου και τη μεγάλη περιεκτικότητά σε ακαθαρσίες και στερεά σωματίδια, αντιμετωπίζονται εγκαθιστώντας δύο ή τρεις φυγοκεντρικούς διαχωριστές που λειτουργούν σε διάταξη σειράς ή παράλληλα.

Στα σχήματα 11.6α και 11.6β παρουσιάζονται οι τρόποι λειτουργίας των διαχωριστών, οι οποίοι είναι τρεις:

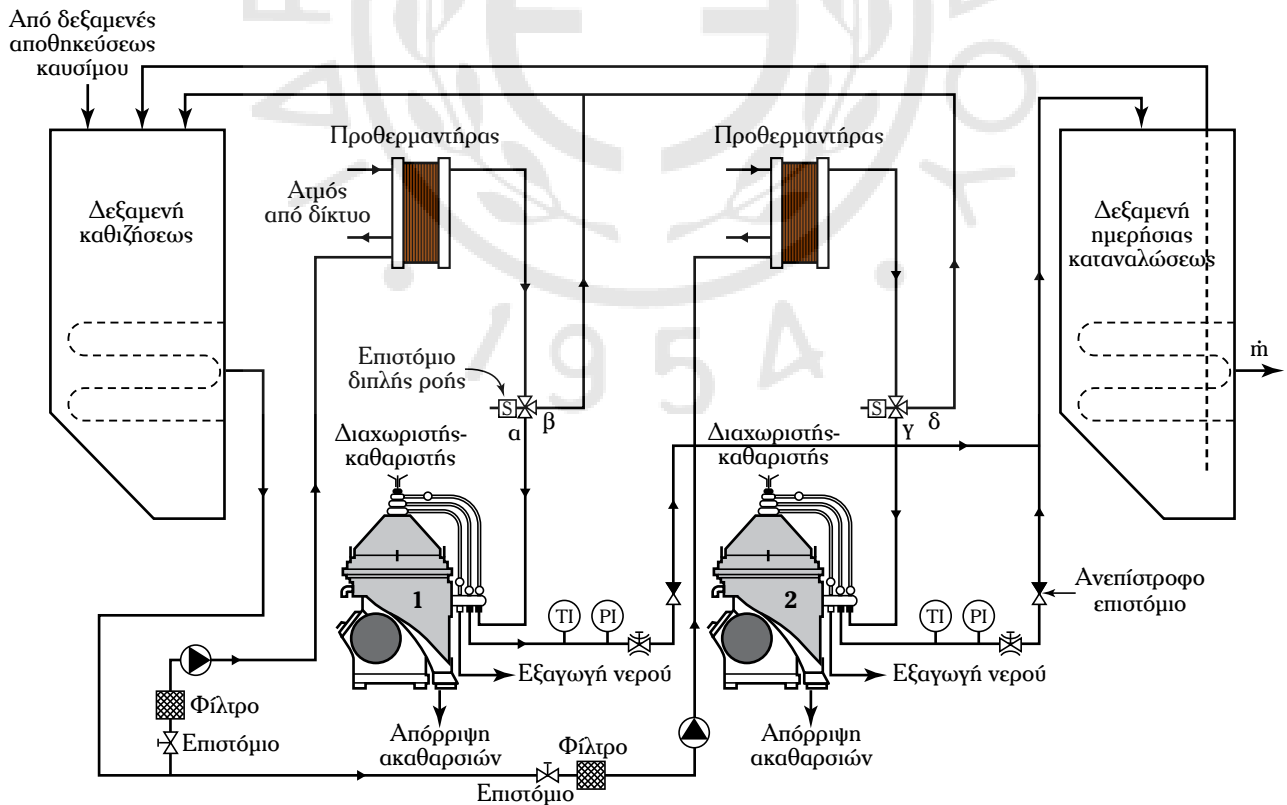
α) Σε **σειρά**, ώστε ο φυγοκεντρικός διαχωριστής Νο 1 λειτουργεί ως διαχωριστής για την απομάκρυνση του νερού και της λάσπης, ενώ ο Νο 2 ως διαυγαστήρας (σχ. 11.6α).

β) Να υπάρχει μόνο ένας φυγοκεντρικός διαχωριστής, ο οποίος θα λειτουργεί κάθε φορά (εναλλάξ) στο δίκτυο, ενώ ο άλλος είναι απομονωμένος κλείνοντας τα κατάλληλα επιστόμια και χρησιμοποιείται μόνο για διαχωρισμό.



Σχ. 11.6α

Τυπική διάταξη δύο φυγοκεντρικών διαχωριστών-καθαριστών σε σειρά.



Σχ. 11.6β

Τυπική διάταξη δύο φυγοκεντρικών διαχωριστών-καθαριστών παράλληλα.

γ) Σε **παράλληλη** λειτουργία, ρυθμίζοντας τη ροή σε κάθε διαχωριστή να τροφοδοτείται στο 50% της παροχής (σχ. 11.6β).

Στη διάταξη σειράς ο πρώτος φυγοκεντρικός διαχωριστής λειτουργεί ως καθαριστής, όπου αποβάλλεται το υπόλοιπο νερό που έχει απομείνει μετά την καθίζηση μαζί με τα περισσότερα στερεά τα οποία αιωρούνται στο καύσιμο. Ο δεύτερος φυγοκεντρικός διαχωριστής λειτουργεί ως διαυγαστήρας απομακρύνοντας από το καύσιμο τα λεπτότερα στερεά που έχουν απομείνει.

Με την παράλληλη διάταξη και οι δύο φυγοκεντρικοί διαχωριστές χρησιμοποιούνται ως καθαριστές, λειτουργώντας όμως με περιορισμένη ροή, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη παραμονή του καυσίμου μέσα στον διαχωριστή, προκειμένου να ανταποκρίνεται το καθαρό πετρέλαιο στις επιθυμητές προδιαγραφές.

Το καθαρό καύσιμο καταθλίβεται, γεμίζοντας τις **δεξαμενές καταναλώσεως** (service tanks) και στη συνέχεια μέσω φίλτρων, προθερμαντήρων και της **αντλίας παροχής** (booster pump) κατευθύνεται στους εγχυτήρες της κύριας μηχανής.

11.7 Φυγοκεντρικός διαχωριστής συνεχούς λειτουργίας με δίσκους.

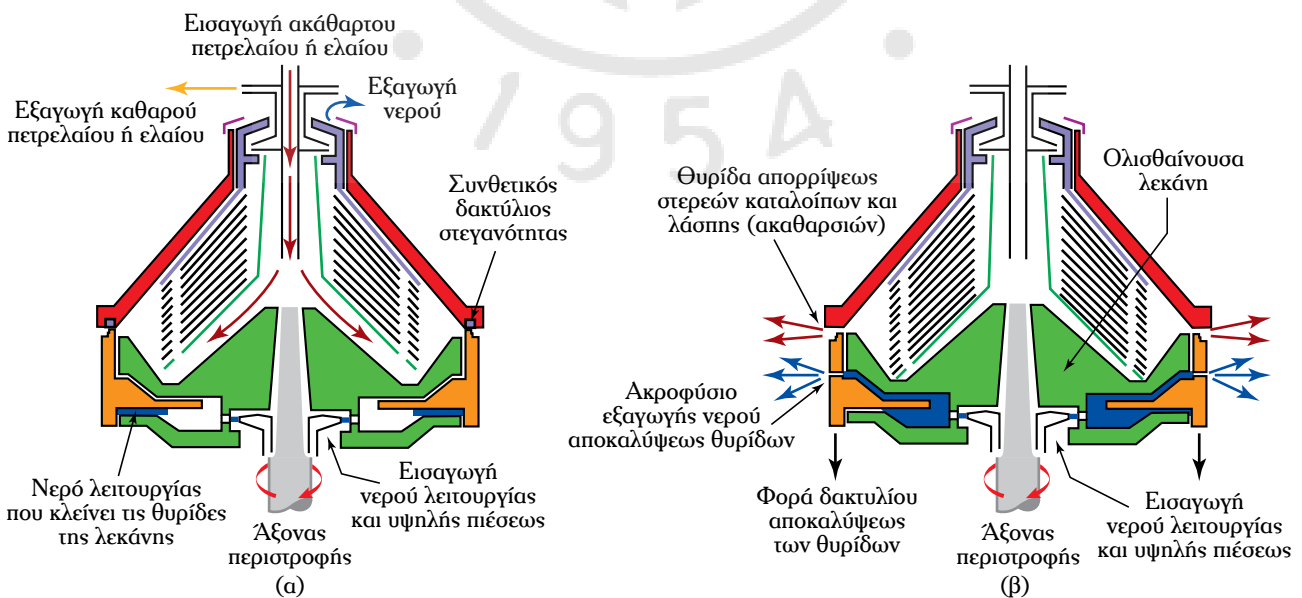
Οι σύγχρονοι φυγοκεντρικοί διαχωριστές με δίσκους είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με μια διαδικασία απορρίψεως των ακαθαρσιών που συσσωρεύ-

ονται στην περιφέρεια της λεκάνης κατά τη διεργασία διαχωρισμού, χωρίς να απαιτείται η διακοπή της περιστροφής της λεκάνης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, πριν οι συσσωρευμένες ακαθαρσίες αρχίσουν να επηρεάζουν τη διεργασία διαχωρισμού. Για να ξεκινήσει η απόρριψη των ακαθαρσιών, διακόπεται η παροχή του πετρελαίου ή του λιπαντικού, ενώ αυτό που απομένει αφαιρείται με την παροχή νερού μέσα στη λεκάνη μέσω κατάλληλης διατάξεως στην κορυφή του κελύφους του διαχωριστή.

Οι απορρίψεις των ακαθαρσιών πραγματοποιούνται μέσω θυρίδων στην περιφέρεια της λεκάνης (σχ. 11.7α). Οι θυρίδες αυτές είναι κλειστές κατά τη διεργασία διαχωρισμού με ολισθαίνουσα λεκάνη (σχ. 11.7β), η οποία λειτουργεί σαν δεύτερος πυθμένας της λεκάνης των δίσκων του διαχωριστή. Η στεγανοποίηση της ολισθαίνουσας λεκάνης γίνεται με συνθετικούς δακτυλίους, που τοποθετούνται σε αυλάκια στην επιφάνεια της λεκάνης, επιτρέποντάς της να κινείται καθ' ύψος ανοιγοκλείνοντας τις θυρίδες.

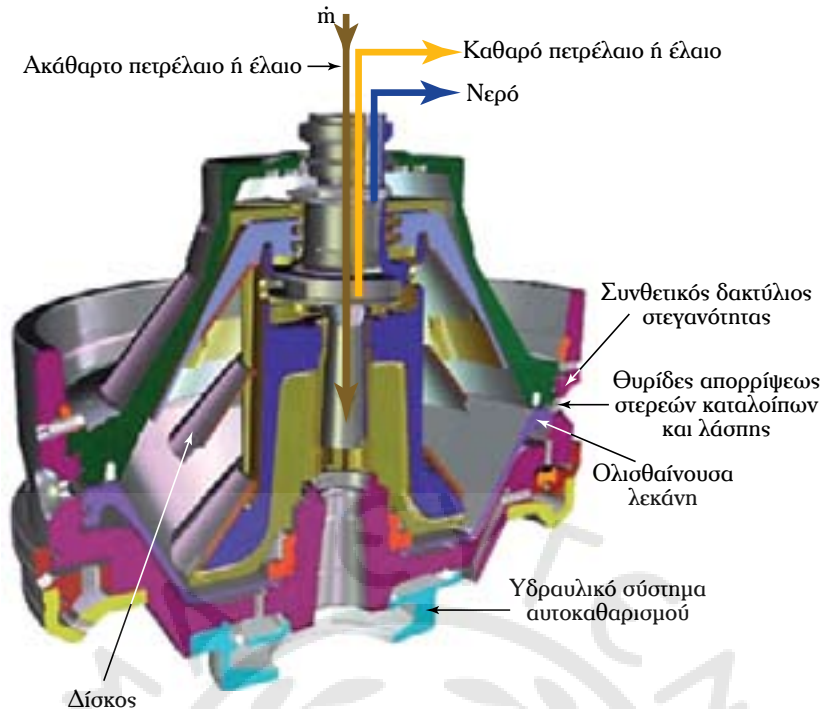
Η καθ' ύψος κίνηση της ολισθαίνουσας λεκάνης επιτυγχάνεται με ένα κατάλληλα διαμορφωμένο υδραυλικό σύστημα και με τη βοήθεια ελατηρίων.

Κατά τη λειτουργία, το ακάθαρτο πετρέλαιο εισέρχεται στον διαχωριστή, ενώ η ολισθαίνουσα λεκάνη του πυθμένα είναι μετατοπισμένη προς τα πάνω διατηρώντας κλειστές τις θυρίδες με τη βοήθεια του νερού χαμηλής πίεσεως που παρέχεται για την λειτουργία του διαχωριστή. Η πίεση του νερού



Σχ. 11.7α

(α) Κανονική λειτουργία διαχωριστή και (β) λειτουργία κατά την απόρριψη συσσωρευμένων σωματιδίων και λάσπης.



Σχ. 11.7β

Φυγοκεντρικός διαχωριστής με ολισθαίνουσα λεκάνη.

λειτουργίας είναι αντίθετη με την πίεση που τροφοδοτεί τη λεκάνη. Έτσι διατηρώνται κλειστή τη λεκάνη οι ακαθαρσίες συσσωρεύονται στην περιφέρεια του θαλάμου των δίσκων, παρασυρόμενες από τη φυγόκεντρη δύναμη.

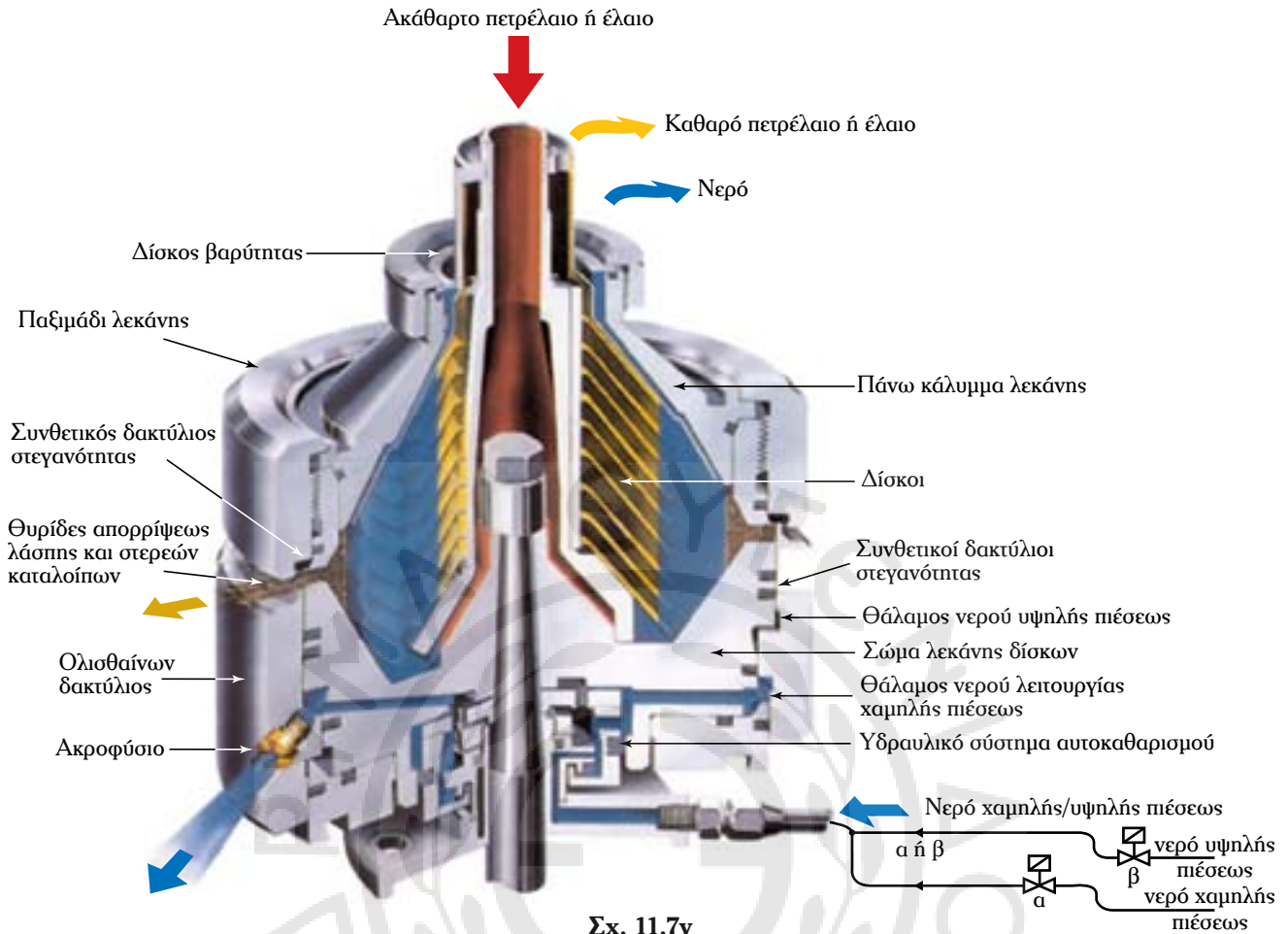
Το **νερό λειτουργίας** παρέχεται από μία μικρή δεξαμενή (header tank) εγκατεστημένη συνήθως κοντά στον φυγοκεντρικό διαχωριστή. Το νερό αυτό δημιουργεί σταθερή υδροστατική πίεση, με την οποία παραμένει κλειστή η ολισθαίνουσα λεκάνη, ενώ η εισαγωγή του στο κάτω μέρος της λεκάνης του φυγοκεντρικού διαχωριστή επιτυγχάνεται μέσω ενός δακτυλίου με τρύπες διελεύσεως, που ονομάζεται **paring disk**. Το paring disk λειτουργεί ως αντλία αντίστροφης αντλήσεως νερού, και αντιτίθεται στην υδροστατική πίεση με την προϋπόθεση ότι η ακτίνα του υγρού δακτυλίου που δημιουργείται από το νερό λειτουργίας παραμένει σταθερή. Σε περίπτωση μικρής διαρροής του νερού λειτουργίας, διαταράσσεται η ισορροπία στην υδραυλική πίεση που διατηρείται από το paring disk, με αποτέλεσμα η αντίστροφη άντληση να επιδρά, συμπληρώνοντας την απαραίτητη ποσότητα νερού, ώστε να διατηρηθεί σταθερή η υδροστατική πίεση κατά τη λειτουργία.

Για να ξεκινήσει η απόρριψη των συσσωρευμένων ακαθαρσιών, μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα κλείνει το νερό λειτουργίας. Ταυτόχρονα ανοίγει μία άλλη

ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα με νερό υψηλής πίεσης από το δίκτυο νερού του πλοίου, που εισέρχεται σε σημείο κοντά στο κέντρο της ακτίνας του υγρού δακτυλίου του νερού. Το επί πλέον νερό γεμίζει το θάλαμο του paring disc, ενώ ένα μέρος του γεμίζει τον υδραυλικό σύστημα-θάλαμο στο σώμα της λεκάνης.

Η ολισθαίνουσα λεκάνη κατεβαίνει, αποκαλύπτοντας τις θυρίδες απορρίψεως των συσσωρευμένων ακαθαρσιών. Οι ακαθαρσίες απορρίπτονται από τις θυρίδες λόγω της φυγόκεντρου δυνάμεως, ενώ ταυτόχρονα απομακρύνεται το νερό που άνοιξε τη λεκάνη από κατάλληλα ακροφύσια. Μετά την ολοκλήρωση της αποβολής των ακαθαρσιών, νερό λειτουργίας παρέχεται ξανά, με το άνοιγμα της βαλβίδας νερού λειτουργίας χαμηλής πίεσης, στο κάτω μέρος της ολισθαίνουσας λεκάνης. Με την πίεση που δημιουργείται, η λεκάνη κινείται προς τα πάνω κλείνοντας ξανά τις θυρίδες απορρίψεως. Στη συνέχεια, στη λεκάνη των δίσκων παρέχεται μια ποσότητα νερού, ώστε να δημιουργηθεί ο υγρός δακτύλιος που απαιτείται για τη διεργασία του διαχωρισμού, η βαλβίδα τροφοδοσίας του ακάθαρτου πετρελαίου ανοίγει και ο διαχωρισμός συνεχίζεται.

Ανάλογα με τον τύπο του φυγοκεντρικού διαχωριστή και τον κατασκευαστή, ενδέχεται να μην ολισθαίνει η λεκάνη, αλλά ένας δακτύλιος κατάλληλα διαμορφωμένος με υδραυλικό σύστημα στον πυθμέ-



Σχ. 11.7γ
Φυγοκεντρικός διαχωριστής με ολισθαίνοντα δακτύλιο.

να της λεκάνης των δίσκων (σχ. 11.7γ). Αυτός ο δακτύλιος που καλύπτει τις θυρίδες εξωτερικά της περιφέρειας της λεκάνης, κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας του φυγοκεντρικού διαχωριστή και κατεβαίνοντας, με την παροχή νερού υψηλής πίεσης, τις αποκαλύπτει για την απόρριψη των ακαθαρσιών. Η διαδικασία απορρίψεως ακαθαρσιών είναι η ίδια, με τον διαχωριστή που έχει ολισθαίνουσα λεκάνη.

11.8 Απόρριψη των ακαθαρσιών (μπλοφάρισμα).

Ο πλήρης κύκλος απορρίψεως των ακαθαρσιών (desludge) διαρκεί μόνο λίγα δευτερόλεπτα, χωρίς να έχει σταματήσει η περιστροφή του διαχωριστή. Η συχνότητα των απορρίψεων των συσσωρευμένων ακαθαρσιών ρυθμίζεται από χρονοδιακόπτη και εξαρτάται απ' την ποιότητα και τις ανάγκες καθαρισμού του πετρελαίου ή του λιπαντικού.

Για την απόρριψη των συσσωρευμένων ακαθαρσιών του φυγοκεντρικού διαχωριστή στις λεκάνες των

δίσκων που περιγράφονται παραπάνω, ακολουθείται μια τυπική σειρά από γεγονότα, τα οποία είναι:

α) Η διακοπή της παροχής του ακάθαρτου πετρελαίου ή του λιπαντικού ελαίου με την ενεργοποίηση του χρονοδιακόπτη που ενεργεί στη βαλβίδα παροχής (σε αυτό το στάδιο μπορεί να διακόπεται και η προθέρμανση του ακάθαρτου μείγματος).

β) Η απομάκρυνση του ακαθάρτου πετρελαίου ή ελαίου λιπάνσεως που απομένει στη λεκάνη με την παροχή μίας ποσότητας νερού ικανής να αντικαταστήσει το μείγμα που έχει απομείνει μέσα στη λεκάνη.

γ) Η διακοπή της παροχής νερού λειτουργίας χαμηλής πίεσης και η έναρξη παροχής νερού υψηλής πίεσης για να ανοίξει η λεκάνη.

δ) Το άνοιγμα της λεκάνης και η απόρριψη των συσσωρευμένων σωματιδίων και των ακαθαρσιών με το νερό.

ε) Η διακοπή της παροχής νερού υψηλής πίεσης και η απόρριψη του νερού που απομένει στον θάλαμο της υδραυλικής διατάξεως που ανοίγει τη λεκάνη

από τα μικρά ακροφύσια τα οποία είναι τοποθετημένα σε αυτήν.

στ) Το κλείσιμο της λεκάνης και το ταυτόχρονο άνοιγμα της βαλβίδας παροχής νερού λειτουργίας.

ζ) Η παροχή νερού στη λεκάνη από τη διάταξη στην κορυφή του κελύφους του διαχωριστή (seal water) με σκοπό να δημιουργηθούν οι κατάλληλες προϋποθέσεις, ώστε να ξεκινήσει πάλι ο διαχωρισμός του πετρελαίου ή του ελαίου.

η) Η έναρξη της προθερμάνσεως και το άνοιγμα της βαλβίδας παροχής ακάθαρτου πετρελαίου ή ελαίου στον φυγοκεντρικό διαχωριστή, καθώς και ενεργοποίηση ενός χρονοδιακόπτη για να καθυστερήσει τον ελεγκτικό μηχανισμό έως ότου η πίεση στην κατάθλιψη καθαρού πετρελαίου ή ελαίου λιπάνσεως επανέλθει στη φυσιολογική πίεση λειτουργίας.

θ) Με την ολοκλήρωση του μπλοφαρίσματος ο φυγοκεντρικός διαχωριστής επανέρχεται πάλι σε κανονική λειτουργία.

11.9 Επεξεργασία βαρέων πετρελαίων.

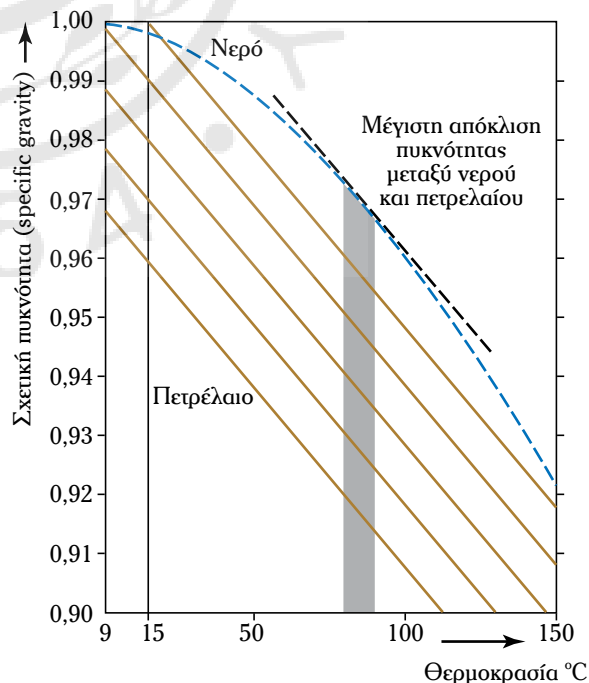
Οι διαδικασίες που ακολουθούνται στις τεχνικές διυλίσεως έχουν ως αποτέλεσμα τα βαριά πετρέλαια με αυξημένη πυκνότητα να είναι συνήθως μολυσμένα με προσμείξεις. Αυτές αποτελούνται από μικρά σωματίδια καταλυτών, που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία διύλισης. Είναι εξαιρετικά διαβρωτικές προσμείξεις και πρέπει να αφαιρούνται από τα καύσιμα πριν εισέλθουν στον χώρο καύσεως του κινητήρα. Το γενικώς αποδεκτό μέγιστο όριο πυκνότητας για τη λειτουργία των φυγοκεντρικών καθαριστών είναι 991 kg/m^3 στους 15°C , αλλά υπάρχουν πετρέλαια, η πυκνότητα των οποίων ξεπερνά αυτό το όριο. Σε αυτά ο διαχωρισμός του νερού με τη συνηθισμένη μέθοδο δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Για τον διαχωρισμό των πετρελαίων με πυκνότητα που φτάνει έως και τα 1010 kg/m^3 χρησιμοποιείται το σύστημα διαχωρισμού ALCAP (Alpha Laval Clarifier and Purifier), όπου ο διαχωριστής δεν έχει δίσκο βαρύτητας και λειτουργεί, σε κάποιο βαθμό, ως καθαριστής. Κύριο ρόλο σε αυτόν τον τρόπο διαχωρισμού έχει η θερμοκρασία του ακάθαρτου μείγματος πετρελαίου. Ο έλεγχος της πυκνότητας του πετρελαίου πραγματοποιείται στη θερμοκρασία των 15°C , που μπορεί να είναι ίση ή μεγαλύτερη του νερού. Λόγω της μικρής διαφοράς της πυκνότητας του νερού με το πετρέλαιο, η διεργασία διαχωρισμού θα δημιουργούσε προβλήματα και για τον λόγο αυτό το πετρέλαιο θερμαίνεται, προκειμένου να μειωθεί η πυκνότητά του. Στο σχήμα 11.9 παρουσιάζεται η μεί-

ωση του σχετικού ειδικού βάρους (βλ. παράγρ. 18.1) των διαφορετικών τύπων πετρελαίου σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η διακεκομμένη γραμμή παριστάνει τη μεταβολή της πυκνότητας του νερού, ενώ το γραμμικοποιημένο τμήμα τη θερμοκρασία στην οποία μεγιστοποιείται η διαφορά πυκνότητας νερού και πετρελαίου.

Το καθαρό πετρέλαιο που διαχωρίζεται καταθλίβεται από την έξοδο του πετρελαίου, ενώ η λάσπη με το νερό συσσωρεύονται στην περιφέρεια της λεκάνης. Όταν το νερό φθάσει στους δίσκους διαχωρισμού και μικρή ποσότητα νερού διαφύγει με το καθαρό πετρέλαιο, ο αισθητήρας που είναι τοποθετημένος στην έξοδο του καθαρού πετρελαίου ανιχνεύει τη διέλευση της μικρής ποσότητας νερού. Το σήμα της ανιχνεύσεως μεταδίδεται σε έναν μικροεπεξεργαστή, που είναι ρυθμισμένος έτσι, ώστε να αποβάλλεται το νερό μέχρι να πέσει η περιεκτικότητά του στο καθαρό πετρέλαιο. Το νερό αποβάλλεται από τις θυρίδες απορρίψεως των ακαθαρσιών που βρίσκονται στην περιφέρεια της λεκάνης του διαχωριστή, ενώ αν η περιεκτικότητα σε νερό είναι μεγάλη, η απόρριψη γίνεται από μία βαλβίδα εξυδατώσεως.

Το σύστημα διαχωρισμού ALCAP έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό για την απομάκρυνση των λεπτών καταλυτικών προσμείξεων του πετρελαίου. Σε ορισμένα συστήματα διαχωρισμού χρησιμοποιείται τροφοδοτική αντλία ανεξάρτητη απ' το σύστημα του



Σχ. 11.9

Μεταβολή της πυκνότητας με την αύξηση της θερμοκρασίας.

διαχωριστή, ώστε μειώνοντας την ποσότητα τροφοδοσίας του διαχωριστή με ακάθαρο πετρέλαιο, να επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα.

11.10 Φυγοκεντρικός καθαρισμός ελαίου λιπάνσεως.

11.10.1 Δίκτυα φυγοκεντρικού καθαρισμού ΜΕΚ.

Το έλαιο λιπάνσεως, στο πέρασμά του από μια μηχανή εσωτερικής καύσεως μολύνεται από σωματίδια που προέρχονται από:

- α) Τη φθορά των επιφανειών των κινουμένων μερών, καθώς ολισθαίνουν μεταξύ τους.
- β) Τα προϊόντα της καύσεως.
- γ) Το νερό.

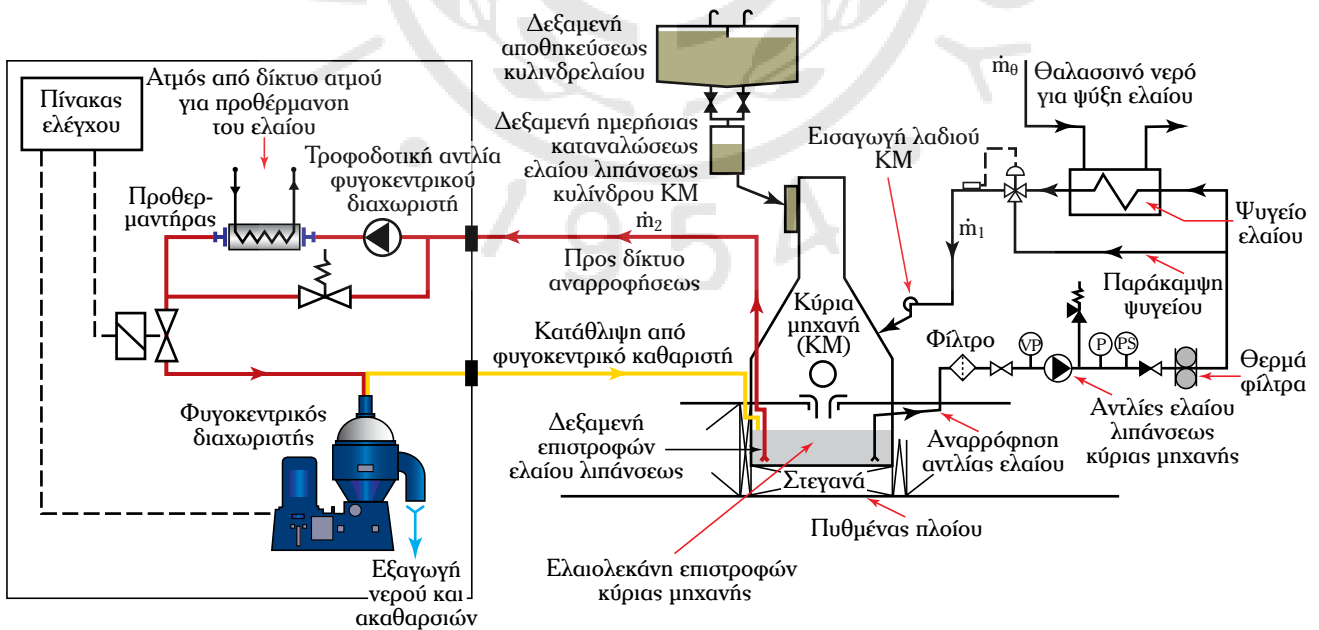
Για την επεξεργασία του ελαίου οι κατασκευαστές των φυγοκεντρικών διαχωριστών σε συνεργασία με τις εταιρείες παραγωγής λιπαντικών έχουν διεξάγει εκτεταμένες έρευνες στον φυγοκεντρικό διαχωρισμό των ελαίων λιπάνσεως και των απορρυπαντικών ελαίων χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικούς τρόπους επεξεργασίας: τον **διαχωρισμό**, τη **διαύγαση** και το **πλύσιμο με νερό**. Η επεξεργασία πραγματοποιείται είτε με περιοδικό καθαρισμό, είτε με συνεχή λειτουργία του φυγοκεντρικού διαχωριστή.

Για το έλαιο λιπάνσεως, του οποίου η περιεκτικό-

τητα σε προσμίξεις στερεών και νερό είναι μεγάλη, και για μικρές ποσότητες λιπαντικών, γίνεται περιοδικός φυγοκεντρικός διαχωρισμός μετά από προεργασία σε δεξαμενή καθιζήσεως. Στη δεξαμενή παραμένει για 24 ή 48 ώρες, όπου απομακρύνονται οι μεγάλες ποσότητες νερού και στερεών ακαθαρσιών με εξυδάτωση, από μια βαλβίδα κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής, πριν οδηγηθεί στον φυγοκεντρικό καθαριστή.

Η συνεχής λειτουργία των φυγοκεντρικών καθαριστών εφαρμόζεται για τη **διαύγαση** του ελαίου λιπάνσεως, κατά την οποία αφαιρούνται οι ακαθαρσίες που περιέχονται σε μεγάλες ποσότητες ελαίου που κυκλοφορεί στο δίκτυο της μηχανής προώσεως. Σε αυτήν τη διεργασία, το μολυσμένο έλαιο τροφοδοτείται στον φυγοκεντρικό διαχωριστή μέσω προθερμαντήρα από μία αντλία ελαίου, η αναρρόφηση της οποίας γίνεται στον πυθμένα της **δεξαμενής επιστροφών** (sump tank) της μηχανής (σχ. 11.10α). Το έλαιο επιστρέφει ξανά στη δεξαμενή επιστροφών, απ' όπου αντλείται με τις κύριες αντλίες λιπάνσεως (main lub oil pumps) για την παροχή ελαίου στην κύρια μηχανή.

Δεδομένου ότι ο καθαρισμός του ελαίου λιπάνσεως γίνεται στο έλαιο της δεξαμενής επιστροφών, ο στόχος είναι το έλαιο, μέσα στη δεξαμενή, να έχει βαθμό καθαρότητας για το πλήρες σύστημα εντός



m_1 Παροχή ελαίου λιπάνσεως κύριας μηχανής

m_2 Παροχή ελαίου λιπάνσεως προς φυγοκεντρικό καθαριστή

Σχ. 11.10α

Δίκτυο φυγοκεντρικού διαχωριστή ελαίου ΜΕΚ.

των επιτρεπτών ορίων. Αυτό σημαίνει ότι ο φυγοκεντρικός καθαριστής πρέπει να λειτουργεί λίγο χαμηλότερα απ' τη μέγιστη απόδοσή του, ώστε να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Το πλύσιμο με νερό (στον φυγοκεντρικό διαχωριστή) του ελαίου λιπάνσεως μπορεί να γίνει εφόσον επιτρέπεται από τα χαρακτηριστικά του ελαίου που δίνονται από τον κατασκευαστή, εκτός αν η σύνθεση του ελαίου περιέχει πρόσθετα βελτιώσεως των ιδιοτήτων του, διαλυτά στο νερό, που θα καθούν αν έρθουν σε επαφή με αυτό. Πλεονεκτήματα της πλύσεως με νερό είναι η διάλυση και η απομάκρυνση των οξειδωτικών ουσιών, η βελτίωση του διαχωρισμού από τις ακαθαρσίες και η σταθερή ανανέωση του υγρού δακτυλίου (seal) της λεκάνης. Τα απορρυπαντικά έλαια, που χρησιμοποιούνται στη λίπανση και στον καθαρισμό των επιφανειών, δεν πρέπει να πλένονται με νερό, διότι περιέχουν πρόσθετα που είναι διαλυτά στο νερό.

Τα λιπαντικά έλαια είναι παράγωγα της διυλίσεως του πετρελαίου, με αποτέλεσμα η διεργασία διαχωρισμού του λιπαντικού ελαίου και των στερεών

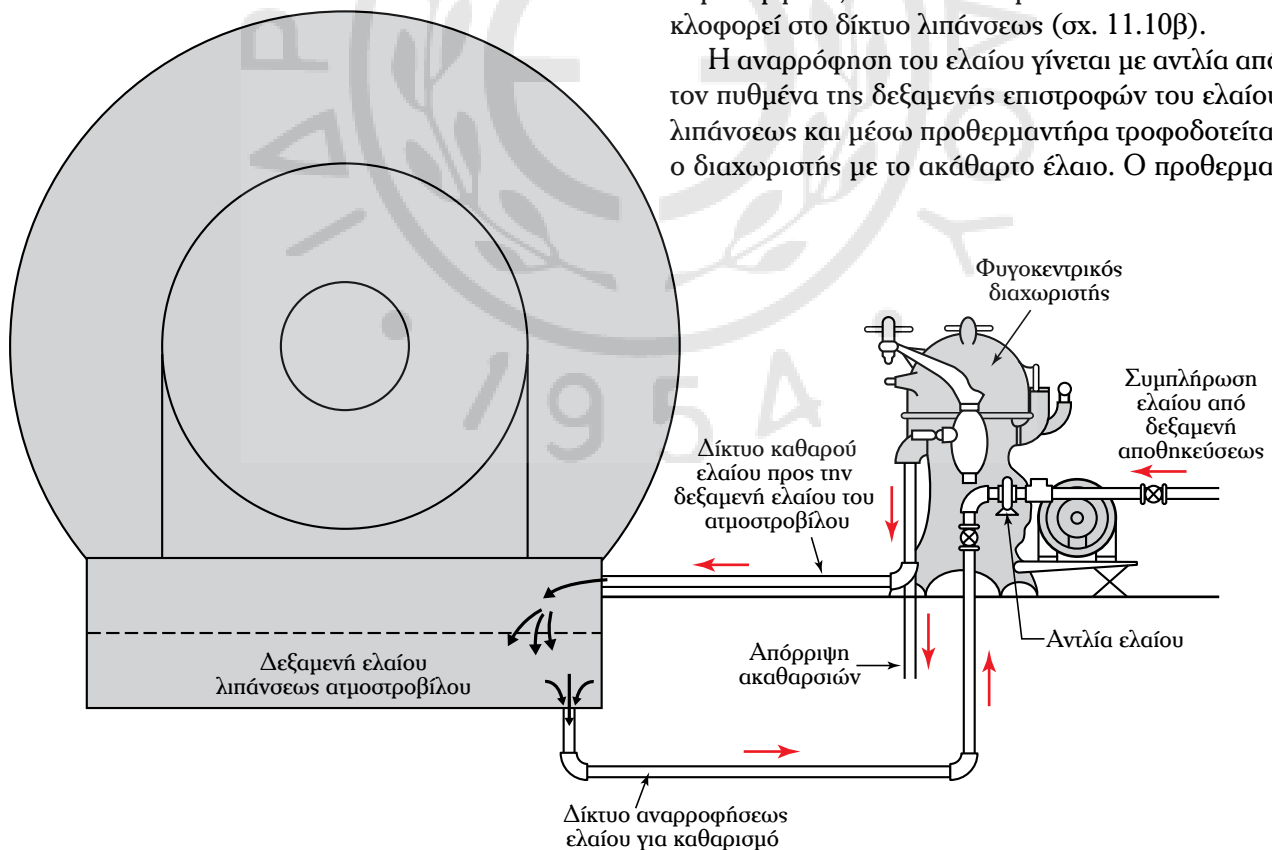
ακαθαρσιών στον φυγοκεντρικό διαχωριστή να βασίζεται στην ίδια αρχή της διαφοράς του ιξώδους και του ειδικού βάρους του ελαίου που καθαρίζεται.

Οι φυγοκεντρικοί καθαριστές λιπαντικών κατά τη λειτουργία τους ως διαχωριστές (με ή χωρίς πλύσιμο με νερό) ή ως διαυγαστήρες, αποβάλλουν όλα τα στερεά σωματίδια με μέγεθος από 3–5 microns και πάνω. Επίσης, αποβάλλονται και μικρότερα σωματίδια με μεγάλο ειδικό βάρος, όπως το οξείδιο του σιδήρου. Τα στερεά σωματίδια που μένουν μετά τον φυγοκεντρικό καθαρισμό του ελαίου είναι της τάξεως του 1–2 microns [$1 \text{ microns} (\mu) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$] και δεν είναι ικανά να διασπάσουν τη λιπαντική μεμβράνη που δημιουργείται ανάμεσα στις κινούμενες επιφάνειες.

11.10.2 Δίκτυα φυγοκεντρικού καθαρισμού ατμοστροβίλων.

Τα αίτια μόλυνσεως του ελαίου λιπάνσεως ενός ατμοστροβίλου είναι οι ακαθαρσίες του συστήματος, και το νερό που προέρχεται από διαφυγές του συμπυκνωμένου ατμού. Έτσι, χρησιμοποιείται ένα δίκτυο παρακάμψεως, ώστε να καθαριστεί το έλαιο που κυκλοφορεί στο δίκτυο λιπάνσεως (σχ. 11.10β).

Η αναρρόφηση του ελαίου γίνεται με αντλία από τον πυθμένα της δεξαμενής επιστροφών του ελαίου λιπάνσεως και μέσω προθερμαντήρα τροφοδοτείται ο διαχωριστής με το ακάθαρτο έλαιο. Ο προθερμα-



Σχ. 11.10β

Δίκτυο συνεχούς ροής ελαίου φυγοκεντρικού διαχωριστή ατμοστροβίλου.

ντήρας είναι εγκαταστημένος πριν την εισαγωγή του λαδιού στον διαχωριστή, ώστε με την αύξηση της θερμοκρασίας του να βελτιωθεί η διαδικασία διαχωρισμού. Μετά τον διαχωριστή, το καθαρό έλαιο καταθλίβεται στη δεξαμενή επιστροφών απαλλαγμένο από το νερό και τις προσμείξεις. Η πλύση του λιπαντικού με νερό στον φυγοκεντρικό διαχωριστή γίνεται και σε αυτήν την περίπτωση όταν επιτρέπεται από τα χαρακτηριστικά του ελαίου που δίνονται από τον κατασκευαστή.

11.11 Λειτουργία και συντήρηση.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτική λειτουργία των φυγοκεντρικών διαχωριστών (σχ. 11.11) είναι:

α) Το **ειδικό βάρος** του καθοριζόμενου ρευστού, του οποίου η αύξηση δημιουργεί την τάση να μετατοπίζεται η **νοπή διαχωριστική γραμμή** (interface) του νερού με το πετρέλαιο ή το έλαιο λιπάνσεως έξω από τις τρύπες κατανομής των δίσκων, προκαλώντας την **υπερχείλιση** (overflow) του καθαρού πετρελαίου ή ελαίου λιπάνσεως στην εξαγωγή του νερού. Όταν το ειδικό βάρος είναι μικρό, δημιου-

ργείται η τάση να μολύνεται με νερό και ακαθαρσίες το καθαρό πετρέλαιο ή το έλαιο που διαχωρίζεται. Με την επιλογή δίσκου βαρύτητας κατάλληλης εσωτερικής διαμέτρου, σύμφωνα με το ειδικό βάρος του διαχωριζόμενου υγρού, επιτυγχάνεται η αποδοτική λειτουργία του φυγοκεντρικού διαχωριστή.

β) Η **θερμοκρασία** του πετρελαίου ή του ελαίου λιπάνσεως, η οποία πρέπει να διατηρείται σταθερή κατά τη διεργασία του διαχωρισμού, εφόσον επηρεάζεται το ιξώδες άρα και η ρευστότητα του υγρού που καθαρίζεται. Η θέρμανση του υπό επεξεργασία υγρού σε σταθερή θερμοκρασία διευκολύνει τον διαχωρισμό του νερού και των στερεών σωματιδίων από το πετρέλαιο ή το λάδι λιπάνσεως και διατηρώντας τη σταθερή αποφεύγονται οι διαφυγές πετρελαίου ή λαδιού στην έξοδο του νερού (overflow) απ' τον διαχωριστή.

γ) Η **τροφοδοσία** του φυγοκεντρικού διαχωριστή, η οποία πρέπει να είναι σταθερή και η παροχή ρυθμισμένη, ώστε να ολοκληρώνεται η διαδικασία διαχωρισμού στην ποσότητα ακάθαρτου πετρελαίου ή ελαίου που παρέχεται σε αυτόν. Η ρύθμιση της ποσότητας που παρέχεται, επιτυγχάνεται είτε με **εξαρτημένη αντλία**¹, εφαρμοσμένη πάνω στον



Σχ. 11.11

Φυγοκεντρικοί διαχωριστές σε μηχανοστάσιο πλοίου.

¹ Εξαρτημένη αντλία ονομάζεται η αντλία της οποίας η κίνηση για τη λειτουργία της παρέχεται από το μηχανήμα που εξυπηρετεί μέσω γραναζιών ή ιμάντα.

φυγοκεντρικό διαχωριστή, είτε με ρυθμιστικό επιστόμιο, που είναι τοποθετημένο στο δίκτυο της τροφοδοτικής αντλίας. Αύξηση ή μείωση στην πίεση, δημιουργούν διαφυγές του καθαρού πετρελαίου ή του ελαίου από την εξαγωγή του νερού ή μόλυνση από νερό του καθαρού πετρελαίου αντίστοιχα.

Πιθανές αιτίες που δημιουργούν ανωμαλίες διακόπτοντας τη λειτουργία ενός φυγοκεντρικού διαχωριστή από τις ασφαλιστικές διατάξεις ελέγχου (alarm και shut down) είναι:

α) Η **αντίθλιψη** (δηλ. η αντίσταση στην κατάθλιψη) στην εξαγωγή του καθαρού πετρελαίου ή ελαίου με διακοπή της λειτουργίας του διαχωριστή λόγω αυξήσεως της πιέσεως καταθλίψεως (back pressure shutdown). Ο μετρητής που είναι τοποθετημένος στην εξαγωγή του φυγοκεντρικού διαχωριστή, ενεργοποιεί το σήμα προειδοποίησης και ταυτόχρονα στον πίνακα ελέγχου τη διάταξη διακοπής λειτουργίας του φυγοκεντρικού διαχωριστή, αν η πίεση παρεκκλίνει απ' τα προκαθορισμένα επιτρεπτά όρια λειτουργίας.

β) Η **υπερχειλίση** πετρελαίου ή ελαίου στην εξαγωγή του νερού (heavy phase overflow), η οποία ανιχνεύεται από την γρήγορη αύξηση της στάθμης σε μία μικρή δεξαμενή, που υπάρχει στην εξαγωγή του νερού και περιέχει διάφραγμα και πλωτήρα. Η διάταξη επιτρέπει στο νερό να περνάει ελεύθερα, ενώ το έλαιο ανεβάζοντας την στάθμη, ενεργοποιεί την ασφαλιστική διάταξη μέσω του πλωτήρα, και σταματάει τη λειτουργία του φυγοκεντρικού διαχωριστή. Αυτό συμβαίνει όταν το ιξώδες του πετρελαίου είναι μεγαλύτερο απ' του νερού.

γ) Το **φαινόμενο κατά το οποίο η λεκάνη των δίσκων δεν ανοίγει**. Αυτό ανιχνεύεται είτε μέσω ενός μοχλού διακόπτη με μορφή δίσκου όπου πέφτουν οι ακαθαρσίες, καθώς απορρίπτονται με ορμή όταν αποκαλύπτονται οι θυρίδες απορρίψεως ακαθαρσιών, είτε με τη μέτρηση της εντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος λειτουργίας του κινητήρα στο αμπερόμετρο που υπάρχει εγκατεστημένο στον πίνακα ελέγχου του φυγοκεντρικού διαχωριστή.

δ) Το **νερό στην εξαγωγή** του καθαρού πετρε-

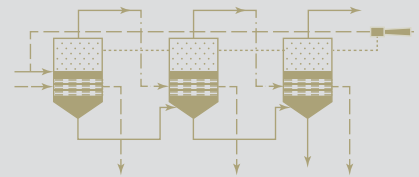
λαίου ή ελαίου. Στους σύγχρονους φυγοκεντρικούς διαχωριστές, οι οποίοι διαθέτουν ανιχνευτή νερού στην εξαγωγή του καθαρού ελαίου, με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται το σήμα κινδύνου και να σταματάει ο διαχωριστής.

ε) **Χαμηλή πίεση του νερού** λειτουργίας που κλείνει τη λεκάνη. Αυτό το φαινόμενο γίνεται αντιληπτό διότι δεν κλείνει η λεκάνη του φυγοκεντρικού διαχωριστή με αποτέλεσμα να εμφανίζονται διαφυγές του πετρελαίου με μεγάλη ροή στην εξαγωγή των ακαθαρσιών. Η χαμηλή πίεση του νερού πιθανό να οφείλεται ή στη χαμηλή στάθμη της δεξαμενής παροχής νερού λειτουργίας (header tank), η οποία ελέγχεται με πλωτήρα, ή με την απώλεια της στεγανότητας του paringdisc.

στ) Οι **ακαθαρσίες στο φίλτρο του δικτύου** νερού λειτουργίας του φυγοκεντρικού διαχωριστή που εμποδίζουν την παροχή νερού λειτουργίας.

Για τη **συντήρηση** της λεκάνης και των δίσκων, καθώς και για την αποδοτική λειτουργία απαιτείται περιοδικός καθαρισμός, ώστε να απομακρυνθούν στερεά σωματίδια που επικάθονται στις επιφάνειες και δεν είναι δυνατόν να απομακρυνθούν με το μπλοφάρωμα. Με ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να καθαρίζονται οι επιφάνειες. Επίσης, πρέπει να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα εργαλεία, που είναι ειδικά κατασκευασμένα για τους φυγοκεντρικούς διαχωριστές, όπως και ιδιαίτερη προσοχή είναι αναγκαίο να δοθεί σε ορισμένα εξαρτήματα, τα οποία που έχουν αριστερόστροφο σπείρωμα. Η αποσυναρμολόγηση και η συναρμολόγηση πρέπει να γίνεται με την ίδια σειρά ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην ένταση συσφίξεως των εξαρτημάτων διότι οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές αποτελούνται από εξαρτήματα, που είναι τέλεια ζυγοσταθμισμένα. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας περιστροφής του μηχανήματος υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος από λανθασμένη συναρμολόγηση η οποία επηρεάζει τη ζυγοστάθειά τους.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε τύπο φυγοκεντρικού διαχωριστή αναγράφονται στο βιβλίο οδηγιών που συνοδεύει το μηχανήμα.



12.1 Εισαγωγή.

Η ποσότητα του γλυκού νερού που καταναλώνεται σε ένα πλοίο είναι μεγάλη. Το πλήρωμα ανά άτομο κατά μέσο όρο χρησιμοποιεί 70 l (70 dm³) την ημέρα, φτάνοντας π.χ. τα 225 l (225 dm³) την ημέρα σε ένα κρουαζιερόπλοιο, ενώ άλλες χρήσεις του νερού είναι για:

- α) Την πλήρωση του κλειστού δικτύου ψύξεως της κύριας μηχανής.
- β) Την πλήρωση δικτύου του λέβητα.
- γ) Την πλήρωση του δικτύου ψύξεως των βοηθητικών μηχανημάτων.
- δ) Να συμπληρωθούν τα δίκτυα αυτά σε περίπτωση διαφυγών.
- ε) Να καλυφθούν οι ημερήσιες καταναλώσεις, καταστρώματος και μηχανής, από τις εργασίες που πραγματοποιούνται στο πλοίο.

Το νερό αυτό είναι γλυκό ή αποσταγμένο. Γενικά η πρακτική που ακολουθείται για τον εφοδιασμό του πλοίου με νερό είναι να γίνεται απ' την ξηρά με την ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα σε γλυκό νερό, ενώ το υπόλοιπο να συμπληρώνεται στις δεξαμενές με την απόσταξη του θαλασσινού νερού.

Η χωρητικότητα που εξοικονομείται με την παραγωγή του αποσταγμένου νερού από τις εγκαταστάσεις του πλοίου, διατίθεται για τη μεταφορά μεγαλύτερης ποσότητας φορτίου, αυξάνοντας έτσι την απόδοση σε σχέση με τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου. Σε αντίθετη περίπτωση, η ποσότητα νερού που θα έπρεπε να μεταφέρει ένα πλοίο σ' ένα υπερατλαντικό ταξίδι θα ήταν πολύ μεγάλη. Έτσι, ένα πλοίο μεταφέρει την επαρκή ποσότητα πόσιμου νερού που απαιτείται συνήθως, ενώ στα νοτιοπορεία ταξίδια χρησιμοποιούνται εγκαταστάσεις αποστάξεως θαλασσινού νερού.

Η ποιότητα νερού που μεταφέρει ένα πλοίο και του νερού που παράγεται απ' τον αποστακτήρα, εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται. Έτσι, η περιεκτικότητα αιωρούμενων στερεών στο πόσι-

μο νερό πρέπει να είναι μικρότερη από 500 mg/l, ενώ στο τροφοδοτικό νερό για τους λέβητες μικρότερη από 2,5 mg/l.

Οι μέθοδοι στην παραγωγή αποσταγμένου νερού έχουν αναπτυχθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια και δεν περιορίζονται σε μία μόνο τεχνολογία. Αντίθετα είναι αρκετές, βελτιώνοντας την ποιότητα και την ποσότητα του νερού παραγωγής τους. Μερικές είναι: η απλή ή πολλών βαθμίδων απόσταξη (Multi Effect Distillation – MED), η πολυβάθμια ακαριαία εξάτμιση (Multi Stageflash Distillation – MSF), η ηλιακή εξάτμιση, η ηλεκτροδιάλυση (Electrical Distillation – ED), η υπερδιήθηση (Ultrafiltration – UF), η μικροδιήθηση (Microfiltration), η νανοδιήθηση (Nanofiltration), η γεωθερμία (Geothermal) και η αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis – RO).

12.2 Αποστακτήρες – Βραστήρες (distillers evaporators).

Η παραγωγή του αποσταγμένου νερού είναι το αποτέλεσμα της εξατμίσεως του θαλασσινού νερού και πρόκειται για μία φυσική διεργασία διαχωρισμού αλάτων και νερού από υδατικά διαλύματα. Χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα, αποτελώντας μία καθαρά βιομηχανική μέθοδο στην παραγωγή αφαλατωμένου νερού για διάφορες χρήσεις.

Πρόκειται λοιπόν για μία διεργασία αποστάξεως κατά την οποία, εφαρμόζοντας διάφορες μεθόδους όπως ο **βρασμός** (boiling) ή η **ακαριαία εξάτμιση** (flash distillation), είτε απομακρύνονται τα άλατα από το νερό, είτε το νερό από τα άλατα, παράγοντας το καθαρό νερό με εξάτμιση και συμπύκνωση υδρατμών του θαλασσινού νερού (σχ. 12.2α).

Η περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε προσμείξεις εξαρτάται απ' τη θαλάσσια περιοχή και κυμαίνεται μεταξύ 30.000 – 42.000 mg/l. Σε υπολογισμούς, χρησιμοποιείται η τιμή των 32.000 ppm, που αντιπροσωπεύει την τιμή στη ζώνη θέρους¹. Με

¹ Ζώνη θέρους: Λόγω της διαφοροποίησης της πυκνότητας του θαλασσινού νερού λαμβάνεται μία τιμή που προσεγγίζει την πυκνότητα της θάλασσας ανά γεωγραφική περιοχή με περιβαλλοντικές συνθήκες θέρους.

την απόσταση παρέχεται η δυνατότητα να μειωθούν τα διαλυμένα σωματίδια στο θαλασσινό νερό από 32.000 ppm επιτυγχάνοντας αναλογία μικρότερη των 4 ppm, η οποία εξαρτάται από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται.

Η συσκευή που χρησιμοποιείται για την απόσταση ονομάζεται **αποστακτήρας** ή **βραστήρας**, με αντικειμενικό σκοπό την παραγωγή αφαλατωμένου νερού. Η πρώτη αναφορά αφαλατώσεως του θαλασσινού νερού, ιδιαίτερα για την παραγωγή γλυκού νερού από θαλασσινό σε ποντοπόρα πλοία, δόθηκε από τον Γάλλο ναύαρχο A.F.B. Deslanes, το 1724.

Ως βιομηχανικό προϊόν, το κόστος του αποσταγμένου νερού είναι πάντοτε κατά πολύ μεγαλύτερο από το κόστος του φυσικού νερού, το οποίο μεταφέρεται από μια πηγή σε σχετικά μέτρια χιλιομετρική απόσταση. Γι' αυτό, η απόσταση με εξάτμιση εφαρμόζεται σ' εκείνες τις περιπτώσεις, που το μικρό μέγεθος και η συμπαγής μορφή είναι ο ζητούμενος στόχος, ενώ υπάρχει οικονομική διαθέσιμη ενέργεια.

Για την απόσταση είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιων πηγών ενέργειας.

Η διάθεση ενέργειας για τα πλοία προέρχεται από το πλεονέκτημα της δυνατότητας εκμεταλλεύσεως της πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας, η οποία παράγεται από τη λειτουργία της κύριας μηχανής θερμαίνοντας το νερό ψύξεως των χιτωνίων. Έτσι, η θερμότητα δεν αποβάλλεται στο περιβάλλον και δεν χάνεται, αλλά χρησιμοποιείται στην εξάτμιση.

Οικονομική είναι και η πρώτη ύλη, αφού για την τροφοδότηση μιας εγκατάστασης βραστήρα χρησιμοποιείται το θαλασσινό νερό.

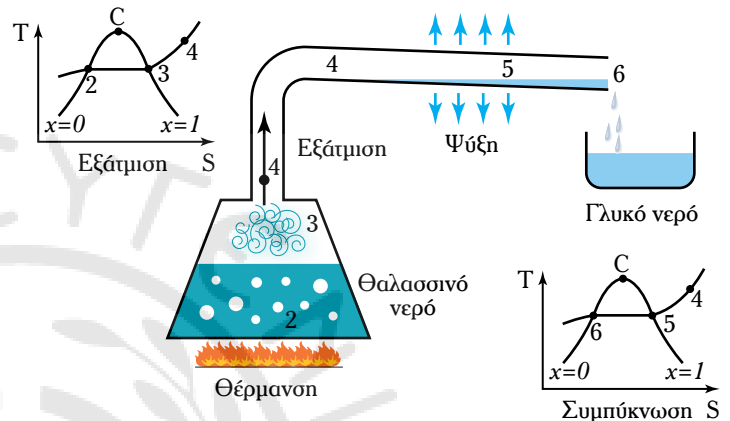
Ο βασικός τρόπος λειτουργίας μίας μονάδας αποστάξεως, στην οποία παρέχεται θαλασσινό νερό παρουσιάζεται στο σχήμα 12.2β.

Στο **πρώτο στάδιο**, γίνεται η αναρρόφηση ή άντληση του νερού από τη θάλασσα και στη συνέχεια μια αρχική επεξεργασία αυτού (φιλτράρισμα μεγάλων σωματιδίων που βρίσκονται στο νερό).

Στο **δεύτερο στάδιο**, δίνεται ατμός ή άλλου τύπου ενέργεια, όπως το θερμό νερό από τις εγκαταστάσεις του δικτύου ψύξεως της κύριας μηχανής για το κύριο μέρος της αφαλατώσεως. Προϊόν αυτού του σταδίου είναι το αφαλατωμένο νερό και η άλμη, δηλαδή τα άλατα τα οποία είχε το νερό πριν την αφαλάτωση.

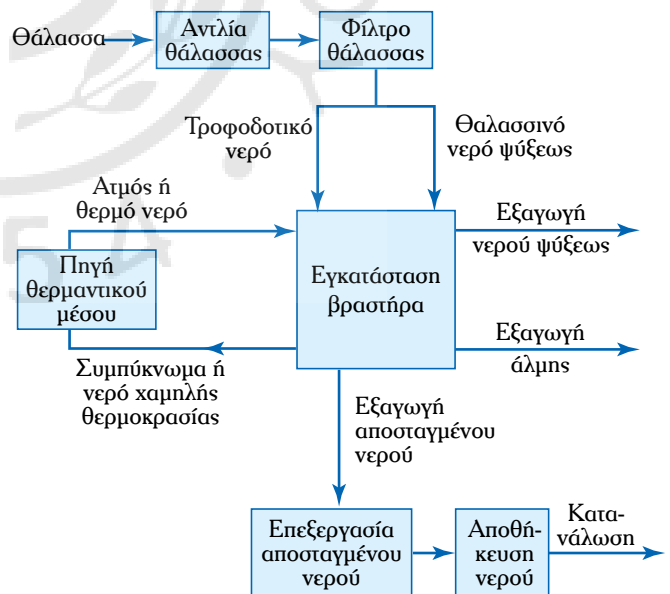
Στο **τρίτο στάδιο** γίνεται μία τελευταία επεξεργασία του νερού, ώστε αυτό να ανταποκρίνεται στα κριτήρια καθαρότητας για την εκάστοτε χρήση του και στη συνέχεια ακολουθεί η αποθήκευσή του στις δεξαμενές.

Για την απόσταση απαιτείται διάδοση της θερμότητας. Οι τρόποι διαδόσεως της θερμότητας στον χώρο είναι η **αγωγή**, η **μεταφορά** ή **συναγωγή** και η **ακτινοβολία**. Σε πρακτικές εφαρμογές είναι



Σχ. 12.2α

Αναπαράσταση αποστάξεως και συμπυκνώσεως του θαλασσινού νερού και διαγράμματα θερμοκρασίας (T) εντροπίας (S) κατά την εξάτμιση και τη συμπύκνωση¹.



Σχ. 12.2β

Βασικός τρόπος λειτουργίας μίας μονάδας αποστάξεως.

¹ Διεργασίες και διαγράμματα Mollier εξάτμισης και συμπυκνώσεως του ατμού (βλ. Θερμοδυναμική).

δυνατόν να παρατηρηθεί διάδοση θερμότητας ταυτόχρονα και με τους τρεις τρόπους.

α) **Αγωγή** είναι ο τρόπος διαδόσεως θερμότητας από ένα σημείο σε ένα άλλο χαμηλότερης θερμοκρασίας του ίδιου σώματος ή άλλου σώματος, που βρίσκεται σε φυσική επαφή με αυτό. Η αγωγή αποτελεί τον κύριο τρόπο διαδόσεως θερμότητας σε στερεά σώματα.

β) **Συναγωγή** είναι ο τρόπος διαδόσεως θερμότητας από ένα ρευστό, αέριο ή υγρό με υψηλότερη θερμοκρασία σε ένα άλλο χαμηλότερης θερμοκρασίας, με ανάμειξη μέρους του ενός ρευστού με μέρος του άλλου ρευστού.

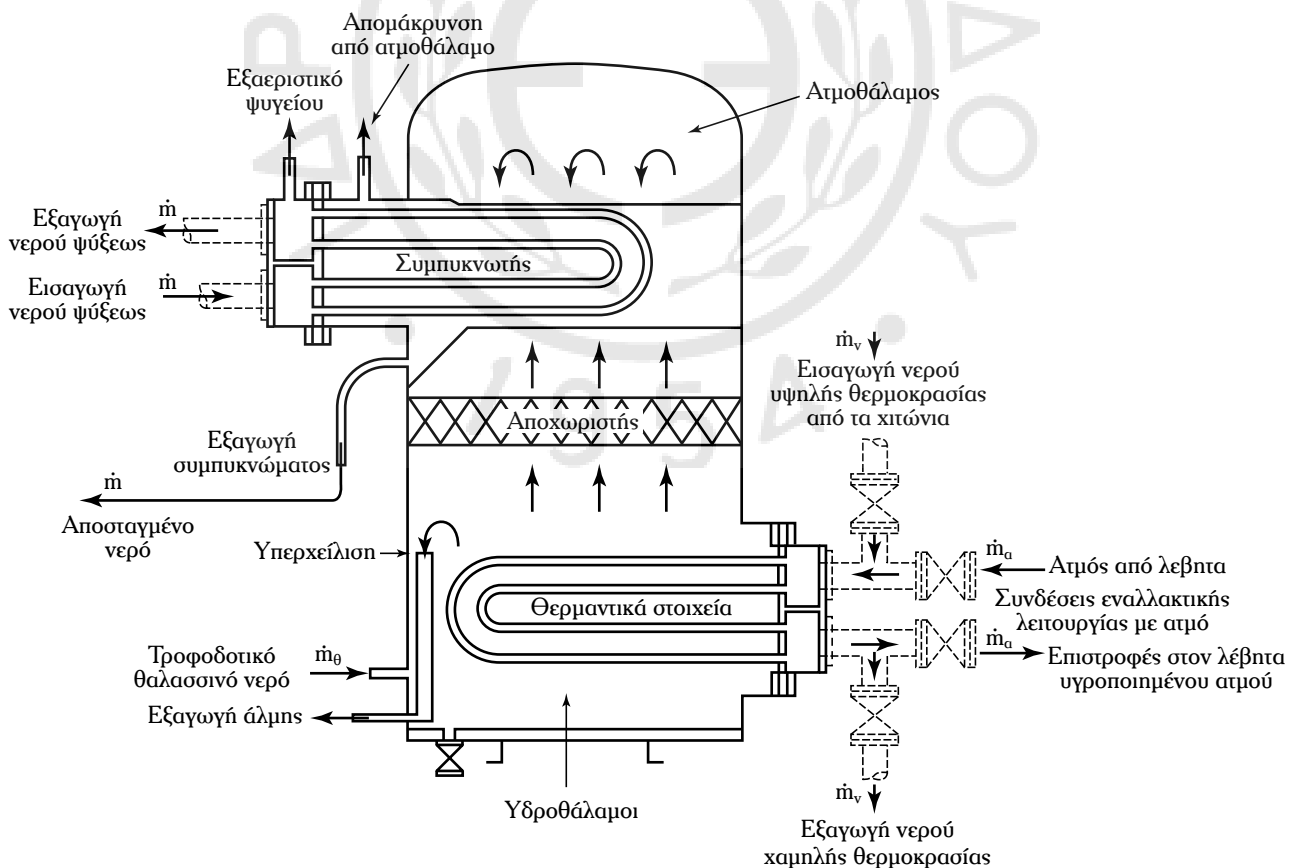
γ) Τέλος, **ακτινοβολία** είναι ο τρόπος διαδόσεως θερμότητας μεταξύ δύο σωμάτων, τα οποία δεν βρίσκονται σε φυσική επαφή, με εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Συνήθως, στους βραστήρες τα δύο ρευστά διαχωρίζονται με μεταλλικό τοίχωμα, που μπορεί να είναι για παράδειγμα μία επίπεδη πλάκα, ένας σωλήνας ή μία διάταξη σωλήνων μέσα σε άλλο σωλήνα ή μέσα σε κιβώτιο κ.λπ..

Διάφοροι παράγοντες, όπως η διαφορά θερμότητας μεταξύ του ρευστού που παρέχει την υψηλή θερμότητα και εκείνου που την παραλαμβάνει, η φύση του υλικού, η καθαρότητα της επιφάνειας μεταδόσεως και ο συντελεστής της θερμοπερατότητας της (στον εναλλακτήρα), η ταχύτητα των δύο ρευστών, συνιστούν προβλήματα θερμοδυναμικής και ασκούν ανάλογη επίδραση επηρεάζοντας την καλή και αποδοτική λειτουργία των βραστήρων.

12.3 Η διεργασία της αφαιρώσεως: Απόσταξη - Συμπύκνωση.

Η μέθοδος αφαιρώσεως με απόσταξη (σχ. 12.3) στηρίζεται στο γεγονός ότι η θέρμανση του θαλασσινού νερού εξαερώνει το νερό, ενώ τα διαλυμένα στερεά παραμένουν αμετάβλητα στο υπόλοιπο διάλυμα. Αυτό βεβαίως επιτελείται όταν η θερμοκρασία λειτουργίας της διεργασίας της απόσταξεως δεν υπερβαίνει τους 300°C . Διαφορετικά εάν η θερμοκρασία του διαλύματος προς απόσταξη υπερβαίνει τους 300°C μεταβάλλεται η δομή των υπολοίπων στοιχεί-



Σχ. 12.3

Διεργασία αφαιρώσεως και παροχή μάζας των ρευστών.

ων που περιέχονται σε αυτό, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί σωστή απόσταξη.

Η διεργασία αφαλατώσεως με απόσταξη έχει ως εξής:

Το θαλασσινό νερό εισάγεται από το κάτω μέρος ενός υδροθαλάμου, μέσα στον οποίο υπάρχει ένας εναλλακτήρας θερμότητας. Το θαλασσινό νερό περιβάλλει το στοιχείο του εναλλακτήρα και θερμαίνεται από ατμούς νερού σε θερμοκρασία βρασμού ή υπέρθερμους. Ο ατμός ή το ζεστό νερό που κυκλοφορεί εσωτερικά των στοιχείων του εναλλακτήρα αποδίδοντας τη θερμότητα στο υγρό εξωτερικά των στοιχείων του εναλλακτήρα υγροποιείται και επιστρέφει στον λέβητα παραγωγής ατμού ή στην πηγή που θερμαίνει το νερό (όταν πρόκειται για το νερό από τα κιτώνια της κύριας μηχανής). Το θαλασσινό νερό μέσα στον θάλαμο φτάνει στο σημείο βρασμού του, οπότε ατμοί νερού αρχίζουν να ανεβαίνουν στο πάνω μέρος του υδροθαλάμου. Καθώς το νερό εξατμίζεται και ανεβαίνει προς το πάνω μέρος του υδροθαλάμου, η συγκέντρωση του θαλασσινού νερού αυξάνει και τελικά ανάλογα με τον σχεδιασμό του βραστήρα, απορρίπτεται από την έξοδο ως άλμη.

Οι παραγόμενοι ατμοί του νερού με τη βοήθεια ενός συμπυκνωτή υγροποιούνται σε αποσταγμένο νερό, το οποίο με την κατάλληλη επεξεργασία διατίθεται στην κατανάλωση.

12.4 Ανάβραση – Προβολή.

Η ποιότητα του αποσταγμένου νερού που παράγεται, εξαρτάται από την ομαλή λειτουργία του βραστήρα. Σοβαρή λειτουργική ανωμαλία είναι η ανάβραση και εν συνεχεία η προβολή του βραστήρα.

Με τον όρο **ανάβραση** (agitation) εννοούμε τον βίαιο βρασμό του τροφοδοτικού θαλασσινού νερού στον υδροθάλαμο του εξατμιστή, προκαλώντας την αναταραχή της μάζας του νερού, με αποτέλεσμα θαλασσινό νερό να εισχωρεί στη μάζα του παραγόμενου ατμού.

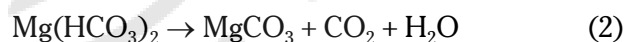
Προβολή (fluid projection) ονομάζεται η αναγκαστική μεταφορά των παραπάνω ποσοτήτων θαλασσινού νερού από τον παραγόμενο ατμό προς τον συμπυκνωτή. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η σοβαρή μόλυνση με άλατα του παραγόμενου νερού και ταυτόχρονα η δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων καθαλατώσεων στο θάλαμο εξατμίσεως.

Η ανάβραση βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με

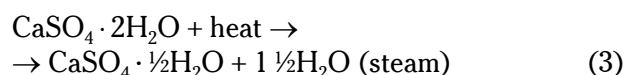
τη θερμοκρασιακή διαφορά του ρευστού που θερμαίνεται, του ρευστού που θερμαίνεται και με την πυκνότητα του νερού στον υδροθάλαμο του βραστήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά των δύο ρευστών και η πυκνότητα του νερού (περιεκτικότητα σε άλατα) που αυξάνεται σταδιακά με την εξατμισμό στον υδροθάλαμο, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αναβράσεως και προβολής.

Ορισμένα από τα άλατα που περιέχονται στο νερό παρουσιάζουν αρνητική διαλυτότητα, δηλαδή είναι λιγότερο διαλυτά στο ζεστό νερό παρά στο κρύο, με αποτέλεσμα σε πολύ ζεστό νερό να κατακρημνίζονται και να επικάθονται στις επιφάνειες εξατμίσεως ως καθαλατώσεις. Οι καθαλατώσεις προκαλούν τη μείωση της ατμοπαραγωγικής ικανότητας του εξατμιστή και την απώλεια θερμότητας, γιατί επικάθονται στις επιφάνειες εξατμίσεως εμποδίζοντας τη μεταφορά θερμότητας από το θερμαντικό ρευστό (ατμός ή θερμό νερό) προς το θαλασσινό νερό που εξατμίζεται.

Η σκληρότητα του θαλασσινού νερού οφείλεται στις πολλές ενώσεις που περιέχει, όπως τα όξινα άλατα του ανθρακικού ασβεστίου $[Ca(HCO_3)_2]$ και του ανθρακικού μαγνησίου $[Mg(HCO_3)_2]$. Όταν η σκληρότητα αυτή αφαιρείται με τον βρασμό του νερού, τότε το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) απελευθερώνεται ως αέριο και τα αδιάλυτα ανθρακικά άλατα ασβεστίου ($CaCO_3$) και μαγνησίου ($MgCO_3$) παραμένουν δημιουργώντας καθαλατώσεις, σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές αντιδράσεις:



Άλλα πιθανά άλατα είναι του θεικού ασβεστίου ($CaSO_4$), που μένουν ως καθαλατώσεις από την εξατμισμό του θαλασσινού νερού και σε μικρή αναλογία το πυρίτιο.



Η ποσοστιαία αναλογία των υλικών αυτών στο θαλασσινό νερό είναι μεγαλύτερη στις εκβολές των μεγάλων ποταμών παρά στον ωκεανό.

Η δημιουργία καθαλατώσεων περιορίζεται χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία του βραστήρα όταν η θερμοκρασία φτάνει έως τους $60^\circ C$ και τα **στοιχεία εξατμίσεως**¹ είναι καλυμμένα με το τροφοδοτικό νερό. Η θερμοκρασία αυτή είναι χαμη-

¹ Στοιχεία εξατμίσεως ονομάζονται οι πλάκες ή οι αυλοί, στις επιφάνειες των οποίων πραγματοποιείται η εξατμωση.

λή για τον σχηματισμό καθαλατώσεων μαγνησίου και, εφόσον η πυκνότητα της άλμης ελέγχεται, το θειικό ασβέστιο δεν προκαλεί προβλήματα. Η απομάκρυνση της άλμης από τον **εκχυτήρα** (ejector) διατηρεί χαμηλά τα όρια στην πυκνότητα του τροφοδοτικού νερού που υπάρχει στον υδροθάλαμο. Αυτό συμβαίνει διότι η μισή ποσότητα περίπου του τροφοδοτικού νερού μετατρέπεται σε αποσταγμένο νερό και η ποσότητα της άλμης που καταθλίβεται είναι ίση με το υπόλοιπο του τροφοδοτικού νερού που παρέχεται στον βραστήρα. Η στάθμη διατηρείται σταθερή με την αναρρόφηση της περίσσειας του τροφοδοτικού νερού από τον εκχυτήρα κενού.

Μια **δοσομετρική διάταξη**¹ παρέχει συνεχώς, κατά τη λειτουργία του βραστήρα, συνθετικό πολυμερές στον υδροθάλαμο μαζί με το τροφοδοτικό νερό. Το συνθετικό πολυμερές έχει την ιδιότητα να δεσμεύει τις καθαλατώσεις που σχηματίζουν τα άλατα ανθρακικού ασβεστίου, δημιουργώντας μικρά σωματίδια, τα οποία απομακρύνονται μαζί με την άλμη από τον εκχυτήρα. Με αυτόν τον τρόπο διατηρούνται οι επιφάνειες εξατμίσεως καθαρές από τις καθαλατώσεις. Μία μικρή ποσότητα καθαλατώσεων που παραμένει, αφαιρείται με περιοδικό καθαρισμό των στοιχείων του εξατμιστή με χημικά διαλύματα.

Το χλωριούχο νάτριο, γνωστό και ως μαγειρικό αλάτι, το οποίο περιέχεται στο θαλασσινό νερό, δεν δημιουργεί καθαλατώσεις στους βραστήρες, γιατί παραμένει διαλυμένο στο νερό σε πολύ μεγάλες αναλογίες, 7/32 του αγγλικού αλατόμετρου. Παρά το γεγονός ότι το χλωριούχο νάτριο δεν κατακρημνίζεται, όταν η πυκνότητά του είναι υψηλή, δημιουργούνται τάσεις στην επιφάνεια του νερού και οι φουσκάλες του παραγόμενου ατμού, καθώς σπάνε με ορμή, προκαλούν **αφρισμό**² και προβολές. Η μείωση της πυκνότητας του χλωριούχου νατρίου που εισέρχεται με το τροφοδοτικό νερό του υδροθαλάμου επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση της άλμης μέσω του εκχυτήρα.

12.5 Πίεση λειτουργίας αποστακτήρων.

Η πηγή της θερμικής ενέργειας στη διεργασία της παραγωγής υδρατμών, κατά τη λειτουργία ενός αποστακτήρα, προέρχεται από ατμό ή από το θερμό νερό του δικτύου ψύξεως των χιτωνίων της κύριας μηχανής. Οι αποστακτήρες που τροφοδοτούνται με

ατμό υψηλής πίεσεως ονομάζονται **αποστακτήρες υψηλής πίεσεως**, ενώ οι αποστακτήρες που τροφοδοτούνται με ατμό χαμηλής πίεσεως ή θερμό νερό του δικτύου ψύξεως της κύριας μηχανής ονομάζονται **αποστακτήρες χαμηλής πίεσεως**.

12.5.1 Αποστακτήρες υψηλής πίεσεως.

Η παραγωγή αποσταγμένου νερού στις πρώτες εγκαταστάσεις πλοίων γινόταν με τη χρήση ατμού υψηλής πίεσεως από τον λέβητα του πλοίου, γι' αυτόν τον λόγο οι αποστακτήρες αυτοί ονομάστηκαν **αποστακτήρες υψηλής πίεσεως** (high pressure evaporators). Ο ατμός που τροφοδοτεί τον αποστακτήρα διέρχεται μέσω μειωτήρα πίεσεως, ώστε η παροχή ατμού να είναι μέχρι 25 psi περίπου ή σε άλλες εγκαταστάσεις ο ατμός παρέχεται από τις εξατμίσεις των βοηθητικών μηχανημάτων.

Κλασικός τύπος αυτής της κατηγορίας, είναι ο αποστακτήρας με ατμό από τον λέβητα τύπου Weir (σχ. 12.5α), που χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα στο παρελθόν σε ατμοκίνητα πλοία. Σήμερα, συναντάται μόνο σε παλαιές εγκαταστάσεις πλοίων.

Οι αποστακτήρες υψηλής πίεσεως είναι κατακόρυφου ή οριζόντιου τύπου.

Ο απλούστερος τύπος αποστακτήρα είναι με αυλούς, βυθισμένους στο θαλασσινό νερό απ' το οποίο τροφοδοτείται ο αποστακτήρας. Οι αυλοί είναι σε οριζόντια διάταξη και η εξάτμιση πραγματοποιείται στην εξωτερική επιφάνειά τους. Ο ατμός στους αυλούς (σχ. 12.5α), εισέρχεται από την μία πλευρά και αποβάλλεται απ' την άλλη.

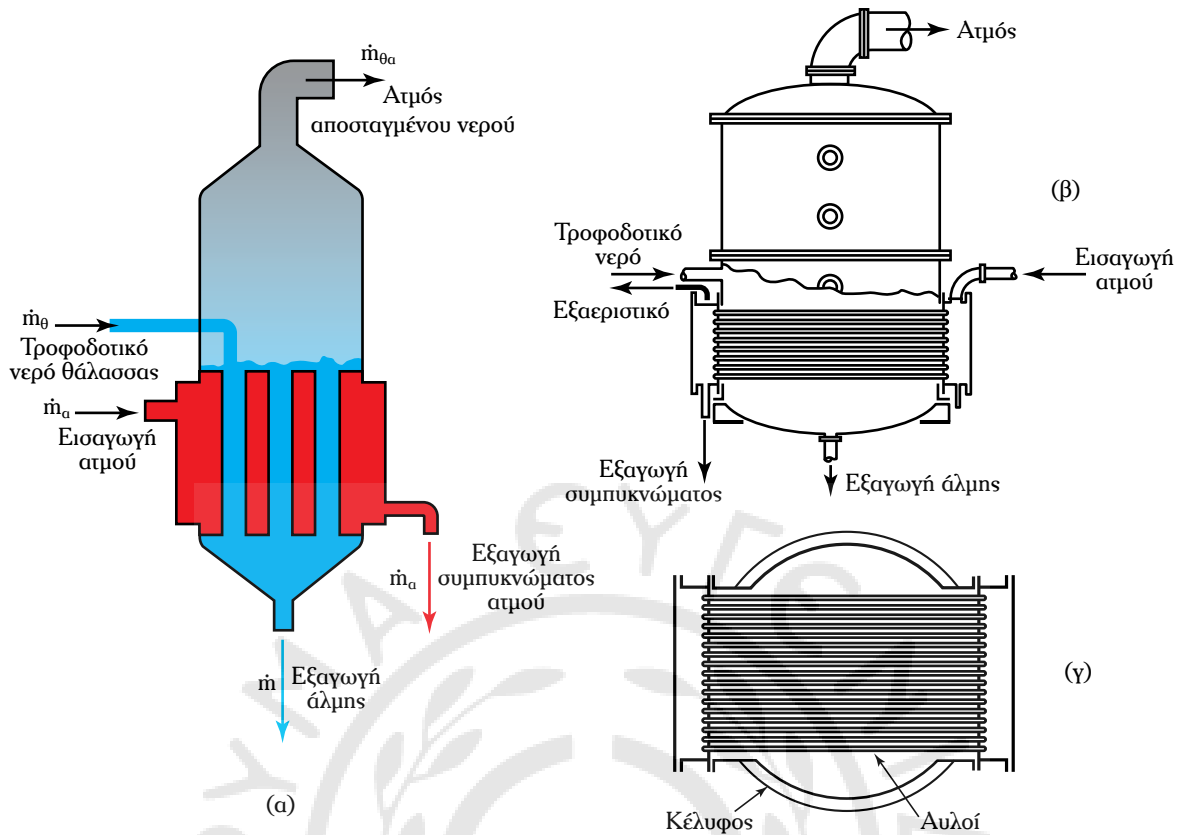
Τροποποίηση σε αυτού του τύπου τους αποστακτήρες γίνεται με τη χρήση θερμαντικών στοιχείων με τους αυλούς σε κάμψη τύπου U, με σκοπό να διευκολύνεται η επιθεώρηση και ο καθαρισμός τους.

Τα βασικά δίκτυα ενός αποστακτήρα με ατμό υψηλής πίεσεως (σχ. 12.5β) είναι:

- α) Το δίκτυο του ατμού θερμάνσεως.
- β) Το δίκτυο των παραγομένων εξατμίσεων (ατμών και υδρατμών).
- γ) Το δίκτυο αποσταγμένου νερού.
- δ) Το δίκτυο θαλασσινού νερού, τροφοδοσίας και ψύξεως.
- ε) Το δίκτυο βαρέων υδάτων ή άλμης ή καθαλατώσεων.

¹ Δοσομετρική διάταξη είναι η διάταξη που παρέχει ελεγχόμενη ποσότητα ενός πρόσθετου διαλύματος ή κάποιου βελτιωτικού υγρού προς όφελος μιας διεργασίας.

² Αφρισμός: Αναταραχή του νερού που περιέχει φυσαλίδες.



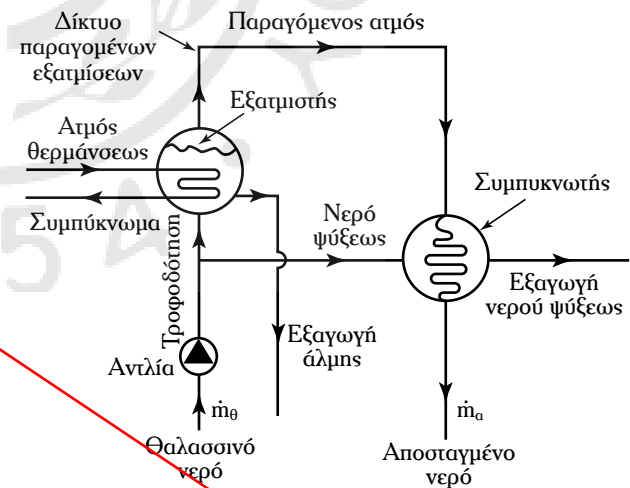
Σχ. 12.5α

Αποστακτήρας τύπου Weir με οριζόντιους αυλούς βυθισμένους στο θαλασσινό τροφοδοτικό νερό. (α) Γραφική παράσταση, (β) όψη αποστακτήρα, (γ) κάτοψη αυλών αποστακτήρα.

Κατά τη λειτουργία του αποστακτήρα, ο ατμός δι-ερχόμενος από τους αυλούς αποβάλλει τη θερμική του ενέργεια στο θαλασσινό νερό που κυκλοφορεί μέσα στον θάλαμο εξατμίσεως. Ο ατμός θερμάνο-ως συμπυκνώνεται από το θαλασσινό νερό που περιβάλλει εξωτερικά τους αυλούς του εξατμιστή και το συμπύκνωμα επιστρέφει ξανά στο δίκτυο νερού κυκλοφορίας του λέβητα.

Μέσα στον θάλαμο του αποστακτήρα το τροφο-δοτικό θαλασσινό νερό, θερμαινόμενο, εξατμίζεται παράγοντας ατμό, που οδηγείται στο ψυγείο συμπυ-κνώματος μέσα από το δίκτυο των παραγομένων εξατμίσεων (σχ. 12.5β). Στη συνέχεια, εξέρχεται απ' το ψυγείο συμπυκνώματος ως αποσταγμένο νερό και μέσω του δικτύου αποσταγμένου νερού οδηγείται στις δεξαμενές αποθηκείσεως και στην κατανάλωση.

Η αντλία θαλάσσης στο δίκτυο θαλασσινού νερού τροφοδοτεί με θάλασσα τον υδροθάλαμο του απο-στακτήρα, για την παραγωγή του ατμού. Το υπόλοι-πο καταθλίβεται από την αντλία στο ψυγείο συμπυ-κνώματος, για την ψύξη του παραγόμενου ατμού. Η εξαγωγή του θαλασσινού νερού απ' τον συμπυκνωτή



Σχ. 12.5β

Βασικά δίκτυα ενός αποστακτήρα.

επιστρέφει στο δίκτυο κυκλοφορίας θαλάσσης του πλοίου.

Μέρος του τροφοδοτικού νερού που βρίσκεται στον υδροθάλαμο του αποστακτήρα αποβάλλεται μέσω του δικτύου άλμης ή των καθαλατώσεων, πα-

ρασύροντας ένα μέρος του θαλασσινού νερού που η πυκνότητά του σε άλατα έχει αυξηθεί λόγω της εξατίσεως. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγονται πρώτον ο κίνδυνος αναβράσεως και προβολής και δεύτερον η δημιουργία καθαλατώσεων στις επιφάνειες εξατίσεως.

Η δημιουργία καθαλατώσεων σε μεγάλο βαθμό και η μεγάλη κατανάλωση σε ενέργεια, είναι τα βασικά μειονεκτήματα που παρουσιάζουν αυτού του τύπου οι αποστακτήρες, με αποτέλεσμα να έχει περιοριστεί η χρήση τους.

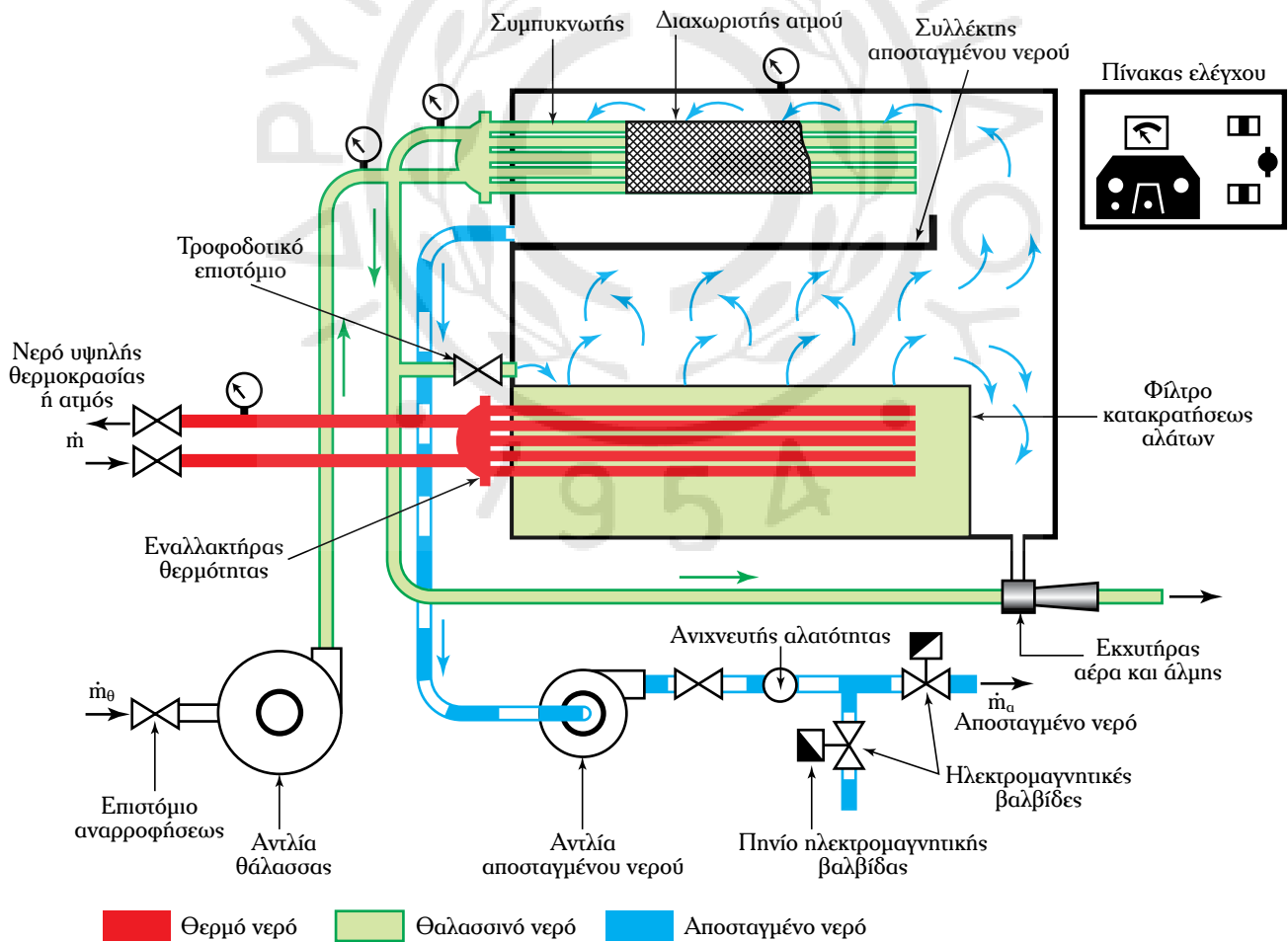
12.5.2 Αποστακτήρες χαμηλής πίεσης και η εξάτμιση υπό κενό.

Με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του σχηματισμού καθαλατώσεων λόγω της μεγάλης θερμοκρασιακής διαφοράς νερού-ατμού στους αποστακτήρες, ιδιαίτερα σε μεγάλες εγκαταστάσεις, για πολλά χρόνια χρησιμοποιούνταν ατμός

χαμηλής πίεσης 5 psi (34,47 Kpa) περίπου και θερμοκρασίας 108°C. Οι αποστακτήρες που χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτόν τον σκοπό είναι γνωστοί ως **αποστακτήρες χαμηλής πίεσης** (σχ. 12.5γ).

Η ελάττωση της κατανάλωσης, αλλά και των καθαλατώσεων οφείλεται στη μικρότερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ατμού που θερμαίνει το νερό και του νερού που υπάρχει στον υδροθάλαμο του αποστακτήρα.

Άλλη μια διαφορά σ' αυτόν τον τύπο αποστακτήρα είναι το γεγονός ότι η εξάτμιση πραγματοποιείται σε πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής, δηλαδή υπό κενό και κάτω απ' αυτές τις συνθήκες κενού η θερμοκρασία που απαιτείται για την ατμοπαραγωγή είναι μικρότερη. Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας, τα άλατα δεν κατακρημνίζονται, αλλά παραμένουν διαλυμένα στο νερό του υδροθαλάμου και έτσι αποφεύγεται ο σχηματισμός καθαλατώσεων. Για τη μείωση της θερμοκρασίας του ατμού (σύμφωνα με τη Θερμοδυναμική-Κύκλο Ισχύος Ατμού), χρησιμοποιείται



Σχ. 12.5γ

Αποστακτήρες χαμηλής πίεσης και η διαδικασία αποστάξεως.

η **μέθοδος της αφυπερθερμάνσεως** (desuperheating). Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνεται με κατάλληλο ακροφύσιο, ραντίζοντας τον ατμό με νερό από την κατάθλιψη της αντλίας υγρών, προκαλώντας την πώση της θερμοκρασίας, μέχρι τη θερμοκρασία του κορεσμένου ατμού.

Οι αποστακτικές χαμηλής πίεσεως για την παραγωγή αποσταγμένου νερού χρησιμοποιήθηκαν στα πλοία όπου η πρόωση γινόταν με στρόβιλο ατμού και ένα μέρος της παραγωγής ατμού από τον λέβητα τροφοδοτούσε και τον αποστακτήρα με ατμό. Επίσης, προσαρμόστηκαν στα πλοία με ΜΕΚ, όπου η θερμότητα για την ατμοπαραγωγή στον αποστακτήρα παρέχεται από το νερό ψύξεως των χιτωνίων της κύριας μηχανής εν πλω όταν η μηχανή λειτουργεί σε υψηλές στροφές. Η εφαρμογή αυτή έχει ως πλεονέκτημα ότι κατά τη λειτουργία του ο αποστακτήρας αποτελεί ένα ψυγείο στο δίκτυο του νερού ψύξεως των χιτωνίων της κύριας μηχανής.

Η σχετικά χαμηλή θερμοκρασία του νερού ψύξεως των χιτωνίων που εισέρχεται στο στοιχείο εξατμίσεως με θερμοκρασία 65°C και εξέρχεται με θερμοκρασία 60°C , προκαλεί την εξάτμιση του νερού. Αυτό συμβαίνει διότι οι συνθήκες κενού που επικρατούν μέσα στον θάλαμο του αποστακτήρα μειώνουν την απαιτούμενη θερμοκρασία για τον βρασμό του τροφοδοτικού θαλασσινού νερού από τους 100°C σε λιγότερο από 45°C .

Ο αποστακτήρας κενού, με βυθιζόμενα τα στοιχεία εξατμίσεως στο τροφοδοτικό θαλασσινό νερό και η συνολική διαδικασία αποστάξεως που πραγματοποιείται σ' ένα στάδιο (βαθμίδα ή φάση) εικονίζεται στο σχήμα 12.5γ.

Με τη λειτουργία του αποστακτήρα, το θερμό νερό του δικτύου ψύξεως των χιτωνίων της κύριας μηχανής ή ο ατμός χαμηλής πίεσεως εισέρχεται στο στοιχείο του εξατμιστή και αποδίδει την απαραίτητη θερμότητα για την εξάτμιση του τροφοδοτικού νερού. Η θερμότητα που αποβάλλεται, προκαλεί ατμοπαραγωγή σε γρήγορο ρυθμό, με τον βρασμό σε χαμηλότερη θερμοκρασία του τροφοδοτικού θαλασσινού νερού που περιβάλλει το στοιχείο του αποστακτήρα να οφείλεται στο κενό που επικρατεί στο εσωτερικό του.

Οι υδρατμοί που παράγονται, μεταφέρουν σωματίδια θαλασσινού νερού. Τα σωματίδια κατακρατούνται στον **αποχωριστή** (demister), που είναι είδος μεταλλικού ή συνθετικού (πολυπροπυλενικού) πλέγματος και επιστρέφουν ως σταγονίδια, που συλλέγονται και αποβάλλονται από τον αποστακτήρα μέσω

του εκχυτήρα (τζιφάρι). Ταυτόχρονα με τα υγροποιημένα σταγονίδια αποβάλλεται ο αέρας μαζί με άλλα αέρια που απελευθερώνονται από την ατμοποίηση του θαλασσινού νερού και δεν θα συμπυκνωθούν.

Ο καθαρός ατμός συμπυκνώνεται στο ψυγείο συμπυκνώματος στο πάνω μέρος του αποστακτήρα, το οποίο ψύχεται με θάλασσα. Το αποσταγμένο νερό που παράγεται, συλλέγεται και απομακρύνεται μέσω της αντλίας συμπυκνώματος.

Η διεργασία αυτή της αποστάξεως μπορεί να πραγματοποιηθεί σε περισσότερα του ενός στάδια, με στόχο την ελάττωση του κόστους στην παραγωγή νερού μέσω της αύξησεως της αποδοτικότητας του αποστακτήρα, επιτυγχάνοντας τη μείωση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Επίσης, το νερό ψύξεως υψηλού θερμικού περιεχομένου εξερχόμενο από τον συμπυκνωτή δεν αποβάλλεται αμέσως, προκαλώντας θερμική μόλυνση για το περιβάλλον, αλλά χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της αποδόσεως του αποστακτήρα.

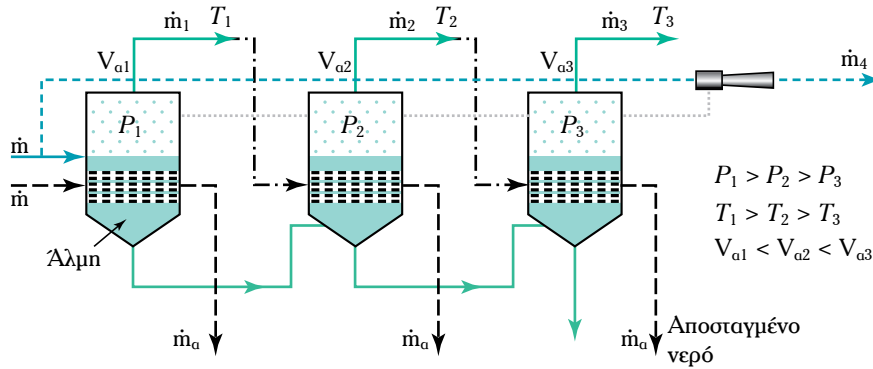
12.6 Πολυσταδιακό αποστακτήρες.

Η βασική αρχή στη λειτουργία των πολυσταδιακών αποστακτών, είναι ότι μειώνοντας την πίεση λειτουργίας σε κάθε στάδιο, μειώνεται και το σημείο βρασμού του διαλύματος που προορίζεται για απόσταξη. Στο σχήμα 12.6 δίνονται παραστατικά τρία στάδια της πολυσταδιακής αποστάξεως.

Οι παραγόμενοι ατμοί από τον πρώτο αποστακτήρα ψύχονται στα στοιχεία του δεύτερου αποστακτήρα και η θερμότητα που παράγεται, χρησιμοποιείται ως θερμαντικό μέσο για τον βρασμό του θαλασσινού νερού στον δεύτερο αποστακτήρα. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται και στα επόμενα στάδια με τον δεύτερο εξατμιστή να λειτουργεί ως συμπυκνωτής για τον ατμό που παράγεται στον πρώτο, ο τρίτος για τον δεύτερο κ.ο.κ..

Λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες θερμότητας, είναι προφανές ότι η θερμοκρασία βρασμού πέφτει από $T_1 > T_2 > T_3$, και συνεπώς η πίεση του διαλύματος τροφοδοσίας θα μειώνεται συνεχώς $P_1 > P_2 > P_3$. Λόγω της πώσεως της πίεσεως του νερού τροφοδοσίας και της θερμοκρασίας, η εξάτμιση πραγματοποιείται σε υψηλότερο κενό (Vacuum, V_a) δηλαδή $V_{a1} < V_{a2} < V_{a3}$. Το κενό επιτυγχάνεται με τον εκχυτήρα αέρα, που βρίσκεται στο τρίτο στάδιο και δημιουργεί το κενό σε όλους τους θαλάμους.

Η άλμη που παράγεται από το πρώτο στάδιο, και στο οποίο έχει υψηλή θερμοκρασία, αποτελεί το



Σχ. 12.6

Πολυσταδιακή απόσταξη.

τροφοδοτικό νερό για το δεύτερο στάδιο και στη συνέχεια όση άλμη μένει στο δεύτερο στάδιο γίνεται τροφοδοτικό νερό για το τρίτο στάδιο. Με αυτόν τον τρόπο δεν απαιτείται η θέρμανση του τροφοδοτικού νερού μέχρι το σημείο βρασμού, διότι το σημείο βρασμού σε κάθε επόμενο στάδιο είναι μικρότερο του προηγούμενου.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι για τη λειτουργία των αποστακτήρων χαμηλής πίεσης και για τη βελτίωση της αποδόσεώς τους γίνεται η χρήση:

- Ατμού χαμηλής πίεσης ή θερμού νερού ψύξεως από το δίκτυο ψύξεως της κύριας μηχανής ως πηγή θερμότητας.
- Αφυπερθερμάνσεως στους αποστακτήρες όπου χρησιμοποιείται ατμός.
- Εξατμίσεως υπό κενό.
- Πολυσταδιακής εξατμίσεως.

12.7 Τα δίκτυα αποστακτήρων χαμηλής πίεσης.

Η εγκατάσταση για την πραγματοποίηση της διεργασίας της πολυσταδιακής απόσταξης, αποτελείται από διάφορα λειτουργικά δίκτυα, τα οποία είναι:

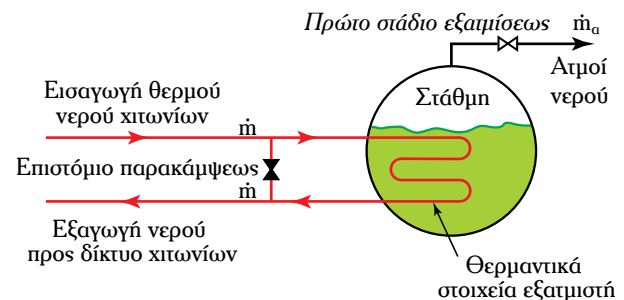
- Το δίκτυο θέρμανσεως του εξατμιστή.
- Το δίκτυο των παραγομένων εξατμίσεων (ατμών και υδρατμών).
- Το δίκτυο αποσταγμένου νερού.
- Το δίκτυο δημιουργίας κενού ή αφαιρέσεως του αέρα.
- Το δίκτυο θαλασσινού νερού τροφοδοσίας και ψύξεως.
- Το δίκτυο βαρέων υδάτων ή άλμης ή καθαλατώσεων.

12.7.1 Το δίκτυο θέρμανσεως.

Το μέσο θέρμανσεως στο πρώτο στάδιο ενός πολυσταδιακού αποστακτήρα είναι θερμό νερό από το **δίκτυο ψύξεως χιτωνίων της κύριας μηχανής** ή ατμός χαμηλής πίεσεως μέσω μειωτήρα από τις βοηθητικές εγκαταστάσεις.

Το νερό από το **δίκτυο ψύξεως χιτωνίων της κύριας μηχανής** εισέρχεται στα θερμαντικά στοιχεία του εξατμιστή (σχ. 12.7α). Στο πρώτο στάδιο εξατμίσεως το θερμό νερό που προέρχεται από την ψύξη των χιτωνίων αποβάλλει τη θερμότητά του θερμαίνοντας το τροφοδοτικό θαλασσινό νερό που περιβάλλει το θερμαντικό στοιχείο και εξέρχεται από τον εξατμιστή επιστρέφοντας στο δίκτυο ψύξεως της κύριας μηχανής. Η ποσότητα θερμού νερού που θα εισέλθει στο στοιχείο του εξατμιστή ρυθμίζεται από ένα **επιστόμιο παρακάμψεως** (by pass), που βρίσκεται μεταξύ εισόδου και εξόδου του εξατμιστή στο δίκτυο τροφοδοσίας θερμού νερού, ώστε να μην προκληθεί διατάραξη στη θερμοκρασιακή ισορροπία του υπόλοιπου δικτύου.

Όταν το θερμαντικό μέσο είναι ατμός χαμηλής πίεσεως, για τη θέρμανση του θαλασσινού τροφοδοτικού νερού που περιβάλλει τον εξατμιστή του αποστακτήρα, ο ατμός λαμβάνεται από το δίκτυο του



Σχ. 12.7α

Δίκτυο θέρμανσεως με νερό από την κύρια μηχανή.

το στάδιο αποστάξεως. Έτσι, διερχόμενο από στόμια στον θάλαμο ατμοπαραγωγής, το τροφοδοτικό νερό εξατμίζεται ακαριαία λόγω της μεταβολής στη θερμοκρασία κορεσμού του θαλασσινού νερού, από τη χαμηλή πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του θαλάμου, ώστε να επιτευχθεί ισορροπία.

Ο ατμός που παράγεται, διέρχεται από αποχωριστή και συμπυκνώνεται στην επιφάνεια των αυλών του εναλλακτήρα στο πάνω μέρος του θαλάμου, στο πρώτο στάδιο αποστάξεως. Το τροφοδοτικό νερό που δεν έχει εξατμιστεί στο πρώτο στάδιο, εισέρχεται στον θάλαμο του δεύτερου σταδίου αποστάξεως, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία. Σε κάθε στάδιο το τροφοδοτικό θαλασσινό νερό που δεν ατμοποιείται γίνεται τροφοδοτικό θαλασσινό νερό για το επόμενο στάδιο, και από το τελευταίο στάδιο μαζί με την άλμη που απομένει απομακρύνεται με την αντλία καθαλατώσεων ή άλμης.

Το συμπύκνωμα από κάθε στάδιο οδηγείται στον συμπυκνωτή του επόμενου σταδίου και από το τελευταίο στάδιο με αντλία συμπυκνώματος καταθλίβεται μέσω του ψυγείου συμπυκνώματος στη δεξαμενή αποθηκείσεως.

12.8.6 Αποστακτήρες τύπου πλακών (plate evaporators).

Οι πλάκες που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό των εναλλακτών θερμότητας στη διεργασία της αφαιρώσεως έχουν δώσει το όνομά τους σε αυτού του τύπου τους αποστακτήρες. Χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικός σχεδιασμός για τους αποστακτήρες τύπου αυλών. Οι πλάκες (ή φύλλα) μπορεί να είναι

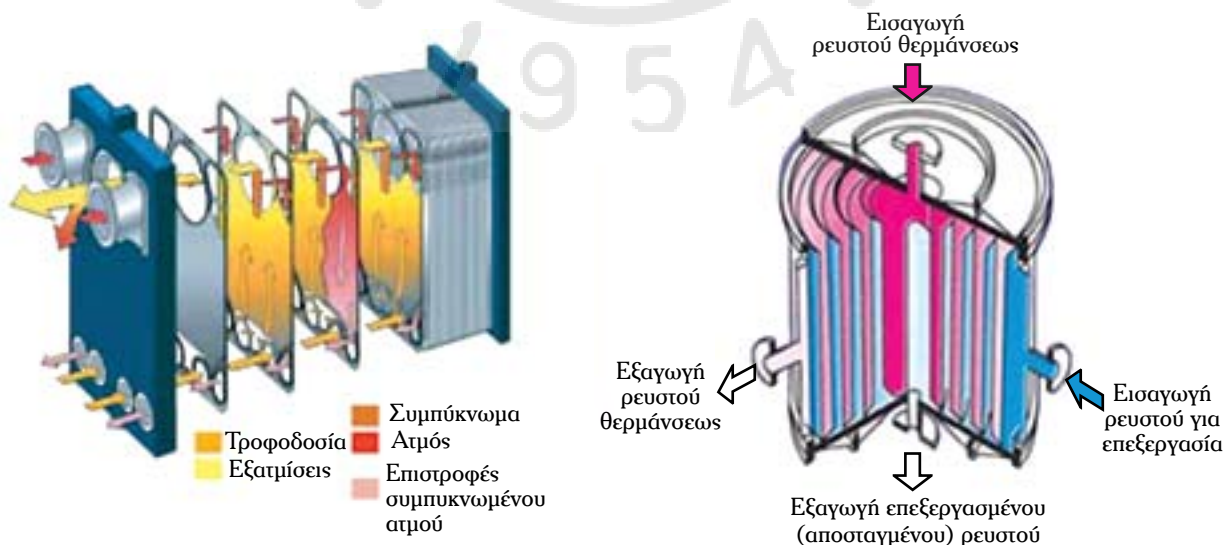
επίπεδες ή σε μορφή καμπύλης και έχουν το επί πλέον πλεονέκτημα ότι εκμεταλλεύονται τη φυγόκεντρο δύναμη, βελτιώνοντας τη διαδικασία της μεταφοράς της θερμότητας (σχ. 12.8n).

Έχουν σχετικά μεγάλη επιφάνεια μεταδόσεως, με μικρές απαιτήσεις χώρου για την εγκατάστασή τους. Οι πλάκες που χρησιμοποιούνται, μπορεί να έχουν λεία ή κυματοειδή μορφή, ώστε οι καθαλατώσεις που σχηματίζονται με τη μορφή νιφάδων να απομακρύνονται ευκολότερα.

Τα φύλλα σε κάθε στάδιο διεργασίας αφαιρώσεως είναι τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο με ελαστικά επιθέματα στεγανοποιήσεως ανάμεσά τους. Επίσης, έχουν τρύπες συγκοινωνίας σε τέτοια διάταξη, ώστε να δημιουργούν στενά περάσματα ροής ανάμεσα στις πλάκες και όλα μαζί είναι σφιγμένα με βίδες σε ένα ενιαίο πλαίσιο.

Ο ατμός ή το θερμό νερό στο στάδιο εξατίσεως διοχετεύεται στα στρώματα που σχηματίζονται ανάμεσα στις πλάκες. Έτσι, μεταδίδεται η απαιτούμενη ενέργεια για την εξάτμιση του θαλασσινού νερού που διαρρέει την άλλη πλευρά των πλακών, όπου πραγματοποιείται η εξάτμιση. Όταν ο ατμός ή το θερμό νερό αποβάλλει τη θερμότητά του, επιστρέφει στο δίκτυο του λέβητα σαν συμπυκνωμένος ατμός ή στο δίκτυο κυκλοφορίας θερμού νερού αντίστοιχα.

Οι υδρατμοί που παράγονται από τη διεργασία της εξατίσεως, εισέρχονται στον θάλαμο συμπυκνώσεως μέσω αποχωριστών υγρασίας και υγροποιούνται στις επιφάνειες των πλακών του συμπυκνωτή, που ψύχεται με θάλασσα. Το συμπύκνωμα που συλλέγεται, απομακρύνεται με την αντλία συμπυκνώματος.



Σχ. 12.8n

Αποστακτήρες τύπου πλακών με επίπεδες και καμπύλες πλάκες.

12.9 Περιγραφή των αποστακτών-βραστήρων που χρησιμοποιούνται στα πλοία.

Τα πλοία με ΜΕΚ χρησιμοποιούν τη θερμότητα του νερού που κυκλοφορεί στο δίκτυο ψύξεως των κιτίνων της κύριας μηχανής ως πηγή ενέργειας για την παραγωγή αποσταγμένου νερού. Επίσης, στα πλοία που χρησιμοποιείται ατμός από τον λέβητα για πρόωση ή στις βοηθητικές εγκαταστάσεις λεβήτων, πρέπει να παράγεται αποσταγμένο νερό υψηλής ποιότητας για την τροφοδοσία των λεβήτων. Στα επιβατηγά πλοία πρέπει να παράγεται νερό σε ποσότητες που να καλύπτουν τη μεγάλη κατανάλωση. Για τους λόγους αυτούς η επιλογή ενός τύπου αποστακτήρα ή βραστήρα στον σχεδιασμό της εγκατάστασης παραγωγής αποσταγμένου νερού σε ένα πλοίο επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν το είδος και τον τύπο που θα επιλεγεί, την αποδοτικότητα κατά τη διεργασία αποστάξεως και τα οικονομικά οφέλη. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι:

α) Η παραγωγική ικανότητα σύμφωνα με τα λειτουργικά δεδομένα, όπως οι θερμοκρασίες, οι επίσιμες ώρες λειτουργίας, οι αυτοματισμοί ελέγχου κ.λπ..

β) Τα απαιτούμενα μέσα λειτουργίας του βραστήρα, όπως ο ατμός, το νερό λειτουργίας και ψύξεως, η ηλεκτρική ενέργεια, τα προϊόντα καθαρισμού, τα ανταλλακτικά κ.λπ..

γ) Το οικονομικό κόστος της εγκατάστασης.

δ) Τα λειτουργικά έξοδα και το κόστος συντηρήσεως.

ε) Οι προδιαγραφές κατασκευής του αποστακτήρα.

στ) Η επιλογή των υλικών κατασκευής.

ζ) Ο διαθέσιμος χώρος τοποθέτησεως και τα απαιτούμενα δίκτυα για την εγκατάσταση του αποστακτήρα.

η) Η κάλυψη των απαιτήσεων των κανονισμών, ως προς την ασφαλή και φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία του αποστακτήρα και την πρόληψη ατυχημάτων.

Οι αποστακτήρες χαμηλής πίεσεως που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα πλοία και στις νέες κατασκευές, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα σε σύγκριση με τους τύπους που είχαν τοποθετηθεί σε παλαιότερα πλοία. Είναι επαρκώς αξιόπιστοι, ώστε με συνεχή λειτουργία και ελάχιστη επιτήρηση να παράγουν το αποσταγμένο νερό για τις ανάγκες του μηχανοστασίου και τις γενικές καταναλώσεις

του πλοίου. Οι τύποι αποστακτών που συναντάμε περισσότερο σήμερα στα πλοία περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

12.9.1 Οι αποστακτήρες υψούμενης μεμβράνης (Rising Film Evaporators–RFE).

Οι αποστακτήρες αυτοί κατασκευάζονται από πολλούς κατασκευαστές (παλαιότερα αναφέρονταν ως τύπου Weir) και είναι κατάλληλοι για διάφορες κατηγορίες πλοίων. Οι αποστακτήρες υψούμενης μεμβράνης αποτελούνται από το κέλυφος και τους αυλούς (σχ. 12.9α) (shell-and-tube type) και είναι μονοσταδιακοί (single-stage units).

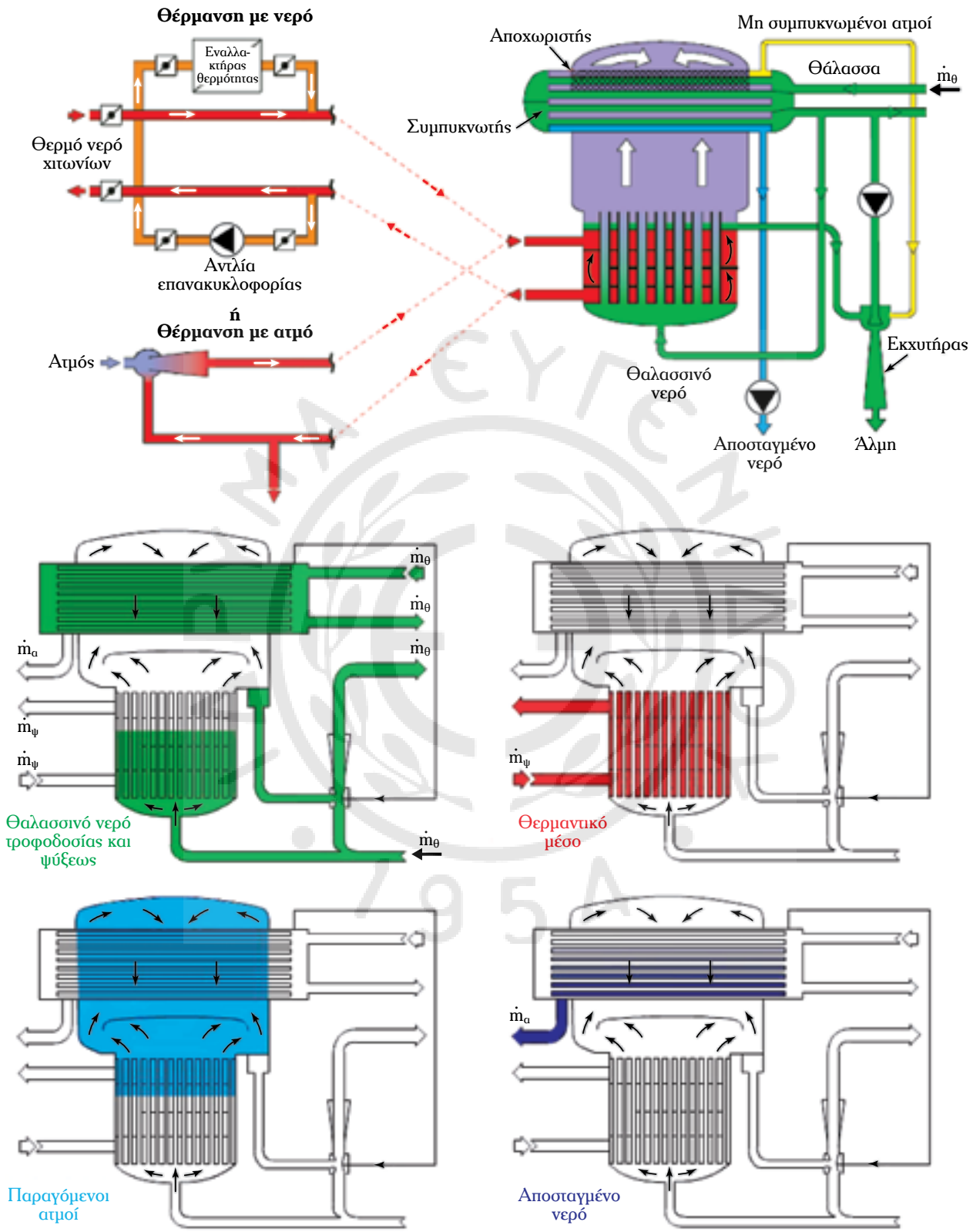
Το κέλυφος του βραστήρα είναι τοποθετημένο πάνω σε σιδερένια βάση, με τα θερμαντικά στοιχεία τοποθετημένα κατακόρυφα στο κάτω μέρος του βραστήρα, ενώ οι αυλοί του ψυγείου του αποσταγμένου νερού είναι τοποθετημένοι οριζόντια στο επάνω μέρος. Οι αυλοί του εξατμιστή και του συμπυκνωτή είναι εκτονωμένοι πάνω σε πλάκες και όλα αποτελούνται από ορείχαλκο.

Το θαλασσινό νερό ρέει μέσα στους κάθετους αυλούς (τούμπα, tubes) (σχ. 12.9β και 12.9γ) σχηματίζοντας μία δέσμη ροής, που δεν αναμειγνύεται με το θερμαντικό μέσο το οποίο κυκλοφορεί εξωτερικά των αυλών. Το θερμαντικό μέσο είναι το θερμό νερό από τα κιτίνια της κύριας μηχανής ή ο ατμός.

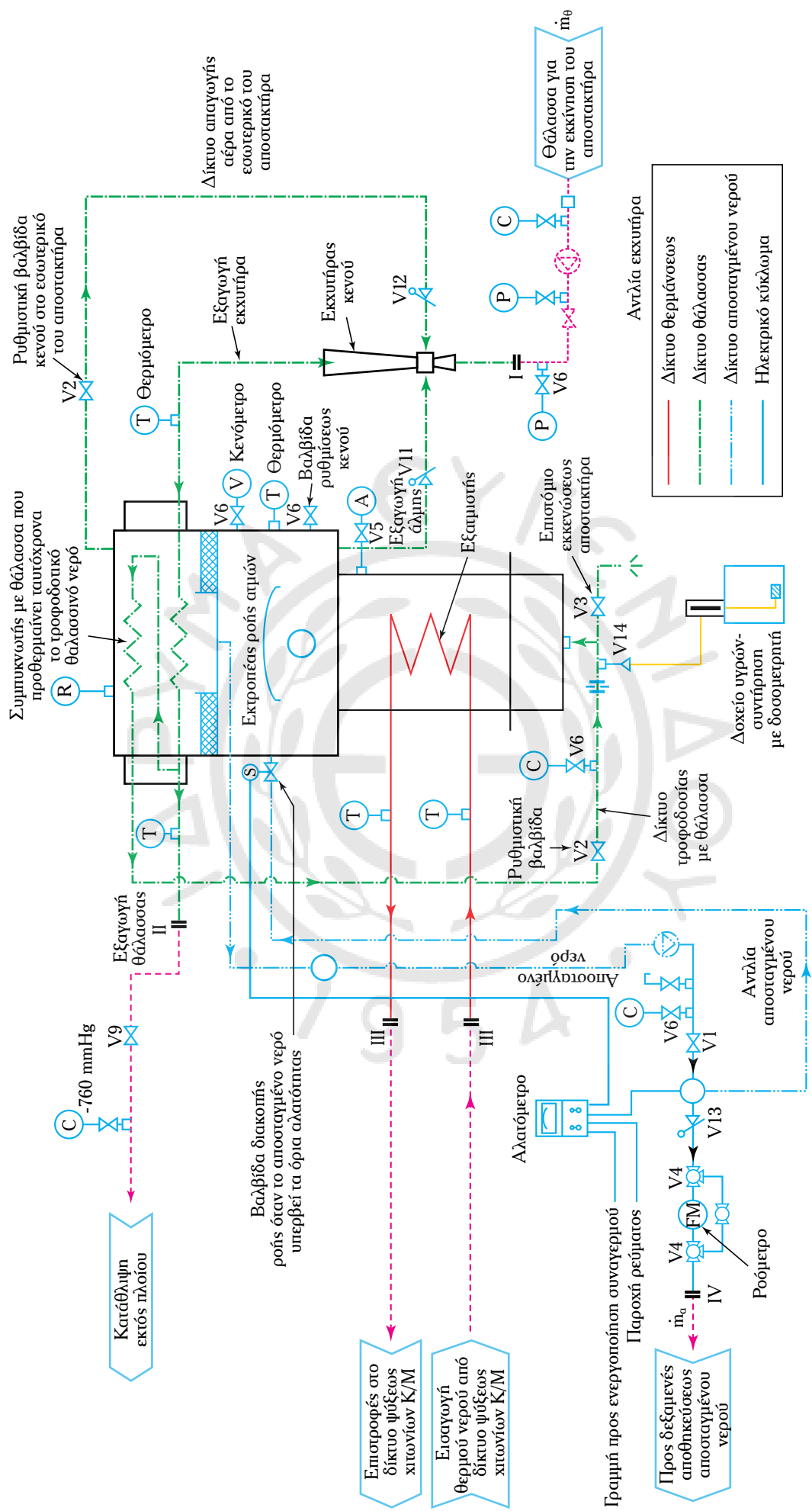


Σχ. 12.9α

Αποστακτήρας με αυλούς.



Σχ. 12.9β
Ροή κατά τη λειτουργία μονοσταδιακού αποστακτήρα.



Σχ. 12.9γ
Σχεδιάγραμμα εγκαταστάσεως ενός βραστήρα.

Η παροχή του τροφοδοτικού νερού του βραστήρα προέρχεται από ιδιαίτερη φυγοκεντρική αντλία, την **αντλία εκχυτήρα** (ejector pump). Από σωλήνα που συνδέεται στο κάτω μέρος του κελύφους του εξαμιστή εισέρχεται το θαλασσινό τροφοδοτικό νερό. Ένα μέρος από αυτό εξατμίζεται μέσα στους αυλούς και οι ατμοί ανεβαίνουν στο επάνω μέρος του θαλάμου, περνώντας μέσα από τον αποχωριστή υγρασίας (αφυγραντήρα), που είναι κατασκευασμένος με σύρμα πυκνής πλέξεως από κράμα **monel**¹.

Η εξάτμιση πραγματοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία (περίπου 38–45°C), λόγω του κενού που επικρατεί στον θάλαμο του βραστήρα. Το κενό που δημιουργείται από τον εκχυτήρα και σ' αυτό οφείλεται η χαμηλή θερμοκρασία εξατίσεως του θαλασσινού νερού, κυμαίνεται περίπου από 720 mmHg έως 740 mmHg (0,960 έως 0,987 bar). Ο ατμός που παράγεται, έχοντας αποβάλει την υγρασία του θαλασσινού νερού διερχόμενος από τον αποχωριστή, υγροποιείται στις επιφάνειες των αυλών του συμπυκνωτή που ψύχεται με θάλασσα. Μ' αυτόν τον τρόπο παράγει αποσταγμένο νερό με περιεκτικότητα σε άλατα μικρότερη των 4 ppm.

Η άλμη που συλλέγεται από την ατμοποίηση και τον αποχωρισμό της υγρασίας των υδρατμών κατά την εξάτμιση, μαζί με τον αέρα του θαλάμου, παρουσιάζονται από τον εκχυτήρα κενού που λειτουργεί με την παροχή θαλασσινού νερού από την αντλία θαλάσσης και αποβάλλονται εκτός πλοίου. Έτσι, το σύστημα του εκχυτήρα δημιουργεί το απαραίτητο κενό για την εκκίνηση του βραστήρα και το διατηρεί σε όλη τη διάρκεια της διεργασίας αποστάξεως. Για να διατηρείται χαμηλά η συγκέντρωση των αλάτων στο τροφοδοτικό του νερού που περιβάλλει τον εξαμιστή, η οποία αυξάνεται σταδιακά λόγω της εξατίσεως, ο αποστακτήρας τροφοδοτείται συνεχώς με θάλασσα. Το πλεόνασμα του θαλασσινού νερού στον εναλλακτήρα θερμότητας απομακρύνεται από τον εκχυτήρα με τη συνεχή αναρρόφησή του, μαζί με την άλμη, ελαττώνοντας έτσι και τον σχηματισμό καθυαλάσεων. Η τροφοδοσία του βραστήρα ρυθμίζεται από επιστόμιο και πρέπει να διατηρείται σταθερή, διαφορετικά επηρεάζει τη στάθμη, άρα και την απόδοση του αποστακτήρα καθώς και την ποιότητα του αποσταγμένου νερού.

Το κέλυφος του αποστακτήρα και όλα τα εξαρτήματα που έρχονται σε επαφή με τη θάλασσα αποτελούνται από υλικά ανθεκτικά στη **σημειακή διάβρωση**² (pitting corrosion) και τη σκουριά, όπως το κράμα **cupronickel**³. Το κέλυφος του βραστήρα είναι συνήθως κατασκευασμένο από χάλυβα που προστατεύεται με επίστρωση από ελαστικό, το οποίο εφαρμόζεται με θερμοκόλληση.

Στο σχήμα 12.9δ παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά ενός βραστήρα αυτού του τύπου, που εγκαθίσταται σε ένα πλοίο.

12.9.2 Πολυσταδιακοί ή πολυφασικοί αποστακτήρες.

Σε πλοία όπου οι ανάγκες σε αποσταγμένο νερό είναι μεγαλύτερες χρησιμοποιούνται πολυσταδιακοί αποστακτήρες (σχ. 12.9ε). Η διεργασία αποστάξεως είναι παρόμοια με την απόσταξη με υψούμενη μεμβράνη.

Σε αυτού του τύπου τους αποστακτήρες το μέσο θερμάνσεως για την παραγωγή ατμού στο πρώτο στάδιο είναι ζεστό νερό από τα χιτώνια της κύριας μηχανής ή ατμός από τον λέβητα. Ο ατμός που παράγεται απ' τη θέρμανση του νερού ψύχεται στο στοιχείο εξατίσεως του επόμενου σταδίου και η θερμότητα που αποβάλλει είναι η θερμότητα για την εξάτμιση στο επόμενο στάδιο.

Το θερμαντικό μέσο κυκλοφορεί εξωτερικά των αυλών του εξαμιστή, παράγοντας υδρατμούς. Η εξάτμιση του τροφοδοτικού θαλασσινού νερού πραγματοποιείται μέσα στους αυλούς σε χαμηλή θερμοκρασία, λόγω του κενού που επικρατεί στο εσωτερικό του υδροθαλάμου.

Οι παραγόμενοι υδρατμοί οδηγούνται μέσω του αποχωριστή στις επιφάνειες των αυλών του συμπυκνωτή. Η υγρασία που συγκρατείται από τον αποχωριστή, επιστρέφει με τη μορφή σταγονιδίων στον υδροθάλαμο και μαζί με το τροφοδοτικό θαλασσινό νερό που δεν έχει ατμοποιηθεί, εισέρχεται στο εσωτερικό των αυλών, στον εξαμιστή του δεύτερου σταδίου. Για να συμπληρωθεί η απαιτούμενη ποσότητα θαλασσινού νερού στον εξαμιστή του δεύτερου σταδίου εισέρχεται επί πλέον θάλασσα από το κάτω μέρος του εξαμιστή στο εσωτερικό των αυλών.

¹ Monel είναι η ονομασία κράματος μετάλλου με περιεκτικότητα σε νικέλιο που φτάνει το 67% και η ονομασία του οφείλεται στην εταιρεία παραγωγής του.

² Σημειακή διάβρωση (pitting corrosion) ονομάζεται η διάβρωση κατά σημεία ή διά βελονισμού.

³ Cupronickel: είναι κράμα χαλκού που περιέχει νικέλιο και ενίσχυση από στοιχεία όπως σίδηρο και μαγγάνιο.

1. Particulars

Document No.						
Classification society						
Type	tubular type					
Model	KE 30.0					
Capacity of Distillate	30.0	t/day				
Max. Salinity	10.0	ppm				
No. of unit per ship	1	unit(s)/ship				
Cooling method	sea water					
Cooling water	inlet temp.	32.0	°C		outlet temp	41.9°C
	quantity	-	m ³ /h			
Jacket cooling water	inlet temp.	80.0	°C		outlet temp	69.4°C
	quantity	68.5	m ³ /h			
Steam injector system	with					
Capacity of distillate for steam injector system	Capacity	30	t/day		quantity	1261
	pressure	0.59 (6.00)	MPa (kg/cm ²)			
Condenser cover	design pres.	0.34 (3.47)	MPa (kg/cm ²)		WTP	0.51 (5.20) MPa (kg/cm ²)
Heater shell	design pres.	0.35 (3.57)	MPa (kg/cm ²)		WTP	0.53 (5.40) MPa (kg/cm ²)
Evapo. shell & heater cover	design pres.	0.10 (1.02)	MPa (kg/cm ²)		WTP	0.15 (1.53) MPa (kg/cm ²)
Distillate pump & motor	quantity	2.5	m ³ /h		head	30.0 mAq
	pole	2			output	1.5 kW
Ejector pump & motor (yard supply)	quantity	(75)	m ³ /h		head	(48) mAq
	pole	(2)			output	(18.5) kW
Power source (motor)	AC	440	V	60 Hz	3	Phase
(indicator)	AC		V	60 Hz	1	Phase
Unit	SI+MKS					
Name plate	English					
Caution plate	English & italian					

2. Materials

	Shell	Tube	Tube sheet	Cover	
Evaporator	mild steel			mild steel	
Condenser	stainless steel	alumi. brass	naval brass	cast iron	
Pre-heater		copper nickel			
Heater	mild steel	alumi. brass	naval brass	mild steel	
Water ejector	body: cast bronze		nozzle: stainless steel		
Deflector	Fiber glass reinforced plastic (F.R.P)				
Demister	stainless wire				
Pipe (sea water line)	90/10Cu-Ni, Copper, stainless steel				
(fresf water line)	copper & vinyl pipe				
Steam injector	body: cast bronze		nozzle: stainless steel		
Pump	casing	casing ring	impeller	shaft	shaft seal
Distillate pump	cast iron	cast bronze	phos. bronze	stainless steel	mechanical seal
Ejector pump	-	-	-	-	-

Σχ. 12.96

Χαρακτηριστικά αποστακτήρα υφούμενης μεμβράνης.

Ο ατμός που εξέρχεται από το πρώτο στάδιο, εισέρχεται στον εξατμιστή του δεύτερου σταδίου αλλά εξωτερικά των αυλών, παρέχοντας έτσι την απαιτούμενη θερμότητα για την ατμοποίηση στο δεύτερο στάδιο. Το αποτέλεσμα, εφόσον αποβάλλει τη θερμότητα που μεταφέρει, είναι να συμπυκνωθεί.

Η ίδια διεργασία επαναλαμβάνεται στο επόμενο στάδιο μέχρι το τελευταίο, ανάλογα με το πόσα στάδια έχει ο αποστακτήρας. Όμως, στο τελευταίο στάδιο ο ατμός που παράγεται για να συμπυκνωθεί,

ψύχεται με θάλασσα, η οποία αποτελεί το τροφοδοτικό νερό του πρώτου σταδίου.

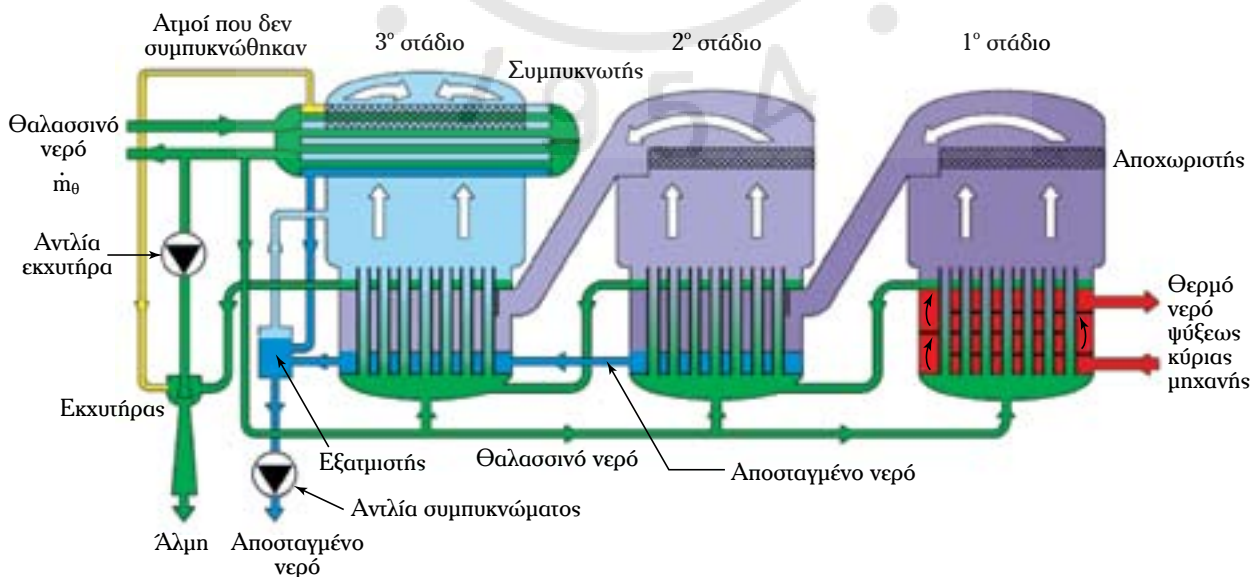
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 12.9στ, η παραγωγή αποσταγμένου νερού αρχίζει στο δεύτερο στάδιο και αυτό το νερό περνάει στο τρίτο για να συγκεντρωθεί σε δεξαμενή (εξατμιστήρας). Εκεί, μαζί με το συμπύκνωμα του τελευταίου (τρίτου) σταδίου, αντλείται από την φυγοκεντρική αντλία συμπυκνώματος για να οδηγηθεί στις δεξαμενές αποθηκείωσης νερού.

Η άλμη που συσσωρεύεται από όλα τα στάδια



Σχ. 12.9ε

Πολυσταδιακοί ή πολυφασικοί αποστακτήρες.



Σχ. 12.9στ

Ροή πολυσταδιακής αποστάξεως (Multiple Effect Desalination–MED).

απομακρύνεται μαζί με τον αέρα από τον εκκυτήρα κενού του αποστακτήρα.

Ανάλογα με το δίκτυο θαλασσινού νερού ψύξεως του πλοίου, το νερό στον εκκυτήρα παρέχεται είτε από **συμπληρωματική-ενισχυτική αντλία** (booster pump), είτε χωρίς αντλία όταν λόγω επαρκούς πίεσης του δικτύου, το θαλασσινό νερό από την έξοδο του συμπυκνωτή διέρχεται και από τον εκκυτήρα.

12.9.3 Αποστακτήρες με φύλλα (plate evaporators).

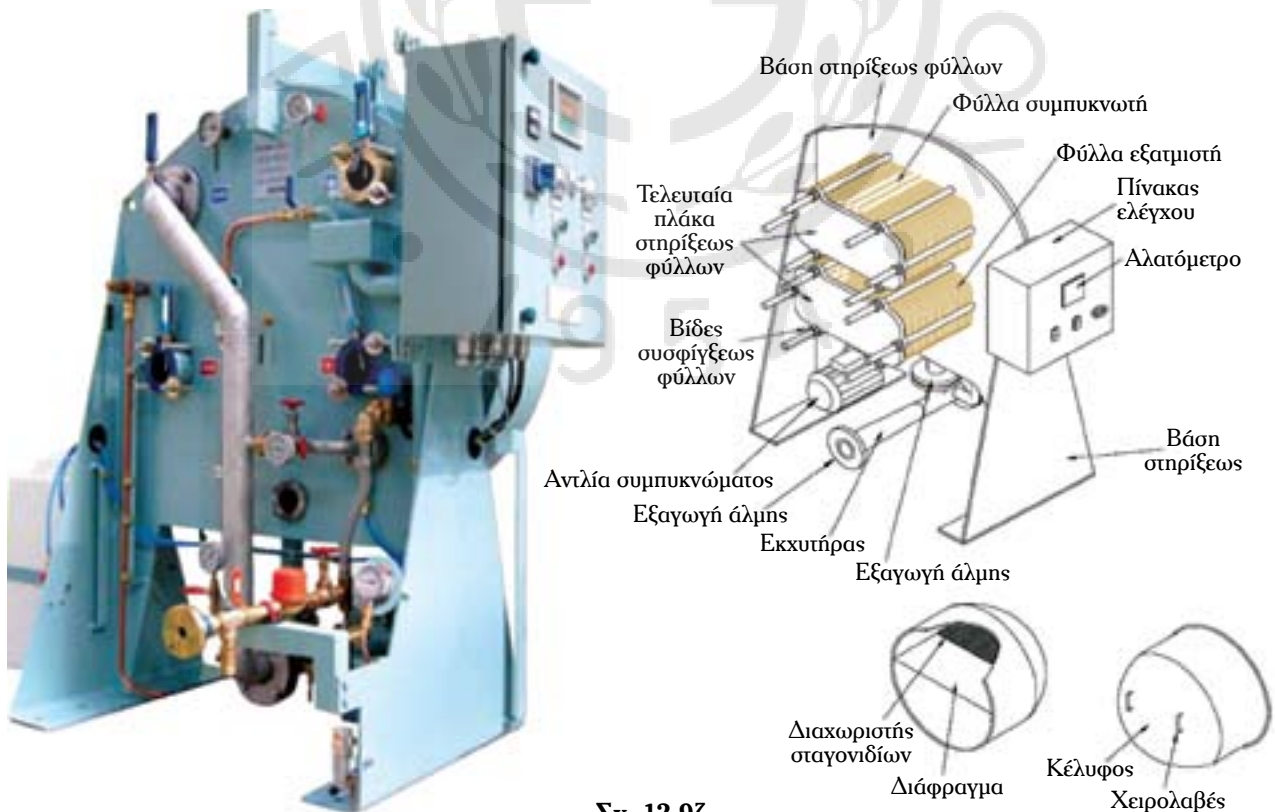
Το θερμαντικό μέσο που χρησιμοποιείται γενικά στους αποστακτήρες με φύλλα στις εγκαταστάσεις των πλοίων είναι το θερμό νερό κυκλοφορίας από το δίκτυο των κιτωνίων της κύριας μηχανής. Εναλλακτικά, όπως και στους άλλους τύπους βραστήρων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ατμός. Η παραγωγική τους ικανότητα κυμαίνεται από 10 – 75 τόνους το εικοσιτετράωρο και εξαρτάται από τη διαθέσιμη θερμική ενέργεια.

Ο αποστακτήρας αποτελείται από τη μεταλλική βάση στην επιφάνεια της οποίας βρίσκονται οι τρύπες για τις συνδέσεις του δικτύου, το κέλυφος και τους δύο εναλλακτές θερμότητας, δηλαδή τον εξα-

μιστή και τον συμπυκνωτή, που είναι κατασκευασμένοι με φύλλα τιτανίου. Εσωτερικά του κελύφους υπάρχει το διάφραγμα που χωρίζει τον θάλαμο σε δύο μέρη, δημιουργώντας τον θάλαμο εξατμίσεως στο κάτω μέρος και τον θάλαμο συμπυκνώσεως επάνω. Ένα μέρος του διαφράγματος αποτελείται από τον αποχωριστή των παραγομένων υδρατμών από την υγρασία απ' όπου περνάει ο ατμός (σχ. 12.9ζ).

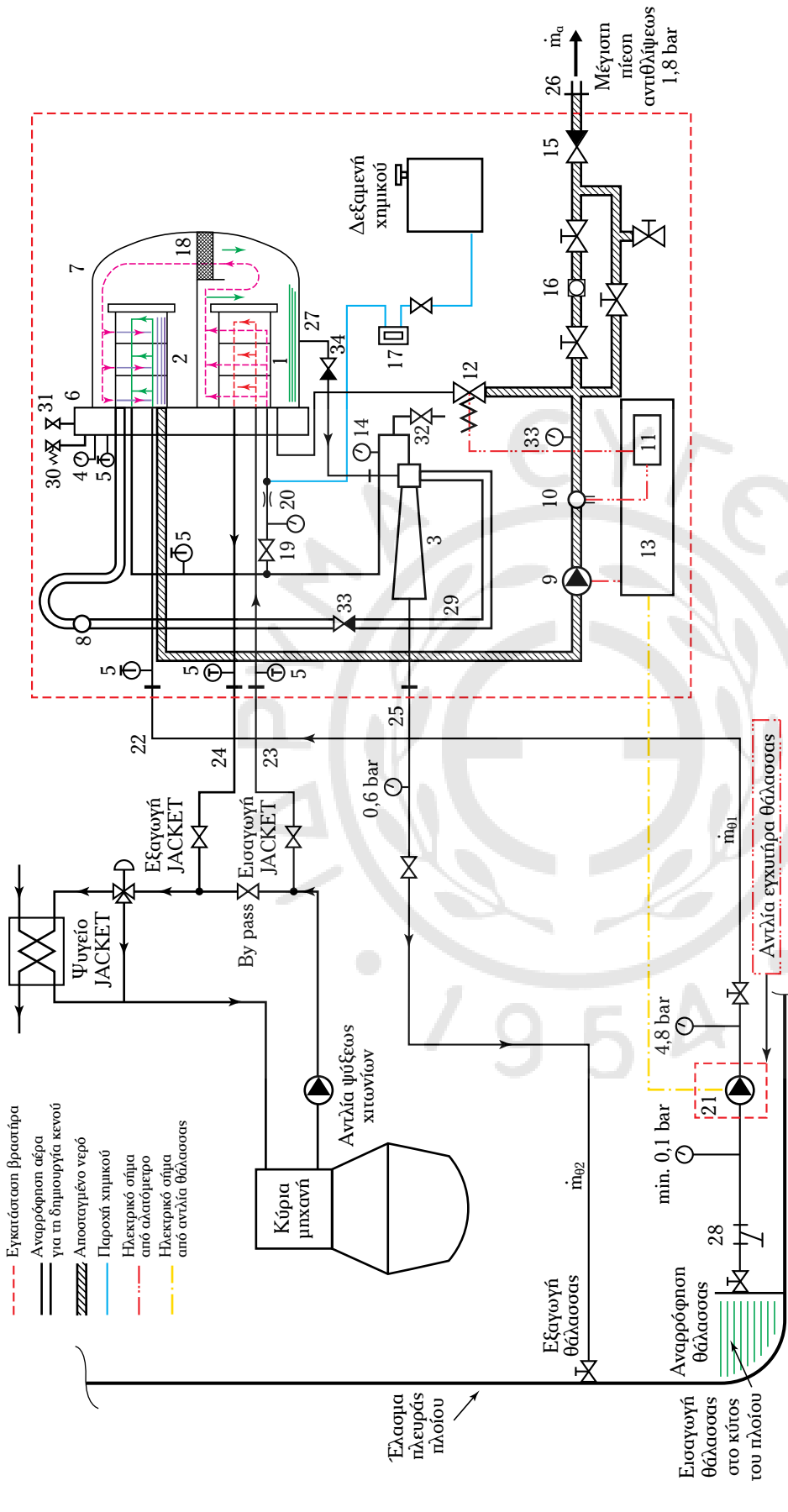
Στο εσωτερικό του θαλάμου, κατά τη λειτουργία του βραστήρα, η πίεση είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής και το κενό δημιουργείται από τον εκκυτήρα κενού (τζιφάρι ejector) με την παροχή θαλασσινού νερού.

Η θάλασσα καταθλίβεται στο δίκτυο του βραστήρα από την αντλία θαλάσσης ή την αντλία του **εκκυτήρα** (ejector pump). Αρχικά, διέρχεται από το ψυγείο του συμπυκνωτή και υγροποιώντας τους ατμούς προθερμαίνεται. Ένα μέρος του θαλασσινού νερού από την έξοδο του συμπυκνωτή περνάει από τον εκκυτήρα κενού δημιουργώντας το απαραίτητο κενό για τη λειτουργία του βραστήρα, ενώ ταυτόχρονα παρασύρεται μέσω του εκκυτήρα και η άλμη από τον θάλαμο εξατμίσεως. Το υπόλοιπο προθερμασμένο θαλασσινό νερό είναι το νερό τροφοδοσίας του βραστήρα που εισέρχεται στον εξαμιστή (σχ. 12.9η).



Σχ. 12.9ζ

Αποστακτήρας με φύλλα.



- - - - - Εγκατάσταση βραστήρα
- == Αναρρόφηση αέρα για τη δημιουργία κενού
- ▨ Αποσταγμένο νερό
- Παροχή χημικού
- Ηλεκτρικό σήμα από αλατόμετρο
- Ηλεκτρικό σήμα από αντλία θάλασσας

1. Βραστήρας (evaporator)
2. Συμπυκνωτής (condenser)
3. Εγχυτήρας (ejector)
4. Ένδειξη κενού (vacuum gauge)
5. Θερμόμετρο (thermometer)
6. Βάση σπρώξεως και συνδέσεων βραστήρα (distiller base flange)
7. Κέλυφος βραστήρα (distiller cover)
8. Γυάλι ενδείξεως ροής (flow sight glass)
9. Αντλία αποσταγμένου νερού (fresh water pump)
10. Αισθητήρας αλατόμετρου (salinity sensor)
11. Ενδείκτης αλατότητας salinity indicator (controller)
12. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα solenoid V/V
13. Πίνακας ελέγχου (control panel)
14. Ένδειξη πιέσεως (pressure gauge)
15. Ανεπίστροφη βαλβίδα (pan check valve)
16. Ροόμετρο αποσταγμένου νερού (flow meter for distilled water)
17. Δοσομετρική συσκευή χημικού (chemical dosing unit)
18. Φίλτρο (demister)
19. Προφοδοτικό επιστόμιο (feed valve)
20. Στόμιο (orifice)
21. Αντλία θαλάσσης εγχυτήρα (ejector pump)
22. Εισαγωγή θαλασσινού νερού (sea water inlet)
23. Εισαγωγή θερμού νερού κύριας μηχανής (jacket water inlet)
24. Εξαγωγή θερμού νερού κύριας μηχανής (jacket water outlet)
25. Εξαγωγή θάλασσας (sea water outlet)
26. Εξαγωγή αποσταγμένου νερού (distilled water outlet)
27. Εξαγωγή άλμης (brine outlet)
28. Φίλτρο θαλασσινού νερού sea water filter (max. 5 mm)
29. Σωλήνας αναρροφήσεως αέρα για δημιουργία κενού (air/vacuum suction line)
30. Ασφαλιστικό (safety valve)
31. Επιστόμιο για τη ρύθμιση του κενού (vacuum breaker)
32. Επιστόμιο αποστράγγισης (drain line valve)
33. Ανεπίστροφη βαλβίδα (επιστόμιο) (check valve)
34. Ανεπίστροφη βαλβίδα ασφαρισμένου άλμης.

Σχ. 12.9η

Διάταξη δικτύων αποστακτήρα (βραστήρα) με φύλλα.

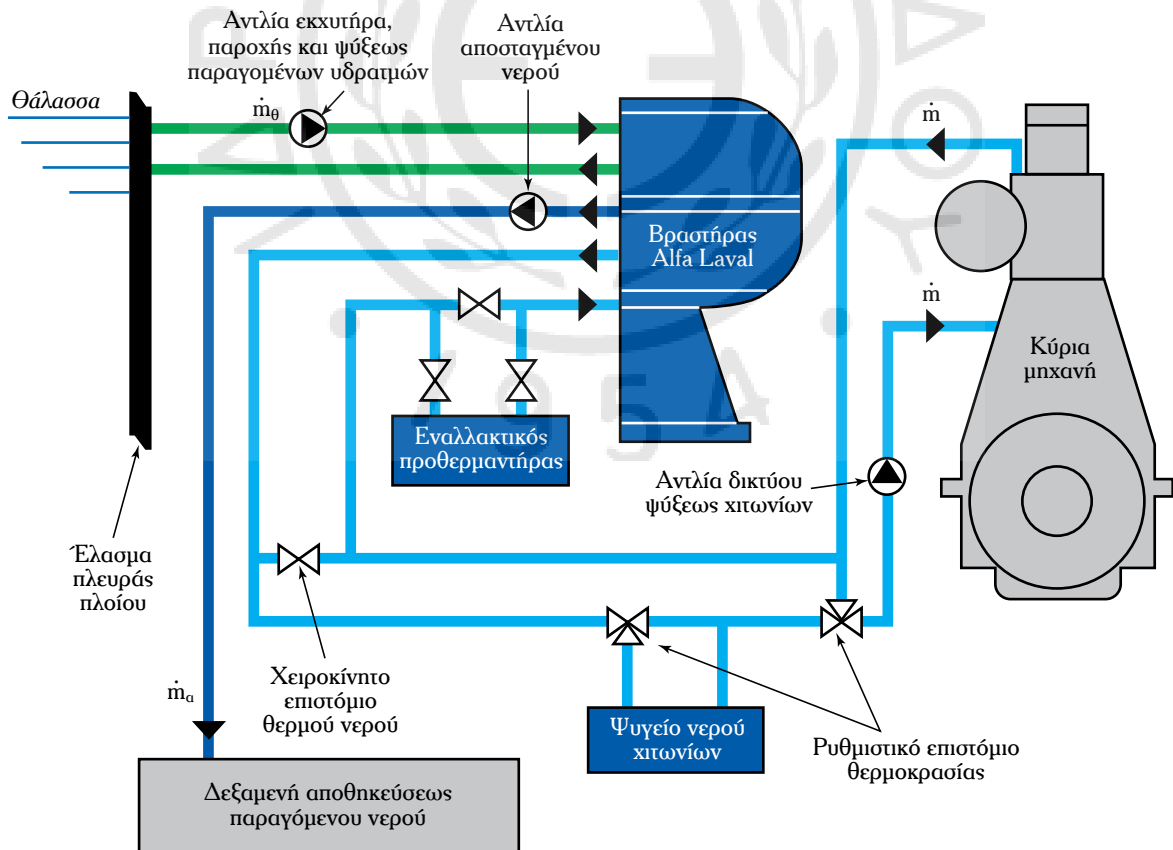
Το νερό τροφοδοσίας εξατμίζεται στις επιφάνειες των φύλλων, εισερχόμενο στον εξατμιστή λόγω του κενού που επικρατεί στο εσωτερικό του θαλάμου. Οι υδρατμοί αποβάλλουν την υγρασία (νερό) που έχουν συμπαρασύρει στον αποχωριστή και ο ατμός συμπυκνώνεται στις επιφάνειες των φύλλων του συμπυκνωτή. Η άλμη που συγκεντρώνεται στον βραστήρα απομακρύνεται με τον εκχυτήρα (τζιφάρι) κενού και ο υγροποιημένος ατμός μέσω της **αντλίας συμπυκνώματος** (fresh water pump). Ένα γενικό διάγραμμα ροής με την εγκατάσταση του **βραστήρα με φύλλα** (plate type evaporator) παρουσιάζεται στο σχήμα 12.9θ.

Για τις μεγάλες καταναλώσεις γλυκού νερού σε πλοία, όπως τα κρουαζιερόπλοια, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν **αποστακτήρες πολυσταδιακοί με φύλλα** (Multi-Effect Plate Distillers – MED) (σχ. 12.9ι). Η ικανότητα παραγωγής τους σε νερό κυμαίνεται από 200 έως 10.000 τόνους ημερησίως. Ο τρόπος λειτουργίας τους δεν διαφέρει από τον τρόπο λειτουργίας των πολυσταδιακών βραστήρων με αυλούς, εκτός από τον τύπο των εξατμιστών που χρησιμοποιούνται και είναι εναλλακτικές θερμότητας με φύλλα.

Άλλος ένα τύπος του βραστήρα με φύλλα είναι ο αποστακτήρας του σχήματος 12.9ια(α). Αποτελείται από στοιβάδα φύλλων, τα οποία είναι δύο ειδών, εναλλάξ τοποθετημένα: τα **φύλλα διεργασίας αποστάξεως** (process plates) και τα **φύλλα λειτουργίας** (utility plates). Οι επιφάνειές τους είναι με τέτοιο τρόπο διαμορφωμένες, ώστε μέσα στη στοιβάδα να δημιουργούνται στάδια [σχ. 12.9ια(β)]. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται το τμήμα της εξατμίσεως, με γκρι το τμήμα διαχωρισμού των υδρατμών και με πράσινο το τμήμα όπου πραγματοποιείται η συμπύκνωση και παράγεται το αποσταμένο νερό.

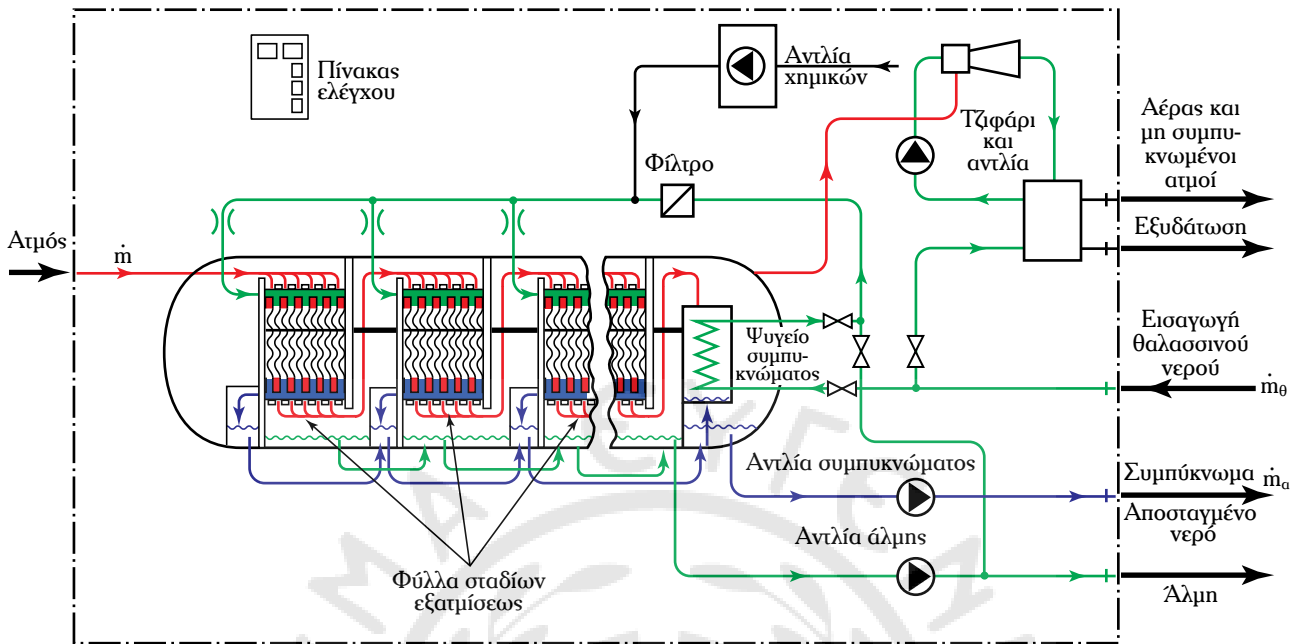
Επίσης, υπάρχει το τζιφάρι για τη δημιουργία του κενού και την απομάκρυνση της άλμης, η αντλία του αποσταγμένου νερού, ο πίνακας ελέγχου και τα αντίστοιχα όργανα ελέγχου πίεσης και θερμοκρασίας.

Με τη λειτουργία του αποστακτήρα αυτού, η θάλασσα που παρέχεται στην εγκατάσταση, διερχόμενη μέσα από τις διαδρομές που δημιουργούνται από τη μορφή των επιφανειών των φύλλων, θερμαίνεται από το θερμαντικό μέσο το οποίο είναι νερό, από το



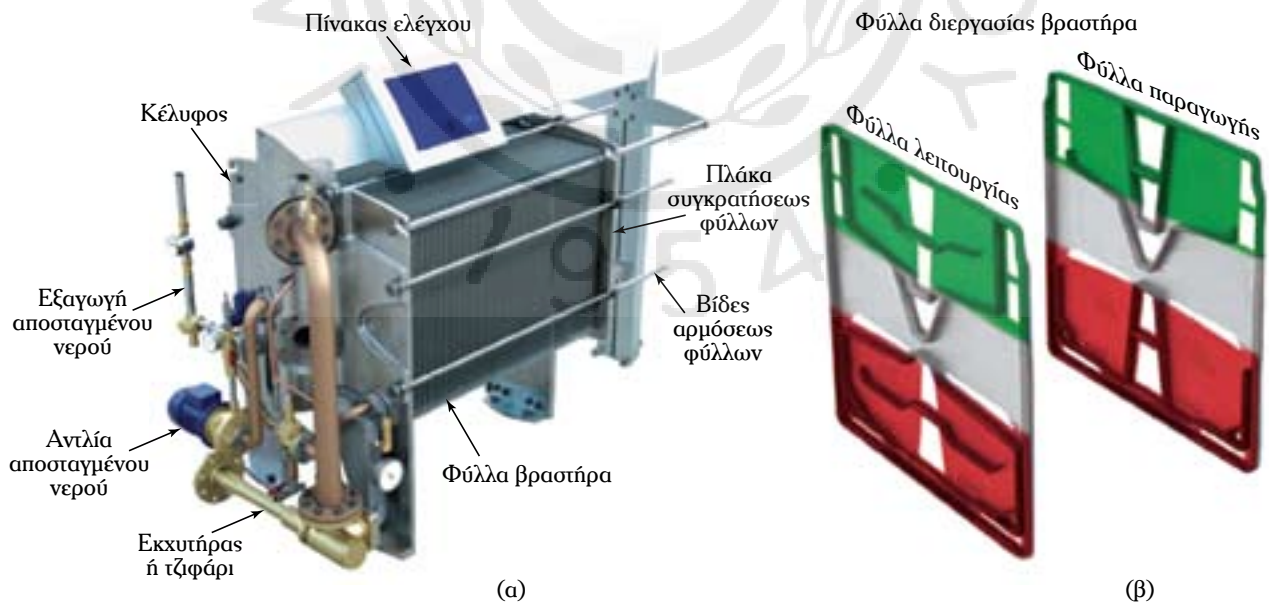
Σχ. 12.9θ

Παράσταση διαγράμματος ροής του αποστακτήρα με φύλλα στο δίκτυο του πλοίου.



Σχ. 12.9ι

Διάταξη πολυσταδιακών αποστακτήρων (βραστήρων) με φύλλα.



Σχ. 12.9ια

Ο αποστακτήρας (βραστήρας) και τα φύλλα απ' τα οποία αποτελείται.

δίκτυο ψύξεως των χιτωνίων της κύριας μηχανής, ή ατμός από τον λέβητα (σχ. 12.9ιβ).

Το θαλασσινό νερό εξατμίζεται στους 40–60°C λόγω του κενού που δημιουργεί το τζιφάρι και φτάνει το 85–95% του απόλυτου κενού. Ο ατμός που δημιουργείται, ανεβαίνει στο στάδιο διαχωρισμού, όπου διαχωρίζεται από τα άλατα, τα οποία συλλέγονται ως άλμη στο κάτω μέρος του αποστακτήρα για να απομακρυνθούν από το τζιφάρι.

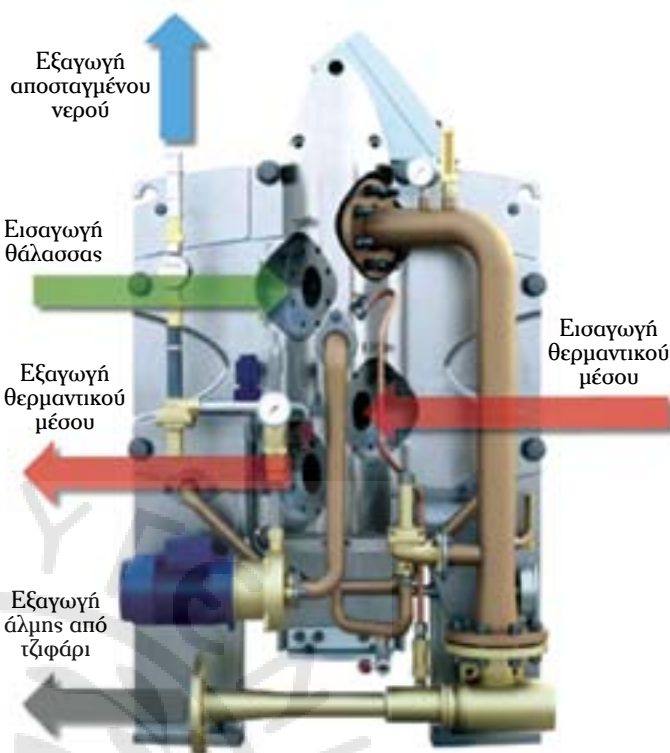
Ο καθαρός ατμός συμπυκνώνεται από τη θάλασσα στο επάνω μέρος του αποστακτήρα. Από εκεί, το αποσταγμένο νερό συγκεντρώνεται και οδηγείται μέσω της αντλίας αποσταγμένου νερού στις δεξαμενές αποθηκείσεως.

12.9.4 Πολυσταδιακοί αποστακτήρες ακαριαίας εξατμίσεως [multi stage flash (MSF) evaporators].

Στους πολυσταδιακούς αποστακτήρες που χρησιμοποιούνται για τις μεγάλες ανάγκες παραγωγής γλυκού νερού στα κρουαζιερόπλοια ανήκει και ο τύπος ακαριαίας πολυσταδιακής αποστάξεως, που η παραγωγική του ικανότητα είναι από 50 έως 1000 τόνους νερού ημερησίως.

Συνοπτικά, αναφέρεται η διαδικασία αποστάξεως αυτού του τύπου βραστήρων. Το θαλασσινό νερό διερχόμενο με θετική πίεση από την αντλία θαλάσσης μέσω των αυλών των συμπυκνωτών, από το τελευταίο προς το πρώτο στάδιο σύμφωνα με τη σειρά θερμάνσεως-συμπυκνώσεως των διαφόρων σταδίων, συμπυκνώνει τους παραγόμενους ατμούς σε κάθε στάδιο, ενώ ταυτόχρονα προθερμαίνεται.

Την τελική θέρμανση την λαμβάνει στον προθερμαντήρα θαλασσινού νερού τροφοδοσίας, από το νερό των χιτωνίων της μηχανής ή τον ατμό του λέβητα ή από συνδυασμό και των δύο (σχ. 12.9ιγ). Στη φάση αυτή το τροφοδοτικό θαλασσινό νερό, με μέγιστη θερμοκρασία περίπου 80°C και πίεση πάνω από την ατμοσφαιρική, 740 mmHg, βρίσκεται κάτω από την πίεση που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί βρασμός. Με την εισαγωγή του στο πρώτο στάδιο, όπου οι συνθήκες πίεσεως είναι κάτω από την πίεση βρασμού λόγω του κενού που επικρατεί, το τροφοδοτικό νερό εξατμίζεται ακαριαία (παράγρ. 12.6), ώστε να επιστρέψει σε μια κατάσταση ισορροπίας. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται από στάδιο σε στάδιο με την πίεση και την θερμοκρασία να ελαττώνονται διαδοχικά. Η άλμη που συγκεντρώνεται, αποβάλλεται από το τελευταίο στάδιο, ενώ το



Σχ. 12.9ιβ

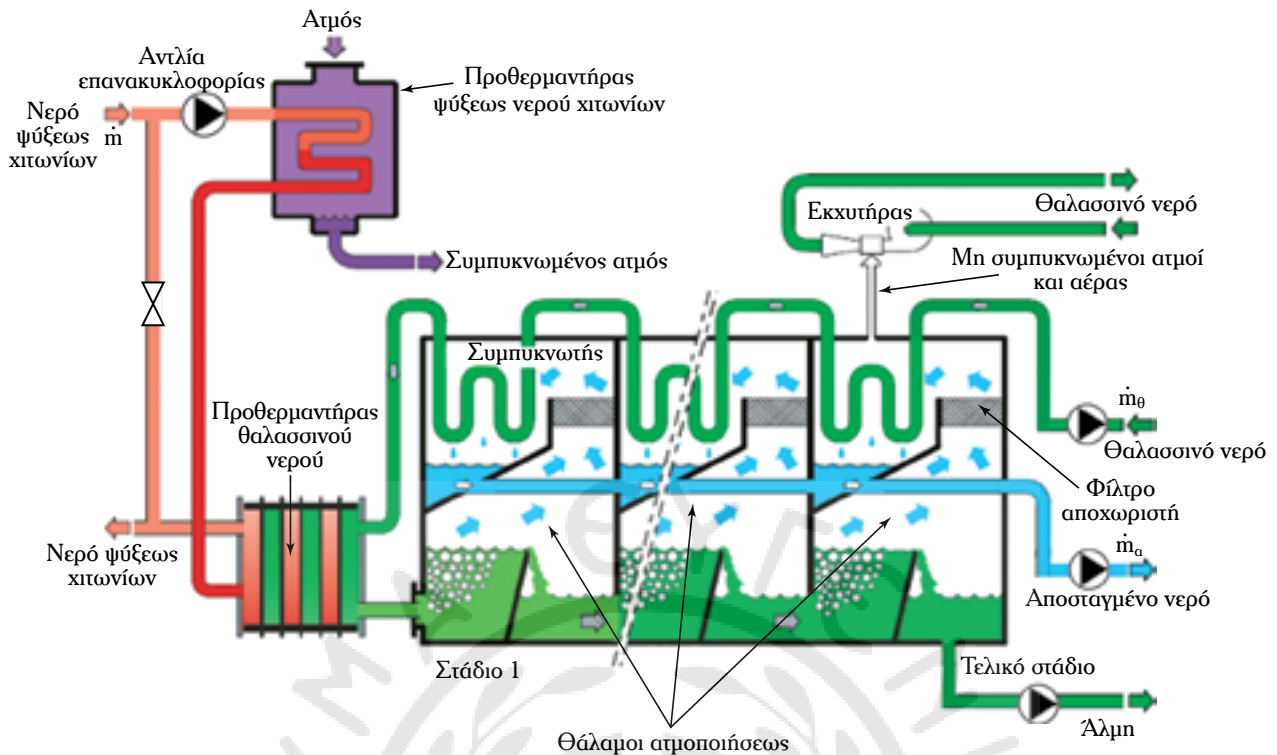
Λειτουργία βραστήρα.

αποσταγμένο νερό που συλλέγεται σε όλα τα στάδια, αναρροφάται από την αντλία αποσταγμένου νερού. Ο εκκυτήρας δημιουργεί το απαραίτητο κενό απομακρύνοντας ταυτόχρονα τα μη συμπυκνωμένα αέρια από τους θαλάμους.

12.10 Ποιότητα και επεξεργασία αποσταγμένου νερού.

Η ρύπανση στα παράκτια ύδατα οφείλεται στην απόρριψη λυμάτων, στην απόρριψη χημικών αποβλήτων από τη βιομηχανία, στην αποστράγγιση των λιπασμάτων και σε μεμονωμένες περιπτώσεις οφείλεται στις προσαράξεις, συγκρούσεις ή διαρροές φορτίου. **Για τον λόγο αυτόν προβλέπεται οι αποστακτήρες να μην χρησιμοποιούνται σε απόσταση μικρότερη των 20 μιλίων απ' τις ακτές ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ρυπάνσεως.** Παρά τις προφυλάξεις που λαμβάνονται, κοντά στις ακτές είναι δυνατόν επιβλαβείς μικροοργανισμοί να περάσουν στο δίκτυο, στο εσωτερικό της δεξαμενής ή να προσβληθεί το νερό που υπάρχει στη δεξαμενή από βακτήρια από κάποια προϋπάρχουσα μόλυνση και να καταστεί αναγκαία η αποστείρωσή του, πριν αυτό αποθηκευθεί στις δεξαμενές νερού του πλοίου.

Η θερμοκρασία λειτουργίας στους αποστακτήρες



Σχ. 12.9ιγ

Παράσταση της διεργασίας ακαριαίας εξατμίσεως.

χαμηλής πίεσης εξαρτάται από το μέσο θερμάνσεως που χρησιμοποιείται. Αυτό μπορεί να είναι είτε ατμός χαμηλής πίεσης με τη θερμοκρασία να ανέρχεται έως 80°C , είτε ζεστό νερό από το δίκτυο ψύξεως των χιτωνίων της κύριας μηχανής, του οποίου η θερμοκρασία κυμαίνεται από 65 έως 74°C περίπου. Αυτή η θερμοκρασία λειτουργίας είναι χαμηλή και δεν είναι ικανή να αποστειρώσει το αποσταγμένο νερό που παράγεται, δεδομένου ότι για να εξουδετερωθούν τα μικρόβια και οι επιβλαβείς μικροοργανισμοί απαιτείται θερμοκρασία άνω των 100°C .

Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάζεται από την παραγωγή αποσταγμένου νερού είναι το γεγονός ότι δεν περιέχει κανένα από τα απαραίτητα διαλυμένα στερεά που πρέπει να έχει το γλυκό νερό, με αποτέλεσμα να είναι άγευστο. Τείνει επίσης να είναι ελαφρώς όξινο λόγω της απορροφήσεως του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Έτσι, το νερό που παράγεται, προκαλεί διαβρώσεις στο σύστημα σωληνώσεων και δεν περιέχει τα απαιτούμενα συστατικά που το καθιστούν ευεργετικό για το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα.

Το γεγονός ότι δεν πραγματοποιείται αποστείρωση του αποσταγμένου νερού και η ανάγκη για καλή ποιότητα νερού στα πλοία, ώστε να συμμορφώνονται με τα διεθνή πρότυπα για πόσιμο νερό, κάνει ανα-

γκαία την επεξεργασία του αποσταγμένου νερού που παράγεται από τους αποστακτήρες. Η **αποστείρωση με χλωρίωση** και η **πλεκτροκατάλυση** είναι οι μέθοδοι που προτείνονται από τις Οδηγίες Εμπορικής Ναυτιλίας M1214 και M1401 (Merchant Shipping Notices M1214, M1401) αντίστοιχα και η αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία και με ηλεκτρικό μετρητή αλατότητας:

α) **Αποστείρωση με χλωρίωση** (chlorine sterilization). Το αποσταγμένο νερό αρχικά διέρχεται από τη μονάδα εξουδετερώσεως που περιέχει μαγνήσιο και ανθρακικό ασβέστιο. Η μερική απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα από το νερό και η εξουδετέρωση των ενώσεων που πραγματοποιείται, αφαιρεί την οξύτητα του νερού, ενώ με την προσθήκη αλάτων σκληρότητας δίνεται καλύτερη γεύση. Η χλωρίωση πραγματοποιείται στο αποσταγμένο νερό με την προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl υγρό) ή με τη διάλυση στο νερό σκόνης χλωριούχου ασβεστίου (CaCl_2). Με την προσθήκη αυτή αναμένεται η περιεκτικότητα του χλωρίου να φτάσει στα $0,2$ ppm. Έτσι, το νερό στις δεξαμενές θα παραμείνει αποστειρωμένο. Με την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος αποθηκεύσεως, το χλώριο εξατμίζεται και καθίσταται απαραίτητη επί πλέον προσθήκη χλω-

ρίου. Το νερό των δεξαμενών, πριν οδηγηθεί στην κατανάλωση, διέρχεται από φίλτρα άνθρακα και μονάδα αποχλωρίωσης που περιέχει ανθρακικό ασβέστιο, ώστε να αφαιρεθεί η γεύση χλωρίου.

β) Η **ηλεκτροκαταλυτική μέθοδος** (electrocatalytic method). Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ανόδια αργύρου διακέοντα ιόντα αργύρου (Ag^+) στο νερό που διέρχεται από τα ηλεκτρόδια (σχ. 12.10α). Ο άργυρος είναι τοξικός για τους επιβλαβείς μικροοργανισμούς, και σε αντίθεση με το χλώριο δεν εξατμίζεται, αλλά παραμένει διαλυμένος στο νερό.

Η μονάδα αυτή τοποθετείται κοντά στον αποστακτήρα και πριν τη δεξαμενή αποθηκείωσης. Η ποσότητα των ιόντων αργύρου που απελευθερώνεται στο διερχόμενο από τα ηλεκτρόδια νερό ελέγχεται από τη ρύθμιση στην τάση του ρεύματος που παρέχεται στα ηλεκτρόδια. Για μικρές ποσότητες νερού, η τάση του ρεύματος είναι μικρή και όλη η ποσότητα του νερού περνάει από τη συσκευή. Όταν η ποσότητα του αποσταγμένου νερού είναι μεγάλη, με παράκαμψη της συσκευής, μόνο ορισμένη ποσότητα νερού περνάει μέσα από τα ηλεκτρόδια, όπου παρέχεται υψηλή τάση και στη συνέχεια ενώνεται με την υπόλοιπη ποσότητα του νερού. Η περιεκτικότητα αργύρου στο νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,08 ppm.

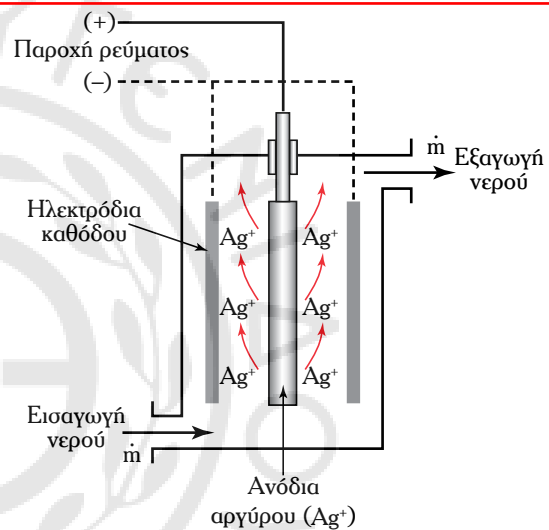
γ) **Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία** (ultra-violet sterilization). Με τη μέθοδο αυτή, το αποσταγμένο νερό διέρχεται από τον θάλαμο υπεριώδους ακτινοβολίας (σχ. 12.10β). Το κέλυφος του θαλάμου είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα, ο οποίος περιέχει χαμηλής πίεσης σωλήνες ατμών υδραργύρου, τοποθετημένους σ' ένα χιτώνιο καλαζα. Οι σωλήνες είναι συνδεδεμένοι με έναν μετασχηματιστή για ασφάλεια. Η υπεριώδης ακτινοβολία που παράγεται από τους σωλήνες ατμών υδραργύρου είναι αυτή που σκοτώνει όλα τα βακτηρίδια, τους ιούς και κάθε βλαβερό μικροοργανισμό.

δ) **Ηλεκτρικός μετρητής αλατιότητας** (electric salinometer). Το παραγόμενο νερό απ' τον αποστακτήρα, πριν οδηγηθεί στις δεξαμενές αποθηκείωσης από την αντλία συμπυκνώματος, πρέπει να είναι κατάλληλης ποιότητας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της κατανάλωσης για τις οποίες προορίζεται. Ο έλεγχος στην ποιότητα του παραγόμενου νερού πραγματοποιείται από την εκκίνηση του αποστακτήρα και σε όλη τη διάρκεια της παραγωγής με τον **μετρητή αλατιότητας** (salinometer).

Αν η συσκευή ανιχνεύσει υπέρβαση του ορίου αλατιότητας, που έχει οριστεί από τον χειριστή και

τις αντίστοιχες προδιαγραφές του αποστακτήρα, το νερό απορρίπτεται εκτός του δικτύου που οδηγεί στις δεξαμενές. Αυτό πραγματοποιείται μέσω κατάλληλα τοποθετημένων ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων, ενώ ταυτόχρονα ενεργοποιείται **σήμα συναγερμού** (alarm). Το ακατάλληλο νερό, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε άλατα, απορρίπτεται εκτός πλίου ή επανακυκλοφορεί επιστρέφοντας στον βραστήρα για περαιτέρω επεξεργασία, μέχρι να μειωθεί η περιεκτικότητα σε άλατα.

Το αποσταγμένο νερό είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού, όμως η προσθήκη προσμείξεων όπως είναι τα άλατα στο διάλυμα αυξάνουν την αγωγιμότητά του, η οποία μπορεί να μετρηθεί. Δεδομένου



Σχ. 12.10α

Ηλεκτρολύτης αποστείρωσης.



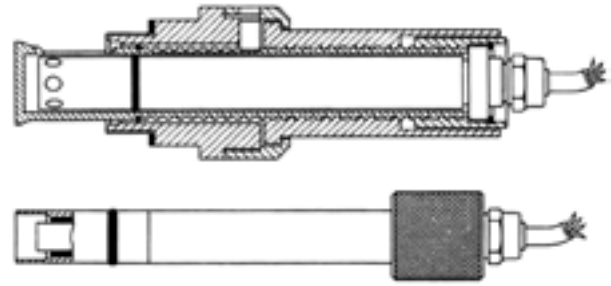
Σχ. 12.10β

Σύστημα αποστείρωσης με υπεριώδη ακτινοβολία.

ότι η αγωγιμότητα του νερού σχετίζεται με την περιεκτικότητα σε προσμείξεις αλάτων που υπάρχουν σε μικρή συγκέντρωση, ένας μετρητής αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παρακολούθηση της συγκεντρώσεως αυτής, επομένως και της αλατότητας του αποσταγμένου νερού. Σ' αυτήν τη μέτρηση της αγωγιμότητας βασίζεται η λειτουργία του **ηλεκτρικού αλατόμετρου** (electric salinometer) (σχ. 12.10γ), το οποίο είναι βαθμονομημένο να μετράει σε μονάδες αγωγιμότητας (microhms) ή σε μονάδες αλατότητας, μέρη αλάτων ανά εκατομμύριο, μικρογραμμάρια ανά λίτρο (ppm ή mg).

Το αλατόμετρο αποτελείται από τον αισθητήρα, που τοποθετείται στον σωλήνα εξαγωγής του συμπυκνώματος από τον αποστακτήρα, και είναι κατασκευασμένος από ομόκεντρα κυλινδρικά ηλεκτρόδια ανοξείδωτου χάλυβα. Ο αισθητήρας λειτουργεί σε πίεση έως 10,5 bar και σε νερό θερμοκρασίας από 15 έως 110°C, με δυνατότητα να αφαιρούνται τα ηλεκτρόδια, ώστε να ελέγχονται και να καθαρίζονται όταν ο αποστακτήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

Στον αισθητήρα, το ρεύμα που παρέχεται ελέγ-

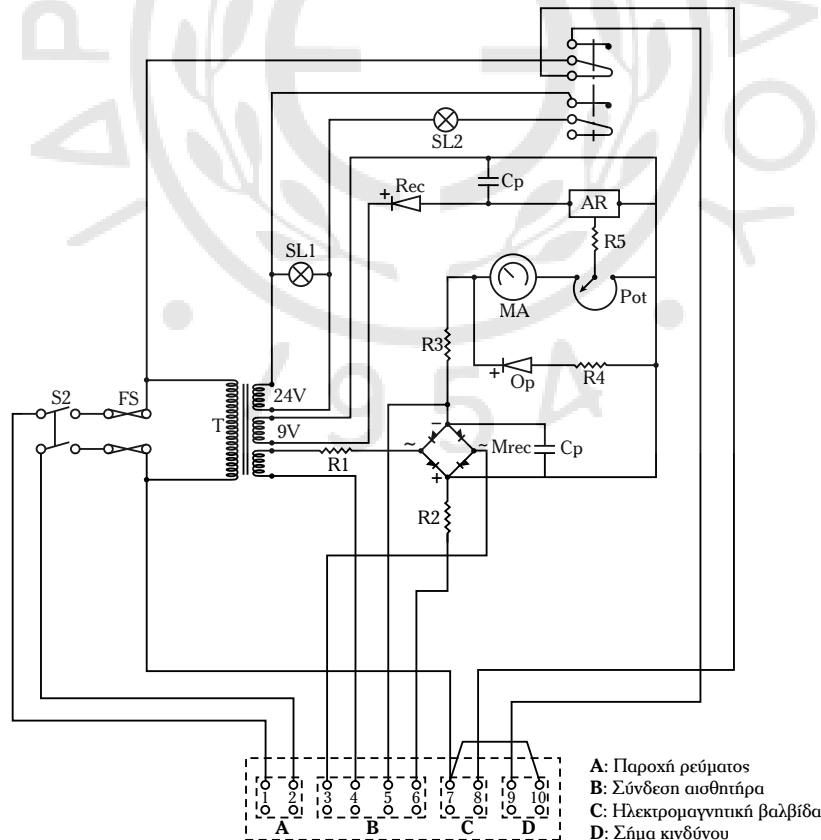


Σχ. 12.10γ

Αισθητήρας μερήσεως αλατότητας.

χεται με κατάλληλη διάταξη από αντιστάσεις, μετασχηματιστή ρεύματος, γέφυρα ανορθώσεως και ροοστάτη που μετράει το ρεύμα που παρέχεται στα ηλεκτρόδια (σχ. 12.10δ). Η μέτρηση της ενδείξεως του ρεύματος που παρέχεται, ενεργοποιεί τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, αποβάλλοντας το ακατάλληλο νερό εκτός δικτύου.

Το αλατόμετρο επαναφέρει αυτόματα τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, όταν η μέτρηση της αλατότητας του παραγόμενου νερού επανέλθει στα επιθυμητά επίπεδα.



Σχ. 12.10δ

Παράσταση κυκλώματος ηλεκτρικού αλατόμετρου.

12.11 Συντήρηση και επισκευές αποστακτήρων-βραστήρων.

Για την ικανοποιητική λειτουργία του αποστακτήρα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, οι σταθερές συνθήκες λειτουργίας έχουν ιδιαίτερη σημασία. Οι απότομες μεταβολές στην πίεση, στη θερμοκρασία ή στη στάθμη του τροφοδοτικού νερού στον εξατμιστή, διαταράσσουν την ισορροπία του συστήματος, με αποτέλεσμα την αύξηση της αλατότητας του αποσταγμένου νερού. Το κενό κατά τη λειτουργία του αποστακτήρα θα πρέπει να διατηρείται στην κανονική τιμή, διότι αν ελαττωθεί, παρατηρείται τάση δημιουργίας καθαλατώσεων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση του αποστακτήρα.

Στην εποχή μας οι αποστακτήρες είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε μετά την εκκίνησή τους να απαιτούν ελάχιστη επίβλεψη, αρκεί να τηρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις.

Η συχνή εκκίνηση και κράτηση του αποστακτήρα, λόγω της διαταράξεως στην ισορροπία πίεσεως και θερμοκρασίας, καθώς και η ποιότητα του τροφοδοτικού νερού, δημιουργούν καθαλατώσεις με την πάροδο του χρόνου στις επιφάνειες εξατμίσεως και στους εναλλακτήρες θερμότητας (σχ. 12.11). Ο περιοδικός έλεγχος και καθαρισμός στον εναλλακτήρα θερμότητας, στα ψυγεία συμπυκνώματος και στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τη θάλασσα προλαμβάνει μείωση στην απόδοση του αποστακτήρα. Οι μέθοδοι καθαρισμού του αποστακτήρα είναι οι ακόλουθες:

α) Ο **μηχανικός καθαρισμός** των βραστήρων με βούρτσες για τους αυλούς και τις πλάκες. Είναι χρονοβόρος, λόγω της δυσκολίας στην πρόσβαση των στοιχείων, καθώς και λόγω της ποιότητας των υλικών κατασκευής τους και απαιτείται προσοχή. Στις περιπτώσεις αυτές, για να γίνει ο καθαρισμός του αποστακτήρα απαιτείται αποσυναρμολόγηση ορισμένων τμημάτων.

β) Ο **χημικός καθαρισμός**, ο οποίος γίνεται με **σουλφαμινικό οξύ** (sulfamic acid) αναμεμιγμένο με διαβρεκτικά πρόσθετα και χρώμα, γνωστό ως SAF ACID.

Το διαβρεκτικό ενισχύει τη δράση του σουλφαμινικού οξέος στην απομάκρυνση των καθαλατώσεων από τις επιφάνειες που καθαρίζονται, ενώ το χρώμα αποτελεί μία απλή μέθοδο που καθορίζει το επίπεδο διαλύσεως της ποσότητας του οξέος για τον αποτελεσματικό καθαρισμό. Τα συνθετικά καθαριστικά περιέχουν και άλλες ουσίες, ώστε να εξουδετερώνε-

ται η επίδραση του οξέος στα μέταλλα. Για τη χρήση των περισσότερων συνθετικών παρασκευασμάτων, επειδή έχουν ως βάση το οξύ, επιβάλλεται να τηρούνται οι γενικοί κανόνες ασφάλειας και αυτοί που προτείνονται από τον κατασκευαστή.

Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτική λειτουργία του αποστακτήρα είναι οι παρακάτω:

α) Η καθαριότητα των επιφανειών του εξατμιστή, οι οποίες έρχονται σε επαφή με το θαλασσινό νερό. Λόγω της εξατμίσεως με την πάροδο του χρόνου, δημιουργούνται καθαλατώσεις, που πρέπει να απομακρύνονται με καθαρισμό, γιατί εμποδίζεται η μετάδοση της θερμότητας. Σ' αυτήν την περίπτωση, μετά την απενεργοποίηση του αποστακτήρα στο λιμάνι γίνεται καθαρισμός των επιφανειών ή είναι δυνατόν να γίνει έκτακτη στάση και καθαρισμός εν πλω.

β) Η αποδοτική λειτουργία του συμπυκνωτή, που είναι και αυτή αποτέλεσμα της καθαριότητας των επιφανειών, οι οποίες καθαρίζονται όταν είναι σταματημένος ο αποστακτήρας.

γ) Η διατήρηση του κενού σε κανονική τιμή, η οποία επηρεάζεται απ' τη στεγανότητα του απο-



Σχ. 12.11

Θάλαμος εξατμίσεως βραστήρα πριν και μετά από συντήρηση.

στακτήρα και γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να γίνεται σχολαστικός έλεγχος κατά τη συναρμολόγηση των τμημάτων μετά τον καθαρισμό.

δ) Η αποδοτική λειτουργία του εκχυτήρα, που επηρεάζει το κενό και την άντληση της άλμης από τον αποστακτήρα. Η πώση της αποδόσεώς του οφείλεται είτε στην άντληση αέρα από το περιβάλλον, λόγω της κακής στεγανοποιήσεως κατά τη συναρμολόγηση, είτε στη φθορά του εκχυτήρα (τζιφάρι), όπου επιβάλλεται να γίνει η αντικατάστασή του.

ε) Η στεγανή λειτουργία της αντλίας συμπυκνώματος, που επίσης επηρεάζει το κενό του αποστακτήρα. Στην αντλία συμπυκνώματος πρέπει να διαπιστωθεί η αιτία για την οποία αναρροφά αέρα από το περιβάλλον και στη συνέχεια να στεγανοποιηθεί ή, αν κρίνεται αναγκαίο, να επισκευαστεί.

στ) Υπερχείλιση ή χαμηλή στάθμη του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας στον εξατμιστή. Πρέπει να γίνεται έλεγχος των αιτιών που προκάλεσαν τη μεταβολή της στάθμης, που μπορεί να οφείλεται στην αντλία θαλάσσης εκχυτήρων ή στο δίκτυο, και ανάλογα να πραγματοποιούνται οι ενέργειες για την επαναφορά της στα επιθυμητά επίπεδα λειτουργίας.

12.12 Ώσμωση.

Η **ώσμωση** είναι μία φυσική διεργασία και ορίζεται ως το φαινόμενο της διέλευσης μορίων διαλύτη, που συνήθως ενδέχεται να είναι μόρια νερού, από το διάλυμα μικρότερης συγκεντρώσεως μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης προς το διάλυμα μεγαλύτερης συγκεντρώσεως.

Στη φύση εμφανίζεται στα φυτά όταν η υγρασία

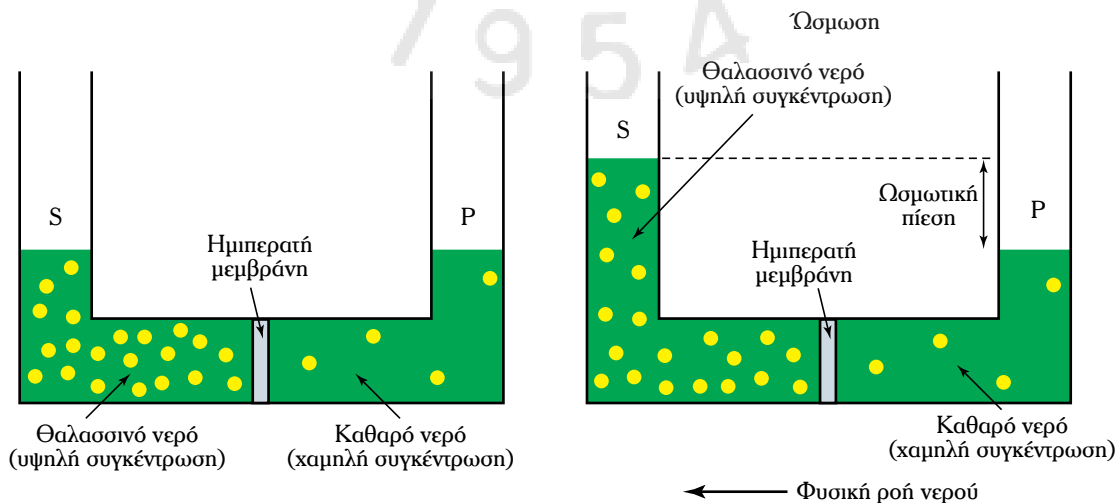
από το έδαφος περνάει μέσα από τη μεμβράνη που καλύπτει τις ρίζες, χωρίς να χάνονται τα θρεπτικά συστατικά για το φυτό. Η μεμβράνη αυτή λειτουργεί ως εμπόδιο, επιτρέποντας τη διέλευση του νερού προς μία διεύθυνση, συγκρατώντας τις θρεπτικές ουσίες που υπάρχουν διαλυμένες στο εσωτερικό της ρίζας.

Η ώσμωση αποδεικνύεται εργαστηριακά με τη χρήση δύο θαλάμων που συνδέονται σε διάταξη με μορφή U. Στον δεξιό θάλαμο υπάρχει γλυκό νερό P (pure water), ενώ στον αριστερό θάλαμο θαλασσινό νερό S (sea water). Το νερό των δύο θαλάμων χωρίζεται με ημιπερατή μεμβράνη M (membrane) και παρουσιάζεται στο σχήμα 12.12 που ακολουθεί.

Οι δύο θάλαμοι βρίσκονται σε ατμοσφαιρική πίεση, αλλά λόγω της διαφοράς στην πυκνότητα των υγρών που διαχωρίζονται από τη μεμβράνη, παρατηρείται το φαινόμενο της διαχύσεως μορίων νερού από τον θάλαμο P, στον οποίο υπάρχει το γλυκό νερό με χαμηλότερη πυκνότητα, προς τον θάλαμο S, με το θαλασσινό νερό που έχει μεγαλύτερη πυκνότητα.

Η διαφορά στην πυκνότητα οφείλεται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση στο θαλασσινό νερό ιόντων Na^+ , Ca_2^+ , Cl και μεγαλύτερων μορίων όπως γλυκόζης, ουρίας, βακτηρίδιων κ.ά.. Επίσης, η ημιπερατή μεμβράνη είναι ένα είδος φίλτρου που επιτρέπει τη διέλευση των μορίων του νερού, ενώ δεν επιτρέπει να διέρχονται τα μεγαλύτερα μόρια, που είναι διαλυμένα στο θαλασσινό νερό.

Τα μόρια καθαρού νερού, διερχόμενα μέσα από τη μεμβράνη, ελαττώνουν την πίεση, αυξάνοντας τη συγκέντρωση αλάτων του καθαρού νερού, ενώ ταυτόχρονα διαχέονται στη μάζα του θαλασσινού νερού αραιώνοντας τη συγκέντρωση των αλάτων και αυξά-



Σχ. 12.12

Εργαστηριακή απόδειξη ωσμωτικής διεργασίας.

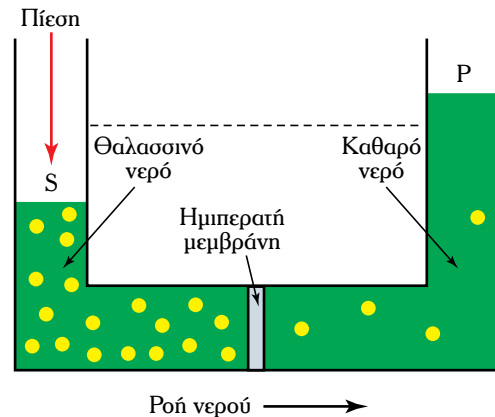
νοντας την πίεση στον θάλαμο S. Η αύξηση στην πίεση εμφανίζεται ως υδροστατική διαφορά της στάθμης του καθαρού νερού και του θαλασσινού νερού, που έχει ως συνέπεια τη βαθμιαία ελάττωση της ροής του νερού που διέρχεται στον θάλαμο S. Αποτέλεσμα είναι η πίεση σε κάποιο σημείο να αντισταθμίζει τη ροή, αποκαθιστώντας μια κινητική ισορροπία και επιτρέποντας παράλληλα στα μόρια του νερού να ρέουν και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η υδροστατική διαφορά της πίεσης στο σημείο ισορροπίας ονομάζεται **ωσμωτική πίεση**.

Η ωσμωτική πίεση παραμένει σταθερή στο σημείο ισορροπίας, εφόσον δεν επεμβαίνουν εξωτερικοί παράγοντες που μπορεί να επιβραδύνουν, να σταματήσουν ή ακόμα και να αντιστρέψουν την ώσμωση. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι η πίεση που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του νερού στην πλευρά της μεμβράνης με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση, δηλαδή στην πλευρά του θαλασσινού νερού.

12.13 Αντίστροφη ώσμωση.

Όταν η πίεση που ασκείται στην επιφάνεια του υγρού με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη της ωσμωτικής, έχει ως αποτέλεσμα το νερό να διαχέεται αντίθετα με τη ροή που έχει με την ώσμωση μέσω της ημιπερατής μεμβράνης από την υψηλότερη προς τη χαμηλότερη συγκέντρωση.

Όταν το φαινόμενο της ωσμώσεως αντιστραφεί, η διεργασία ονομάζεται **αντίστροφη ώσμωση** (σχ. 12.13α). Τα μόρια του νερού θα διαχέονται από το θαλασσινό νερό προς το καθαρό, αυξάνοντας περισσότερο τη συγκέντρωση του θαλασσινού νερού. Έτσι, η ταχύτητα του νερού είναι ανάλογη με τη δύναμη της αντιστροφής και είναι ίση με τη διαφορά της εφαρμοζόμενης πίεσης και της ωσμωτικής.



Σχ. 12.13α

Απεικόνιση της αντίστροφης ωσμώσεως.

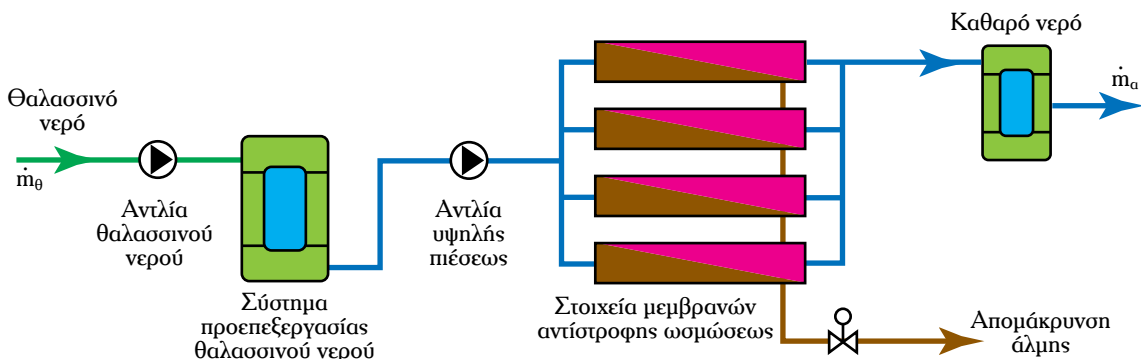
12.13.1 Η διεργασία της αντίστροφης ωσμώσεως.

Αν και η αντίστροφη ώσμωση φαίνεται σαν ένα πολύπλοκο σύστημα, είναι πραγματικά μια απλή και εύκολη διαδικασία φιλτραρίσματος και παραγωγής νερού, η οποία προϋποθέτει την υποχρεωτική διέλευση του νερού από μία ημιπερατή μεμβράνη προς την αντίθετη κατεύθυνση της φυσικής ροής ωσμώσεως.

Τα βασικά μέρη που αποτελούν ένα σύστημα αντίστροφης ωσμώσεως (σχ. 12.13β) είναι:

- Η αντλία θαλάσσης τροφοδοτικού νερού.
- Το φίλτρο προεπεξεργασίας.
- Η αντλία υψηλής πίεσης τροφοδοτικού νερού.
- Η μονάδα μεμβρανών αντίστροφης ωσμώσεως.
- Η επεξεργασία του καθαρού νερού.

Με την αντλία τροφοδοτείται η εγκατάσταση με θαλασσινό νερό, που αρχικά διέρχεται από το σύστημα προεπεξεργασίας. Ο βασικός σκοπός της προεπεξεργασίας του τροφοδοτικού νερού είναι η



Σχ. 12.13β

Διάταξη συστήματος αντίστροφης ωσμώσεως για παραγωγή αποσταμένου νερού.

μεγιστοποίηση της αποδόσεως της εγκαταστάσεως και η αξιόπιστη λειτουργία των μεμβρανών, μειώνοντας τις επικαθίσεις των αλάτων και τη μόλυνση των μεμβρανών. Με αυτόν τον τρόπο επιμηκύνεται η διάρκεια ζωής του συστήματος και ο χρόνος αντικαταστάσεως των μεμβρανών.

Στην προεπεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιούνται χημικά ή μηχανικά μέσα (φίλτρα κ.ά.), κάτι που εξαρτάται είτε από τον κατασκευαστή και τη μέθοδο που ακολουθεί, είτε από τη διαμόρφωση των μεμβρανών, την κατασκευή τους και τις προδιαγραφές της ποιότητας του νερού που θα παραχθεί. Με την προεπεξεργασία του νερού προλαμβάνεται η αύξηση στο κόστος λειτουργίας και στο κόστος συντηρήσεως της εγκαταστάσεως. Η διεργασία σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τη χλωρίωση του θαλασσινού νερού για την πρόληψη δημιουργίας επιστρωμάτων οργανικής μόλυνσεως και επιτυγχάνεται με χημικό εξαμεταφωσφωρικό νάτριο, το οποίο προστίθεται στο νερό εξουδετερώνοντας τα βακτηρίδια στις επιφάνειες των στοιχείων. Σε άλλες μονάδες γίνεται χρήση υποχλωριώδους νατρίου ή λιγότερο συχνά υποχλωριώδους ασβεστίου.

Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει θρόμβωση-κροκίδωση. Πρόκειται για την μέθοδο με την οποία γίνεται χρήση καταλλήλων ουσιών, προκειμένου να προκληθεί η συσσωμάτωση και ο διαχωρισμός των αιωρούμενων στερεών από το νερό, το οποίο κατόπιν διέρχεται από φίλτρα άμμου και πολυστρωματικά φίλτρα. Αυτά περιλαμβάνουν στρώσεις από αδρανή υλικά και φίλτρα κυλινδρικά, ανθεκτικά στη διάβρωση, από ανοξείδωτο υλικό ή κατάλληλο πολυμερές ή χάλυβα επενδυμένο με κατάλληλη επίστρωση. Εκεί, συγκεντρώνονται αιωρούμενα στερεά με μέγεθος μεγαλύτερο από 1–5 μm.

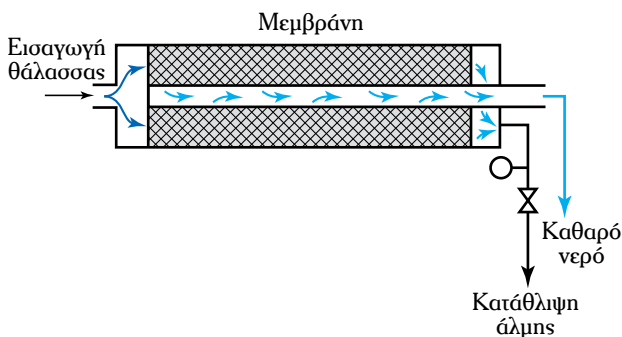
Το χλώριο που χρησιμοποιείται για την αποστείρωση του θαλασσινού νερού, εάν φτάσει στις μεμ-

βράνες, θα τις καταστρέψει. Γι' αυτόν τον λόγο πραγματοποιείται στο νερό αποχλωρίωση με τη χρήση φίλτρων ενεργού άνθρακα ή με την προσθήκη μέσω δοσομετρικής αντλίας αναγωγικών μέσων, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να παραμείνει χλώριο στο διάλυμα.

Μετά το στάδιο της προεπεξεργασίας, το νερό διέρχεται από την αντλία υψηλής πίεσεως, η οποία τροφοδοτεί τις μεμβράνες, με πίεση νερού που φτάνει τα 60 bar. Πρόκειται για εμβολοφόρο ή πολυσταδιακή αντλία από ανοξείδωτο χάλυβα, κεραμικό ή άλλο υλικό, ανθεκτικό στη διάβρωση.

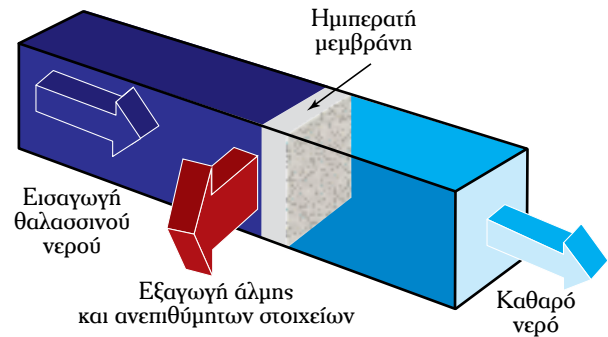
Το θαλασσινό νερό τροφοδοσίας που εξέρχεται από την αντλία υψηλής πίεσεως διοχετεύεται στο στοιχείο της αντίστροφης ωσμώσεως, που αποτελείται από ειδικό δοχείο πίεσεως, μέσα στο οποίο βρίσκεται η μεμβράνη. Τα δοχεία είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι ή άλλο ανθεκτικό στη διάβρωση υλικό, εφόσον το διάλυμα τροφοδοσίας είναι θαλασσινό νερό. Επίσης, τα δοχεία πρέπει να αντέχουν στις υψηλές πιέσεις που δημιουργούνται από την αντλία. Τα άκρα τους έχουν ειδικές πλάκες με κατάλληλα εξαρτήματα, ώστε να είναι δυνατή η συναρμολόγησή τους χωρίς να υπάρχουν διαρροές θάλασσας ή διαρροή του παραγόμενου νερού στο περιβάλλον. Οι πλάκες αυτές είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίσουν τη στεγανότητα μεταξύ της θάλασσας και του παραγόμενου νερού.

Μέσα στα δοχεία βρίσκεται η μεμβράνη της αντίστροφης ωσμώσεως, η οποία αποτελεί την «καρδιά» του συστήματος παραγωγής του νερού (σχ. 12.13γ). Έτσι, η θάλασσα, πέφτοντας επάνω στη μία πλευρά της μεμβράνης, με την πίεση που φέρει από την αντλία υψηλής πίεσεως, επιτρέπει μόνο στα μόρια του γλυκού νερού να περάσουν απ' τους πόρους της (σχ. 12.13δ). Τα ιόντα αλάτων, βακτηρίδια, ιοί και άλλα



Σχ. 12.13γ

Ροή στη μεμβράνη αντίστροφης ωσμώσεως.



Σχ. 12.13δ

Διεργασία αντίστροφης ωσμώσεως.

σωματίδια όπως νιτρικά, φθοριούχα, βάριο, άργυρος, αρσενικό, μόλυβδος, χρώμιο, κάδμιο, σελήνιο, υδράργυρος και άλλα που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό, συγκεντρώνονται και αποβάλλονται.

Μία εικόνα για το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης συγκρινόμενο με τα επιβλαβή στοιχεία που περιέχονται στο θαλασσινό νερό και απορρίπτονται παρουσιάζεται στο σχήμα 12.13ε. Σ' αυτό, οι πόροι της μεμβράνης έχουν μέγεθος 0,001–0,0001 micron, ενώ το μέγεθος ενός ιού είναι 0,02–0,4 micron και ένα βακτήριο είναι 0,4–1 micron.

Το σημαντικό με την αντίστροφη ώσμωση είναι ότι τα ανεπιθύμητα στοιχεία αποβάλλονται με τη χρήση μέρους του νερού παροχής. Αυτό ξεπλένει τη μεμβράνη σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας κρατώντας την καθαρή, δίχως να δημιουργούνται επικαθίσεις στις επιφάνειες, όπως συμβαίνει με τα κοινά συστήματα φίλτρων. Έτσι, οι μεμβράνες μένουν καθαρές από επικαθίσεις, ενώ με μια μικρή συντήρηση μπορούν να λειτουργήσουν και να διαρκέσουν πολύ περισσότερο σαν καινούργιες.

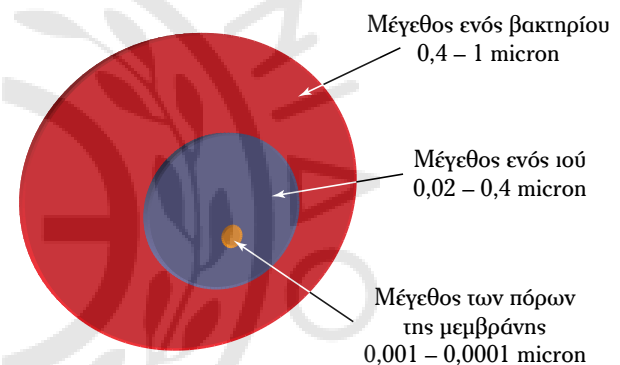
Για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας νερού απαιτείται και μεγάλη επιφάνεια μεμβράνης, με τέτοιον τρόπο δομημένη, ώστε να είναι ανθεκτική στη μεγάλη πίεση που ασκείται από την αντλία υψηλής πίεσης. Το υλικό που χρησιμοποιείται στην παραγωγή των συνθετικών μεμβρανών διαχωρισμού του θαλασσινού νερού είναι πολυαμίδιο ή πολυσουλφονικό, σε μορφή πολύ λεπτών φύλλων. Τα φύλλα αυτά βέβαια θα ήταν εύθραυστα στην υψηλή πίεση που ασκείται από την αντλία, αν δεν υπήρχε κάποιου είδους ενίσχυση. Η λύση στη δυσκολία να συνδυασθούν οι απαιτήσεις μεγάλης επιφάνειας από εύθραυστα φύλλα, στα οποία ασκείται μεγάλη πίεση, αντιμετωπίζεται με τη δημιουργία κυλίνδρων από τη μεμβράνη, τυλιγμένη σε ελικοειδή μορφή (σχ. 12.13στ).

12.13.2 Δοχείο και μεμβράνη αντίστροφης ωσμώσεως.

Ο πυρήνας του κυλίνδρου της μεμβράνης είναι ένας σωλήνας με πόρους (τρύπες), επάνω στον οποίο είναι τυλιγμένα τα στάδια της μεμβράνης. Κάθε στάδιο αποτελείται από φύλλο χοντλής γάζας, που διατηρεί την απόσταση μεταξύ των μεμβρανών κάθε σπείρας. Έτσι, δημιουργείται η διαδρομή του

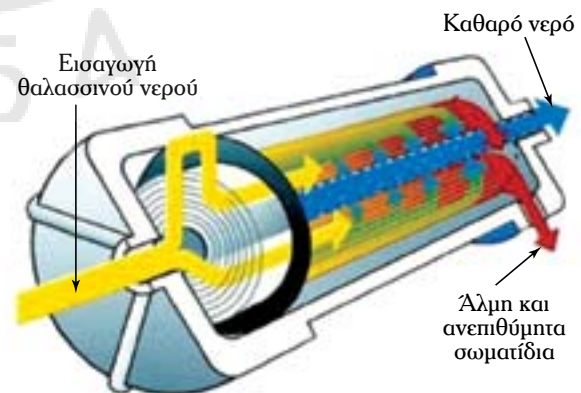
τροφοδοτικού νερού προς το φύλλο απ' το οποίο διέρχεται το καθαρό νερό, μέχρι να φτάσει στον κεντρικό σωλήνα του κυλίνδρου, απ' όπου εξάγεται καθαρό νερό (σχ. 12.13ζ).

Ο τρόπος του σχεδιασμού των κυλίνδρων είναι τέτοιος, ώστε το θαλασσινό νερό περνώντας μέσα από τα τυλίγματα κάθε σταδίου που δημιουργείται από τη μεμβράνη, να απομακρύνει τις κατακαθίσεις που συσσωρεύονται σταδιακά στην επιφάνεια της μεμβράνης. Το τροφοδοτικό νερό παρασύροντας την άλμη και τα ανεπιθύμητα στοιχεία που είναι διαλυμένα στη θάλασσα, διατηρεί τις επιφάνειες της μεμβράνης καθαρές. Για την πρόληψη και την αποφυγή κατακαθίσεων αλάτων χρησιμοποιούνται οξέα (υδροχλωρικό οξύ ή θειικό οξύ) μειώνοντας το pH^1 του διαλύματος ή μικρές ποσότητες χημικού εξαμεταφοσφορικού νατρίου, που αποτρέπουν τις κατακαθίσεις. Οι ουσίες αυτές απορροφώνται επιφανειακά



Σχ. 12.13ε

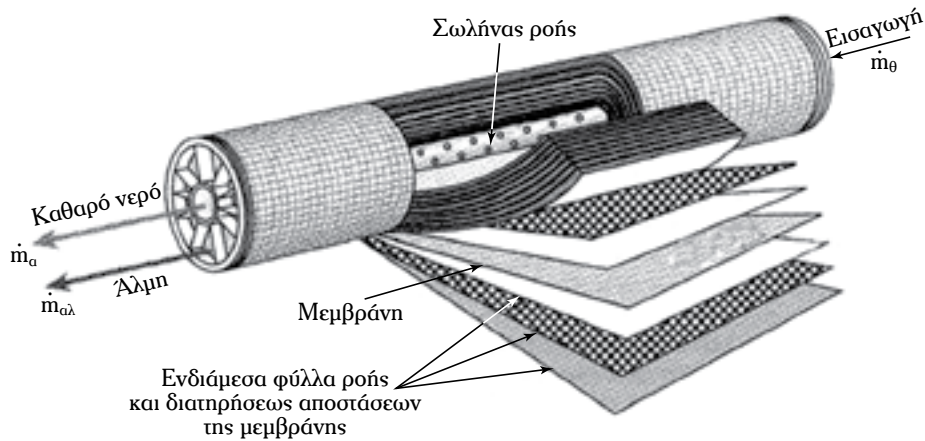
Σύγκριση των πόρων της μεμβράνης με τα άλλα στοιχεία.



Σχ. 12.13στ

Λειτουργία μεμβράνης.

¹ pH είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκεντρώσεως των ιόντων υδροξωνίου (H_3O^+) σε ένα υδατικό διάλυμα. Δίδεται ως $pH = -\log[H^+]$ και αποτελεί μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μίας χημικής ουσίας.



Σχ. 12.13ζ

Τομή μεμβράνης αντίστροφης ωσμώσεως.

στο αρχικό στάδιο, όπου σχηματίζονται τα άλατα, αποτρέποντας την ανάπτυξη κρυστάλλων και συνεπώς απομακρύνονται ευκολότερα οι κατακαθίσεις από τις επιφάνειες.

Το νερό που παράγεται με αντίστροφη ωσμωση παρουσιάζει πολύ μικρή σκληρότητα, σχετικά χαμηλό pH με διαβρωτικές ιδιότητες στις σωληνώσεις, που αποτελούνται από απλό γαλβανισμένο ή ακόμα και ανοξείδωτο χάλυβα. Έτσι, πριν αποθηκευθεί, είναι απαραίτητο να προστεθούν συγκεκριμένα χημικά παρασκευάσματα, που θα το καταστήσουν κατάλληλο για κατανάλωση. Οι ενέργειες για τη βελτίωση του νερού είναι οι εξής:

α) Η αύξηση της σκληρότητας μπορεί να γίνει με την προσθήκη CaCl_2 και MgCl_2 μέσω δοσομετρικής αντλίας ή με τη διέλευση του νερού μέσα από στήλες που περιέχουν ορυκτό Calcite, το οποίο περιλαμβάνει άλατα μαγνησίου και ασβεστίου.

β) Το pH αυξάνεται με την προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου ή όξινου ανθρακικού νατρίου, ανάλογα με το pH του παραγόμενου νερού, προκειμένου να φτάσει την επιθυμητή τιμή.

γ) Για τη μείωση των διαβρωτικών ιδιοτήτων του αφαλατωμένου νερού προστίθεται αντιδιαβρωτικό, όπως διάφορες πολυφωσφορικές ενώσεις. Επίσης, απαραίτητη είναι η χλωρίωση του νερού, που γίνεται με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου.

12.13.3 Τα κύρια χαρακτηριστικά της αντίστροφης ωσμώσεως.

Τα χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων αντίστροφης ωσμώσεως είναι τα εξής:

α) Όλα τα συστήματα αντίστροφης ωσμώσεως λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο.

β) Όλα τα συστήματα αποτελούνται από τα ίδια βασικά εξαρτήματα.

γ) Απομακρύνουν σταθερά και αποτελεσματικά τα διαλυμένα άλατα, τις διαλυμένες οργανικές ουσίες και τα μικροσκοπικά σωματίδια από το νερό.

δ) Εφόσον δεν γίνεται εξάτμιση του νερού, η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη, όπως και οι εκπομπές ρύπων από την κατανάλωση καυσίμων για την παραγωγή αυτής της ενέργειας.

ε) Δεν μεταβάλλεται η χημική σύσταση των υλικών που είναι διαλυμένα στο θαλασσινό νερό, εφόσον δεν απαιτείται η θέρμανση του νερού τροφοδοσίας του συστήματος.

στ) Η πραγματική διαφορά μεταξύ των συστημάτων αντίστροφης ωσμώσεως συνίσταται στην ποιότητα των φίλτρων και των μεμβρανών.

ζ) Η διαδικασία της αντίστροφης ωσμώσεως είναι απλή, χωρίς περίπλοκο χειρισμό, ενώ η συντήρηση πραγματοποιείται εύκολα και πιο οικονομικά.

12.14 Η αντίστροφη ωσμωση στα πλοία.

Η λειτουργία στις εγκαταστάσεις αντίστροφης ωσμώσεως των πλοίων (σχ. 12.14) δεν διαφέρει από τα άλλα συστήματα παραγωγής νερού αντίστροφης ωσμώσεως. Πρόκειται για συμπαγή συστήματα σε ένα ενιαίο πλαίσιο βάσεως ή με κάθε στάδιο επεξεργασίας χωριστό όπως προεπεξεργασία, αντλία υψηλής πίεσης, μεμβράνες κ.λπ. και εξαρτάται από τις ανάγκες παραγωγής νερού για κάθε πλοίο.

Οι εγκαταστάσεις αντίστροφης ωσμώσεως σε πλοία είναι αυτόνομες και εφοδιασμένες με όλο τον εξοπλισμό μετρήσεως και αξιολογήσεως της ποιότητας του παραγόμενου νερού και τους απαραίτητους αυτοματισμούς που εξασφαλίζουν την παραγωγή

γλυκού νερού, χωρίς να απαιτούνται δαπανηρές μετατροπές και συνδέσεις με άλλα δίκτυα του μηχανοστασίου.

Η παραγωγή τους κυμαίνεται από 50 έως 1000 m³ ημερησίως, ανάλογα με την εγκατάσταση, και με περιεκτικότητα σε αλάτι μικρότερη από 500 μS/cm (microsiemens/cm) για την παραγωγή πόσιμου νερού. Για νερό που θα χρησιμοποιηθεί στα δίκτυα του μηχανοστασίου, όπως το δίκτυο ψύξεως των μηχανών, και για το τροφοδοτικό νερό των λεβήτων, η περιεκτικότητα σε αλάτι του παραγόμενου νερού είναι μικρότερη από 5 μS/cm, με την προϋπόθεση ότι η εγκατάσταση περιλαμβάνει τουλάχιστον σύστημα μεμβρανών δύο βαθμίδων.

Η επεξεργασία νερού με αντίστροφη ώσμωση χρησιμοποιείται σε επιβατηγά πλοία, κρουαζιερόπλοια, όπου οι απαιτήσεις καταναλώσεως γλυκού νερού είναι μεγάλες, αλλά και στα ποντοπόρα εμπορικά πλοία, χωρίς να απαιτείται θερμική ενέργεια από τη λειτουργία άλλων μηχανημάτων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καλή λειτουργία της αντίστροφης ωσμώσεως είναι:

α) Η πίεση της εισαγωγής στις μεμβράνες του τροφοδοτικού νερού, που πρέπει να είναι υψηλή, ώστε να επιτυγχάνεται η διέλευση του νερού αντίθετα με τη φυσική ώσμωση, κατά την οποία το γλυκό νερό με χαμηλή συγκέντρωση, μέσω των πόρων της μεμ-

βράνης, διεισδύει προς το θαλασσινό νερό, που έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση.

β) Η θερμοκρασία του νερού που επηρεάζει το ποσοστό παραγωγής του νερού της αντίστροφης ωσμώσεως. Η βαθμονόμηση για την παραγωγή στις μεμβράνες γίνεται με βάση τα γαλόνια ανά ημέρα σε θερμοκρασία 25°C. Η διακύμανση που παρατηρείται στην παραγωγή νερού παρουσιάζει πτώση από 1,5% – 2%, ανάλογα με τον τύπο της μεμβράνης για θερμοκρασίες μικρότερες ή μεγαλύτερες των 25°C.

γ) Η ποιότητα του θαλασσινού νερού τροφοδοσίας και ο Αριθμός των Διαλυμένων Στερεών μέσα σε αυτό (Total Dissolved Solids – TDS). Η ωσμωτική πίεση σχετίζεται με τις δυνάμεις συνοχής των μορίων (οι δυνάμεις που συγκρατούν ενωμένα τα μόρια) του νερού και των διαλυμένων σε αυτό ιόντων και στερεών. Όσο υψηλότερος είναι ο TDS, τόσο υψηλότερες είναι οι δυνάμεις συνοχής των μορίων. Προκειμένου να αρχίσουν τα μόρια του νερού να διαχωρίζονται για να περάσουν τη μεμβράνη, πρέπει να διασπαστούν οι δυνάμεις συνοχής των μορίων με την εφαρμογή πίεσης. Η πίεση αυτή για κάθε 100 mg/l TDS απαιτεί 1 psi για να ξεπεραστεί η ωσμωτική πίεση.

δ) Η καλή ποιότητα των φίλτρων και των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στο σύστημα αντίστροφης ωσμώσεως.

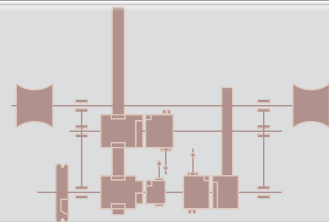


Σχ. 12.14

Εγκατάσταση αντίστροφης ωσμώσεως ενός πλοίου.

Κεφάλαιο 13

Βαρούλκα φορτωτών και χειρισμών



13.1 Εισαγωγή.

Με την άφιξη του πλοίου στο λιμάνι, απαιτείται μεγάλος αριθμός από τα μέλη του πληρώματος να βρίσκεται κατά μήκος του, από την πλώρη έως την πρύμνη, για τις εργασίες προσδέσεως. Κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι, είναι απαραίτητη η επίβλεψη των προσδέσεων, ώστε να διατηρείται η σωστή θέση του πλοίου ως προς τις αλλαγές που προκύπτουν, άλλοτε από τα θαλάσσια ρεύματα και άλλοτε από τη μεταβολή του ύψους εξάλων του πλοίου σε σχέση με τις εγκαταστάσεις ξηράς κατά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση.

Επίσης, είτε στην πόντιση ή στην ανέλκυση της άγκυρας είτε στη φορτοεκφόρτωση για τον χειρισμό φορτωτήρων και την ανύψωση και κατάβαση βαρών, διενεργούνται απαραίτητες εργασίες και χειρισμοί, που πραγματοποιούνται με την ανάπτυξη μεγάλων ελκτικών δυνάμεων.

Η αγκυροβολία, η πρόσδεση, ο έλεγχος των προσδέσεων και ο χειρισμός φορτωτήρων, επιτυγχάνεται με τη χρήση των βαρούλκων, που βρίσκονται στο κατάστρωμα του πλοίου (σχ. 13.1).

Για να πραγματοποιηθούν οι εργασίες ανυψώσε-

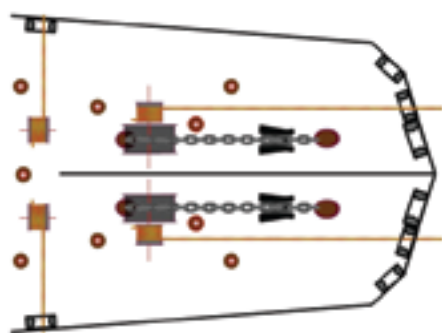
ως και προσδέσεως, χρησιμοποιούνται και βοηθητικά μέσα όπως είναι οι αλυσίδες, τα συρματοσχοινα και τα σχοινιά. Ο χειρισμός τους επιτυγχάνεται από τα αλυσέλικτρα (σκρόφες) και τα κατάλληλα διαμορφωμένα τύμπανα των βαρούλκων. Η επιλογή για τη χρήση κάθε βοηθητικού μέσου εξαρτάται από το είδος της εργασίας που πρόκειται να πραγματοποιηθεί, το φορτίο που ασκείται, την κινητήρια δύναμη του μηχανήματος, τον τύπο του πλοίου και τη διαθέσιμη ενέργεια απ' τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του.

Η μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κίνηση των μηχανημάτων του καταστρώματος εξαρτάται από τη θέση και τα ειδικά καθήκοντα που εξυπηρετεί το κάθε μηχανήμα. Αυτή μπορεί να είναι ο ατμός, η υδραυλική ή η ηλεκτρική ενέργεια (βλ. παράγρ. 13.3).

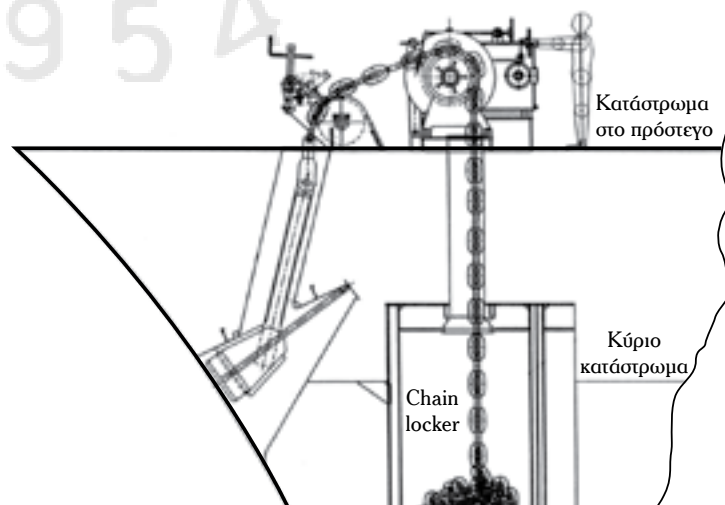
13.2 Βαρούλκα – Εργάτες άγκυρας.

Τα βαρούλκα είναι μηχανήματα εξοπλισμένα με ειδικές τροχαλίες, που καθιστούν δυνατή την έλξη ή την ανύψωση βαρών. Οι τύποι των βαρούλκων ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν είναι οι εξής:

α) Ο *εργάτης της άγκυρας* ή το *βαρούλκο άγκυρας* (capstan ή anchor windlass).



Κάτοψη



Τομή

Σχ. 13.1

Τυπική προωραία διάταξη βαρούλκων.

β) Τα **βαρούλκα προσδέσεως** (mooring winches).

γ) Τα **βαρούλκα των φορτωτήρων** (crane winches).

Η διαφορά που χαρακτηρίζει ένα μηχανήμα ως εργάτη ή βαρούλκο είναι η θέση του άξονα του τυμπάνου, που αποτελεί τον μηχανισμό έλξεως. Στον εργάτη ο άξονας του τυμπάνου είναι κάθετος, ενώ στο βαρούλκο οριζόντιος. Γενικά όμως στην πράξη πολλές φορές και τα δύο ονομάζονται **εργάτες**.

Ο σκοπός της λειτουργίας του εργάτη ή του βαρούλκου είναι η ανύψωση ενός βάρους (π.χ. άγκυρα) ή η ελκτική δύναμη που απαιτείται για να υπερνικήσει την «αντίσταση» του πλοίου, ώστε να παραμείνει δεμένο στην ξηρά. Επίσης, τα βαρούλκα χρησιμοποιούνται στην κίνηση και στους χειρισμούς των φορτωτήρων που βρίσκονται στο κατάστρωμα του πλοίου, με σκοπό τη διακίνηση του φορτίου κατά τη διαδικασία φορτώσεως ή εκφορτώσεως.

Είναι σημαντικό ότι λόγω της φύσεως λειτουργίας τους, τα περισσότερα μηχανήματα του καταστρώματος δεν χρησιμοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα –όταν δηλαδή το πλοίο βρίσκεται εν πλω– με αποτέλεσμα να εκτίθενται σε ιδιαίτερα διαβρωτικές συνθήκες περιβάλλοντος. Τα μηχανήματα φορτίου, ή προσδέσεως και αγκυροβολίας, παρά τις μεγάλες περιόδους αδράνειας ή τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, θα πρέπει να λειτουργήσουν αμέσως, όποτε αυτό απαιτείται.

Για την άμεση λειτουργία των μηχανημάτων προσδέσεως και φορτοεκφορτώσεως, η συντήρηση επιτυγχάνεται με τη λίπανση του εσωκλειόμενου εξοπλισμού και των τριβών του κάθε μηχανήματος. Λόγω του σχεδιασμού των μηχανημάτων αυτών, οι εργασίες συντηρήσεως που προβλέπονται είναι ελάχιστες και πρέπει να διεξάγονται ως έλεγχοι ρουτίνας σε προγραμματισμένη βάση. Ο τακτικός έλεγχος και η συντήρηση των μηχανημάτων καταστρώματος αποτρέπει τις αιφνίδιες βλάβες, που πρέπει να αποκαθίστανται άμεσα λόγω της κρισιμότητας των μηχανημάτων στην ασφαλή διαχείριση του πλοίου.

13.3 Συστήματα λειτουργίας μηχανημάτων καταστρώματος.

13.3.1 Συστήματα ατμού.

Ο ατμός στα μηχανήματα καταστρώματος και στα συστήματα ελέγχου παρέχεται μέσω δικτύου που

αναπτύσσεται στο κατάστρωμα του πλοίου. Διέρχεται αρχικά απ' την κύρια βαλβίδα (επιστόμιο) του δικτύου ατμού στο κατάστρωμα και στη συνέχεια μέσω ιδιαίτερης βαλβίδας εισαγωγής ατμού τροφοδοτεί κάθε ένα από αυτά. Επίσης, χρησιμοποιούνται ρυθμιστικές διατάξεις για την αντιμετώπιση των διακυμάνσεων της πίεσεως στην κύρια γραμμή του ατμού, που προκύπτουν από τη χρήση του σε άλλες καταναλώσεις.

Τα ατμοκίνητα μηχανήματα χρησιμοποιούνται ευρέως στα Δ/Ξ, δεδομένου ότι δεν παρουσιάζεται κανένας κίνδυνος εκρήξεως και πυρκαγιάς. Όμως, το μήκος του δικτύου που αναπτύσσεται στο κατάστρωμα και το διαβρωτικό περιβάλλον λειτουργίας, δημιουργούν σημαντικές απαιτήσεις σε εργασίες συντηρήσεως, υποχρεώνοντας τους κατασκευαστές να αντικαθιστούν τα συστήματα ατμού στα νέα πλοία με υδραυλικά συστήματα.

13.3.2 Υδραυλικά συστήματα.

Τα υδραυλικά συστήματα για την κίνηση των μηχανημάτων καταστρώματος είναι τριών τύπων: το ανοικτού βρόγχου, το άμεσης αποκρίσεως και το κλειστού βρόγχου (παράγρ. 13.4.2).

Κάθε τύπος έχει χαρακτηριστικά που, ανάλογα με την επιθυμητή πίεση λειτουργίας του συστήματος και τον σχεδιασμό του, χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των μηχανημάτων καταστρώματος στα πλοία. Η υδραυλική πίεση λειτουργίας των συστημάτων μπορεί να είναι υψηλή, μέση και χαμηλή. Στα μέσης πίεσεως συστήματα των πλοίων, όπως και σε μικρότερες εγκαταστάσεις, χρησιμοποιούνται ανοικτού ή κλειστού βρόγχου κυκλώματα. Όταν υπάρχει όμως μεγάλος αριθμός υδραυλικών κινητήρων, η χρήση του κυκλώματος άμεσης αποκρίσεως, που παρέχει το έλαιο με πίεση από μια μονάδα υδραυλικής ισχύος μέσω ενός κεντρικού συστήματος ελέγχου, είναι περισσότερο αποδοτική και οικονομική.

13.3.3 Ηλεκτρικά συστήματα.

Τα κινητήρια μηχανήματα στα ηλεκτρικά συστήματα σχεδιάζονται, ώστε να λειτουργούν ανάλογα με την ηλεκτρική τάση που διατίθεται και η οποία μπορεί να είναι συνεχής ή εναλλασσόμενη. Ειδικότερα:

α) Σε συστήματα με παροχή συνεχούς τάσεως, ο έλεγχος της ταχύτητας του μηχανήματος επιτυγχάνεται με αντιστάσεις που συνδέονται σε σειρά. Η μέθοδος αυτή είναι αναποτελεσματική λόγω της απώλειας

ενέργειας στις αντιστάσεις. Αντί αυτής χρησιμοποιούνται συστήματα **Ward Leonard Control**¹, που αποτελούν μία βελτιωμένη μέθοδο ελέγχου. Το μειονέκτημα της μεθόδου Ward Leonard είναι το σημαντικό υψηλό κόστος του συνολικού εξοπλισμού και της συντηρήσεως που απαιτείται. Γι' αυτό, το σύστημα Ward Leonard αντικαθίσταται από **θυρίστορ**² (thyristor), που παρέχουν ομαλό έλεγχο της ταχύτητας του ηλεκτροκινητήρα με τη βέλτιστη κατανομή της ροπής.

β) Στα συστήματα με παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος, ο έλεγχος της ταχύτητας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μεταβαλλομένων συνδέσεων πόλων ή με ολισθαίνοντες δακτυλίους. Οι κινητήρες με **ολισθαίνοντες δακτυλίους** (slip-ring) απαιτούν χαμηλό ρεύμα εκκινήσεως με χαμηλές απώλειες ισχύος, όμως απαιτείται τακτική συντήρηση. Οι κινητήρες με μεταβαλλόμενους πόλους είναι κατασκευής κλωβού, παρέχοντας δύο ταχύτητες λειτουργίας, το ρεύμα που απαιτείται για την εκκίνηση είναι υψηλό, ενώ η συντήρησή τους αμελητέα.

13.4 Βαρούλκα – Γενικά.

Τα βαρούλκα, είτε χρησιμοποιούνται για την πρόσδεση, είτε για την αγκυροβολία, είτε για την εξυπηρέτηση των φορτωτήρων, έχουν παρόμοια λει-

τουργικά χαρακτηριστικά. Η βασική διαφοροποίησή τους οφείλεται στο μέσο της κινητήριας δυνάμεως που χρησιμοποιείται και διακρίνονται σε: **ατμοκίνητα**, **υδραυλικά** και **ηλεκτροκίνητα** βαρούλκα.

13.4.1 Το ατμοκίνητο βαρούλκο.

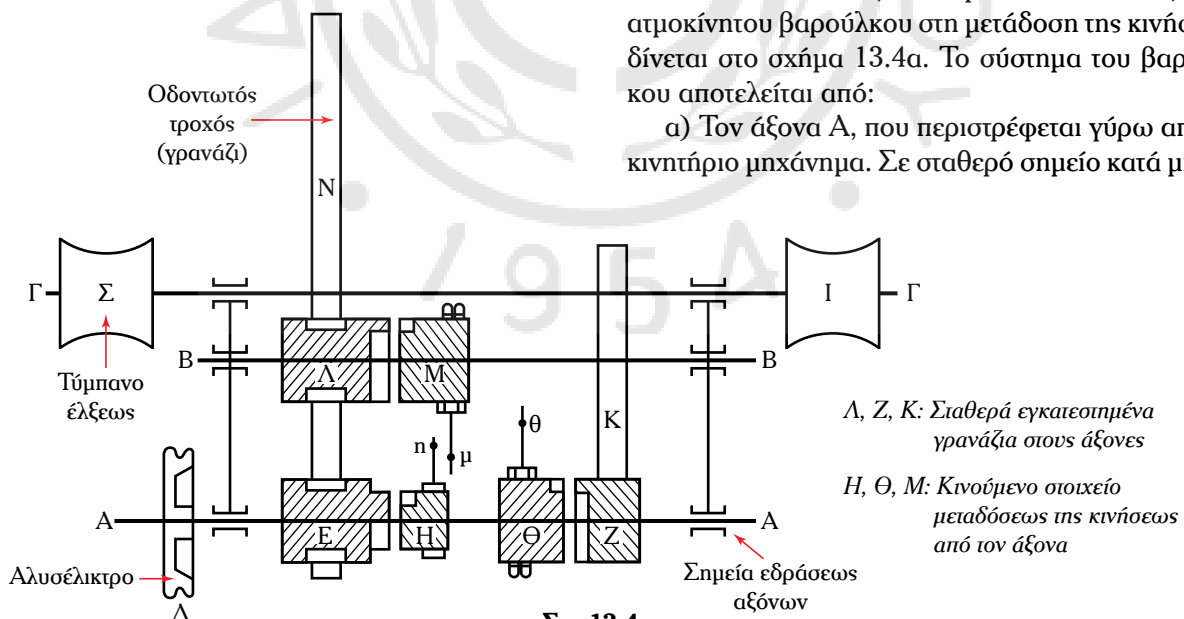
Τα κύρια μέρη που αποτελούν το ατμοκίνητο βαρούλκο είναι:

- Η ατμομηχανή.
- Το κιβώτιο οδοντωτών τροχών μεταδόσεως (γρανάζι) της κινήσεως.
- Οι άξονες.
- Το αλυσέλκτρο (σφρόφα).
- Το τύμπανο έλξεως.
- Το τύμπανο περιελίξεως.

Η ατμομηχανή είναι διπλής ενέργειας και συνήθως δύο κυλίνδρων, σε οριζόντια διάταξη με κατάλληλο σύστημα διανομής του ατμού και μηχανισμό αναστροφής του μηχανήματος. Τα βάκτρα από τα έμβολα του ατμού μεταδίδουν την κίνηση σε στροφαλοφόρο άξονα, επάνω στον οποίο προσαρμόζονται με κατάλληλη διάταξη οι τροχοί του κιβωτίου μεταδόσεως της κινήσεως. Από το κιβώτιο η κίνηση μεταδίδεται στους άξονες, στους οποίους συνδέεται, στο αλυσέλκτρο, που έλκει την αλυσίδα, και στα τύμπανα, που έλκουν τα σύρματα και τους κάβους (σχοινιά).

Μια τυπική διάταξη των τροχών και των αξόνων ατμοκίνητου βαρούλκου στη μετάδοση της κινήσεως δίνεται στο σχήμα 13.4α. Το σύστημα του βαρούλκου αποτελείται από:

- Τον άξονα Α, που περιστρέφεται γύρω από το κινητήριο μηχανήμα. Σε σταθερό σημείο κατά μήκος



Σχ. 13.4α

Τυπική διάταξη αξόνων και γραναζιών ατμοκίνητου βαρούλκου.

¹ Το Ward Leonard Control System αποτελεί ένα σύστημα έλεγχου της ταχύτητας ενός ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος που αναπτύχθηκε από τον Ward Leonard το 1891. Το σύστημα αυτό ελέγχου με παραλλαγές χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα.

² Θυρίστορ ονομάζονται οι ημιαγωγικές συσκευές, που συνήθως χρησιμοποιούνται στον έλεγχο της τάσεως εναλλασσόμενου ρεύματος.

του άξονα εφαρμόζεται το αλυσέλιτρο Δ με σφήνα, ώστε να ακολουθεί την κίνηση του άξονα.

β) Τα γρανάζια E και Z, τοποθετημένους σε σταθερή θέση κατά μήκος του άξονα A, χωρίς σφήνα, επιτρέποντας να περιστρέφεται ο άξονας χωρίς να περιστρέφονται τα γρανάζια

γ) Τα στοιχεία Η και Θ που αποτελούν τμήματα ελέγχου στην περιστροφή των γραναζιών και των αξόνων. Εφαρμόζονται με σφήνα στον άξονα A και περιστρέφονται μαζί με αυτόν. Τα στοιχεία αυτά έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν κατά μήκος του άξονα A (δεξιά ή αριστερά) από τους μοχλούς (n) και (θ), ώστε να εμπλέκονται σε κατάλληλες εγκοπές στα γρανάζια E και Z μεταδίδοντάς τους την περιστροφή του άξονα A.

δ) Το γρανάζι K, που εμπλέκεται με το γρανάζι Z και εφαρμόζεται σταθερά με σφήνα στον άξονα B.

ε) Το γρανάζι Λ, τοποθετημένο σε σταθερή θέση στον άξονα B, χωρίς σφήνα, ώστε να περιστρέφεται ανεξάρτητα από τον άξονα B ή μαζί με αυτόν όταν στις εγκοπές που υπάρχουν στο γρανάζι Λ εμπλέκονται οι εγκοπές του στοιχείου M.

στ) Το στοιχείο M, που εφαρμόζεται με σφήνα στον άξονα B, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να κινηθεί κατά μήκος (δεξιά ή αριστερά) επάνω σε αυτόν, μέσω του μοχλού, μεταδίδοντας την κίνηση του άξονα B στο γρανάζι Λ.

ζ) Το γρανάζι N, που εμπλέκεται με το γρανάζι Λ και με το γρανάζι E, ώστε να μπορεί να κινηθεί με οποιονδήποτε από αυτούς και εφαρμόζεται με σφήνα στον άξονα Γ.

η) Τον άξονα Γ, στον οποίο εφαρμόζονται με σφήνα τα τύμπανα Σ και Ι.

Η διαφορά της διαμέτρου των τροχών και του συνδυασμού, με τον οποίο εμπλέκονται, δημιουργεί την μετάδοση της περιστροφής από τον άξονα A στα γρανάζια και τους άξονες B και Γ έτσι, ώστε με τη λειτουργία του συστήματος:

α) Για να κινηθεί το γρανάζι N από τον E, κινείται το στοιχείο Η του συστήματος τροχών προς τα αριστερά μέσω του μοχλού (n), ώστε με την περιστροφή του άξονα A περιστρέφεται μέσω του Η το γρανάζι E, παρέχοντας απλή σχέση μεταδόσεως και το βαρούλκο έλκει με μικρή δύναμη και μεγάλη ταχύτητα.

β) Για να κινηθεί το γρανάζι N από το Λ, μετατοπίζεται το στοιχείο Θ δεξιά μέσω του μοχλού (θ), ώστε να εμπλέκεται στις εγκοπές του Z, και το στοιχείο M προς τα αριστερά με τον μοχλό (μ). Τότε, έχουμε διπλή σχέση μεταδόσεως (εμπλοκή περισσοτέρων

γραναζιών, για την κίνηση του άξονα) και το βαρούλκο έλκει με μεγάλη δύναμη και μικρή ταχύτητα.

Το βαρούλκο μπορεί να είναι **απλού** ή **διπλού τυμπάνου**, με σύνθετη οδόντωση για επίτευξη δύο μηχανικών ταχυτήτων και έλξεων, ενώ η ταχύτητα μπορεί εύκολα να ελεγχθεί από την παροχή του ατμού. Επίσης, χρησιμοποιώντας τη διάταξη οδοντωτών γραναζιών επιτυγχάνονται δύο ταχύτητες λόγω της διαφοράς στην ταχύτητα μεταδόσεως που οφείλεται στη διαφορά της διαμέτρου των γραναζιών με διαφορετική διάμετρο. Η υψηλή ταχύτητα, για κανονικά φορτία και η χαμηλή, για φορτία μεγάλου βάρους. Στην έλξη υψηλών φορτίων περιλαμβάνεται και η ανέλκυση της άγκυρας μέσω του αλυσέλιτρου. Έτσι, τα βαρούλκα του τύπου αυτού μπορούν να χρησιμοποιούνται εξυπηρετώντας, εκτός από τον χειρισμό της άγκυρας και των προσδέσεων, και τους χειρισμούς των φορτωτών.

Ο συνδυασμός των τροχών και η διάταξη είναι δυνατόν να διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή του βαρούλκου. Το βαρούλκο είναι εφοδιασμένο με εμβολοειδή βαλβίδα αναστροφής της λειτουργίας του, ώστε να επιτρέπεται η έλξη, η ανύψωση ή η κατάβαση του φορτίου, ενώ είναι εφοδιασμένο και με ποδόφρενο, το οποίο συνδέεται μέσω αξονικής διατάξεως σε τροχό στο σύστημα αξόνων.

Το φρένο συνήθως είναι τοποθετημένο, για προληπτική χρήση, στους γερανούς και χρησιμοποιείται σπάνια σε κανονική λειτουργία, εφόσον η κατάβαση του φορτίου εκτελείται πάντοτε με το βαρούλκο ενεργοποιημένο, ενώ στο βαρούλκο άγκυρας χρησιμοποιείται για να συγκρατήσει ή να ασφαλίσει την αλυσίδα κατά την πόντιση ή την ανέλκυση.

13.4.2 Το υδραυλικό βαρούλκο.

Τα υδραυλικά συστήματα παρέχουν ένα μέσο για τη διανομή της ενέργειας, ώστε η πίεση του ελαίου μέσω υδραυλικών κινητήρων να χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση των συσκευών. Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα υδραυλικό σύστημα είναι:

α) Το υδραυλικό υγρό, που υπάρχει μέσα σε μια δεξαμενή και κυκλοφορεί στο δίκτυο.

β) Η υδραυλική αντλία, που αναγκάζει το υγρό να κυκλοφορήσει στο σύστημα (σχ. 13.4β).

γ) Ο υδραυλικός κινητήρας ή κύλινδρος, που μετατρέπει την ενέργεια του κινούμενου υγρού σε περιστροφική ή γραμμική μηχανική δύναμη.

Τα υδραυλικά έλαια μπορεί να είναι ορυκτά ή συνθετικά με ειδικά πρόσθετα που ενισχύουν τις ιδι-

ότιπές τους, ώστε να αντιστέκονται στην οξείδωση, στις υψηλές θερμοκρασίες και στις πιέσεις των συγχρόνων συστημάτων.

1) Υδραυλικά κυκλώματα.

Τα υδραυλικά κυκλώματα είναι τριών τύπων. Ειδικότερα:

α) Το **κύκλωμα ανοικτού βρόχου** (open-loop circuit), στο οποίο το έλαιο καταθλίβεται με αντλία στο δίκτυο, δίνοντας κίνηση στον υδραυλικό κινητήρα. Ο έλεγχος του κινητήρα του μηχανήματος (βαρούλκου) επιτυγχάνεται από βαλβίδα τοποθετημένη παράλληλα με αυτό, ώστε όταν είναι ανοικτή, το μηχανήμα να βρίσκεται εκτός λειτουργίας, ενώ όταν περιορίζεται ή κλείνει, το μηχανήμα να τίθεται σε λειτουργία. Η εξαγωγή ελαίου από το κινητήριο μηχανήμα, όταν η βαλβίδα ελέγχου είναι κλειστή ή ανοικτή, επιστρέφει σε δεξαμενή ελαίου όπου βρίσκεται εγκατεστημένη η αναρρόφηση της υδραυλικής αντλίας, παρακάμπτοντας τον κινητήρα του μηχανήματος. Με αυτήν τη μέθοδο, λόγω της ομαλής μεταβολής στην πίεση του ελαίου, επιτυγχάνεται ομαλή μεταβολή και στην ταχύτητα περιστροφής του μηχανήματος.

β) Το **κύκλωμα άμεσης αποκρίσεως** (live-line circuit), στο οποίο η πίεση του δικτύου διατηρείται συνεχώς υψηλή. Το υδραυλικό έλαιο μέσω της βαλβίδας ελέγχου, που συνδέεται σε σειρά με τον κινητήρα, παρέχει το έλαιο με πίεση, όταν απαιτείται

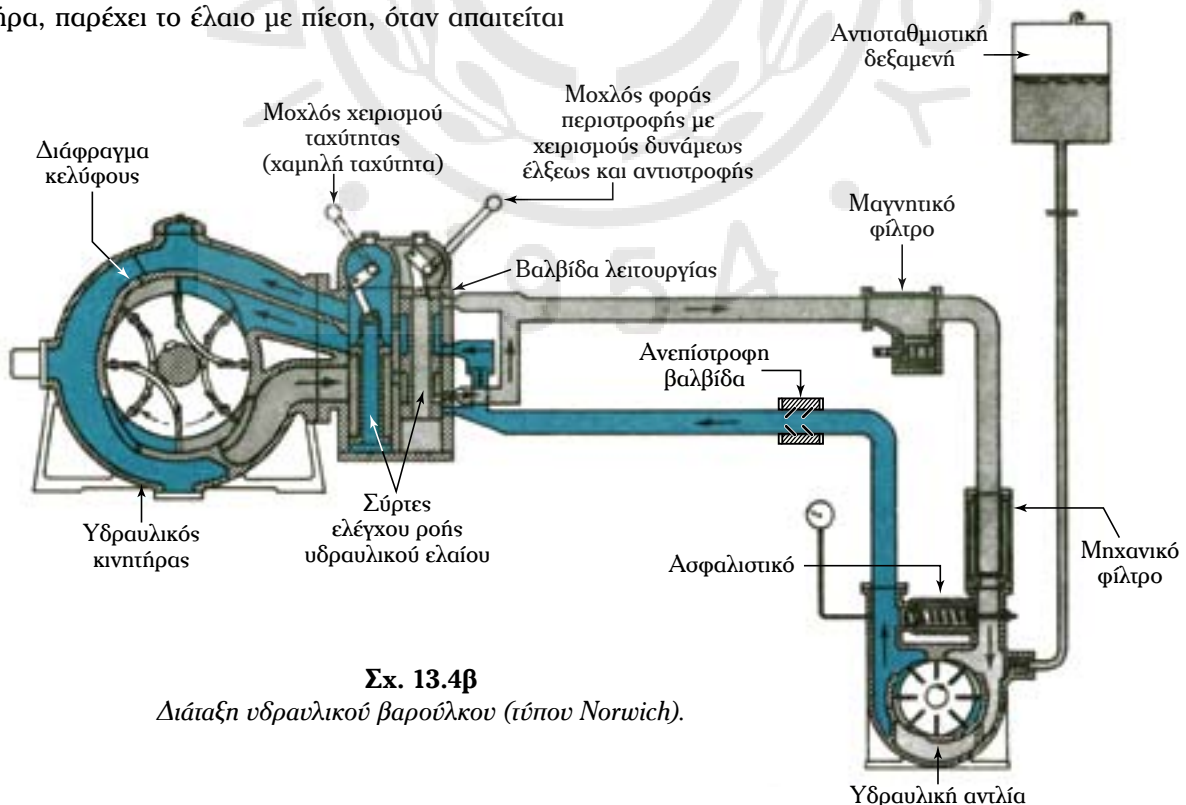
η λειτουργία του κινητήρα. Οι επιστροφές από το κινητήριο μηχανήμα καταλήγουν στη δεξαμενή του υδραυλικού ελαίου.

γ) Το **κλειστό κύκλωμα** (closed-loop circuit), στο οποίο οι επιστροφές του ελαίου από το κινητήριο μηχανήμα οδηγούνται στην αναρρόφηση της υδραυλικής αντλίας ώστε, δεδομένου ότι το έλαιο δεν επιστρέφει σε μία ανοικτή δεξαμενή, θεωρείται ότι το σύστημα είναι κλειστό. Η δεξαμενή ελαίου στο κλειστό κύκλωμα ως σκοπό έχει να απορροφά τις μεταβολές στον όγκο του υδραυλικού ελαίου λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας και να συμπληρώνει τις απώλειες του δικτύου.

2) Υδραυλικές αντλίες βαρούλκων.

Η πίεση του υδραυλικού ελαίου στο δίκτυο για την περιστροφή του βαρούλκου επιτυγχάνεται μέσω αντλιών. Ανάλογα με τον τύπο της αντλίας που χρησιμοποιείται, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

α) Σε **αντλίες σταθερής παροχής**, όταν λειτουργούν με δεδομένη ταχύτητα και η παροχή του υδραυλικού ελαίου για την κίνηση του βαρούλκου πραγματοποιείται μέσω βαλβίδας ελέγχου της κυκλοφορίας του ελαίου. Οι αντλίες είναι πτερυγοφόρες ή με λοβούς και το βαρούλκο περιστρέφεται από



Σχ. 13.4β

Διάταξη υδραυλικού βαρούλκου (τύπου Norwich).

περυγιοφόρο κινητήρα εφοδιασμένο με ελαιοδιανομέα που ρυθμίζει την κίνησή του.

β) Σε **αντλίες μεταβλητής παροχής**, που ρυθμίζουν την κατάθλιψη του υδραυλικού ελαίου στο δίκτυο, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Η αντλία παροχής ελαίου είναι εμβολοφόρος τύπου ολισθαίνουσας λεκάνης με μεταβλητή διαδρομή από κινούμενη στεφάνη ή με λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως και η παροχή στην έξοδο της ρυθμίζεται αυτόματα μέσω κατάλληλης διατάξεως γραναζιών, από πλήρη έως μηδενική ροή. Η πλήρης ροή στο δίκτυο με αυτού του τύπου τις αντλίες επιτυγχάνεται και προς τις δύο κατευθύνσεις, αλλάζοντας αντίστοιχα και τη φορά περιστροφής του μηχανήματος, ενώ η πίεση μεταβάλλεται ανάλογα με τη διαδρομή των εμβόλων.

Στα υδραυλικά δίκτυα, όταν για την κίνηση της υδραυλικής αντλίας στην αύξηση της πίεσεως και την κυκλοφορία του ελαίου χρησιμοποιείται ηλεκτροκινητήρας, το σύστημα ονομάζεται **ηλεκτρο-υδραυλικό**, ενώ αντίστοιχα όταν χρησιμοποιείται παλινδρομική ατμομηχανή ή στρόβιλος, ονομάζεται **ατμο-υδραυλικό**.

3) Λειτουργία υδραυλικού βαρούλκου πλοίων.

Το κύκλωμα μίας μονάδας υδραυλικού βαρούλκου (σχ. 13.4β) αποτελείται από την υδραυλική αντλία, η οποία είναι περιστροφικού τύπου με περύγια, ενώ μπορεί να κινείται από ηλεκτροκινητήρα ή άλλο μηχανισμό. Καθώς το στροφέιο της περιστρέφεται, μέσα στο ελλειπτικό κέλυφος και λόγω της φυγόκεντρης δυνάμεως, τα περύγια ολισθαίνουν μέσα στα περιφερειακά αυλάκια του στροφέιου, προκαλώντας την άντληση και την κατάθλιψη του υδραυλικού ελαίου. Η αντλία περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα από τον κινητήριο μηχανισμό, δημιουργώντας συνεχή ροή στο δίκτυο όσο ο ηλεκτροκινητήρας ή άλλος μηχανισμός κινήσεως βρίσκεται σε λειτουργία.

Στο δίκτυο κυκλοφορίας του ελαίου τοποθετούνται κατάλληλα μηχανικά και μαγνητικά φίλτρα διατηρώντας το έλαιο καθαρό. Για προστασία από την υπερβολική πίεση, στο κέλυφος του υδραυλικού κινητήρα και στην αντλία ελαίου υπάρχει ανακουφιστική βαλβίδα ασφαλείας (κοινώς ασφαλιστικό).

Η αντισταθμιστική δεξαμενή ή εκτονώσεως, συνδέεται στο δίκτυο αντιμετωπίζοντας τις αναπόφευκτες μικρές απώλειες, ενώ ταυτόχρονα απορροφά τις μεταβολές στον όγκο του ελαίου λόγω της διακυμάνσεως στη θερμοκρασία κατά τη λειτουργία του συστήματος.

Ο υδραυλικός κινητήρας, που μεταδίδει την κί-

νηση στον άξονα του βαρούλκου, είναι επίσης περιστροφικού τύπου με τα περύγια τοποθετημένα αντίστοιχα σε ένα κυλινδρικό στροφέιο.

Το στροφέιο περιβάλλεται από κέλυφος κατασκευασμένο με δύο θαλάμους πίεσεως. Η κυκλοφορία του ελαίου στους θαλάμους ελέγχεται από μοχλούς, που ενεργούν σε δύο κυλινδρικούς σύρτες. Ο ένας σύρτης ελέγχει την ταχύτητα ροής του ελαίου, άρα και την ταχύτητα περιστροφής, ενώ ο άλλος τη φορά περιστροφής του κινητήρα και τη βαθμιαία ανάπτυξη της ταχύτητας στην κλίμακα που έχει επιλεγεί.

Οι κλίμακες ταχύτητας είναι δύο και η επιλογή γίνεται ανάλογα με τις ακόλουθες απαιτήσεις.

Όταν ο κινητήρας απαιτείται να αναπτύξει τη μέγιστη δυνατή ροπή λειτουργίας του, η ροή του υδραυλικού ελαίου από την αντλία καταθλίβεται και στους δύο θαλάμους πίεσεως. Αντίθετα, όταν οι απαιτήσεις είναι μικρότερες λόγω χαμηλού φορτίου, ο μοχλός χειρισμού τοποθετείται στην κατάλληλη θέση μετατοπίζοντας τον κυλινδρικό σύρτη ελέγχου της παροχής του ελαίου σε ανάλογη θέση, έτσι ώστε η ροή να έχει κατεύθυνση προς τον έναν από τους θαλάμους πίεσεως.

Στην πρώτη κλίμακα ταχύτητας, αποδίδεται η μέγιστη ροπή στρέψεως και η κίνηση επιτυγχάνεται όταν το υδραυλικό έλαιο διοχετεύεται και στους δύο θαλάμους του κινητήρα. Στη δεύτερη, όταν το έλαιο διοχετεύεται στον έναν θάλαμο, ο κινητήρας αποδίδει περίπου το 40% της ροπής στρέψεως από την προηγούμενη, αλλά με διπλάσια ταχύτητα.

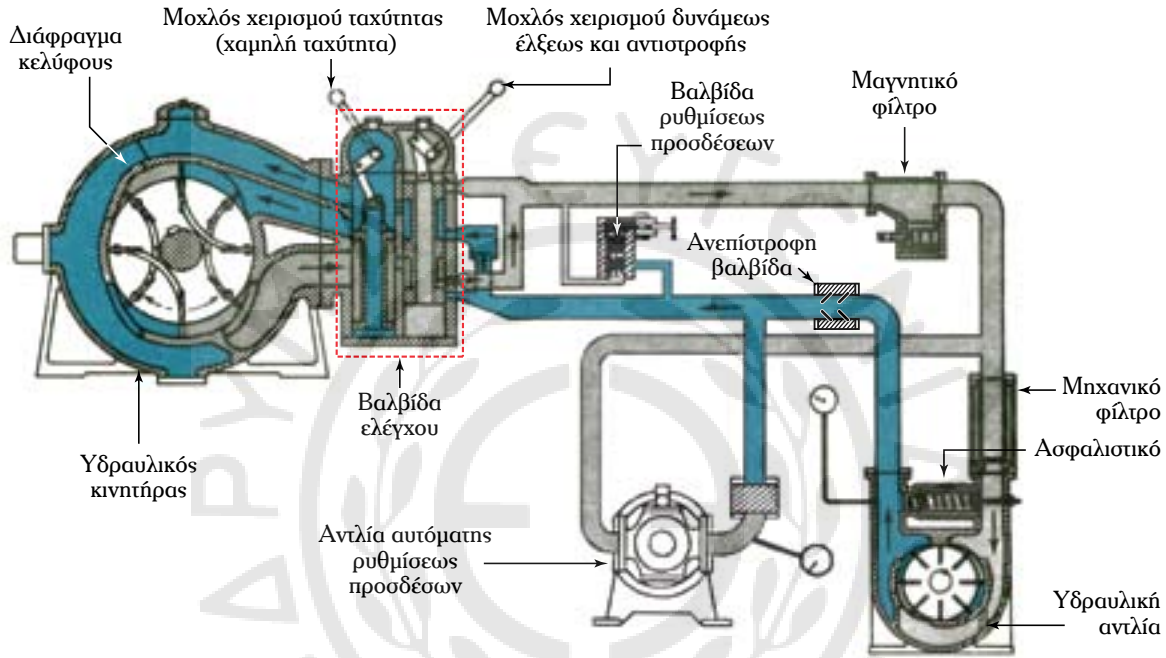
Το υδραυλικό έλαιο ρέει στο δίκτυο πάντα προς μία κατεύθυνση. Έτσι, η αντιστροφή του υδραυλικού κινητήρα επιτυγχάνεται από τον ελεγκτικό μηχανισμό ροής, αλλάζοντας τη διεύθυνση της ροής του ελαίου στον υδραυλικό κινητήρα. Όταν το βαρούλκο δεν χρησιμοποιείται, το έλαιο διέρχεται μόνο μέσα από τη βαλβίδα λειτουργίας, παρακάμπτοντας τον υδραυλικό κινητήρα και επιστρέφει ξανά στην αντλία. Η πίεση του ελαίου στο δίκτυο, όταν ο υδραυλικός κινητήρας βρίσκεται σε αδράνεια, είναι αμελητέα, μειώνοντας την απαιτούμενη ισχύ στο ελάχιστο.

Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να παρέχει δύο μεταβλητές ταχύτητες με διάταξη αυτόματης ρυθμίσεως της εντάσεως του σχοινιού ή του σύρματος. Η εγκατάσταση και η σύνδεση της αντλίας αυτόματης ρυθμίσεως των προσδέσεων, η οποία είναι κατάλληλη για τον έλεγχο και την διατήρηση των κάβων και των συρματοσχοινίων τεντωμένων, εικονίζεται στο σχήμα 13.4γ. Η διάταξη αυτή περιλαμβάνει την ειδική υδραυλική βαλβίδα ρυθμίσεως προσδέσεων,

την αντλία αυτόματης ρυθμίσεως προσδέσεων σε παράλληλη διάταξη με την υδραυλική αντλία του συστήματος και μία ανεπίστροφη βαλβίδα στο δίκτυο καταθλίψεως της κύριας αντλίας. Η βαλβίδα ενεργοποιείται από την πίεση του ελαίου του συστήματος, ενώ η πίεση είναι αντίστοιχη προς την ένταση του μέσου προσδέσεως (σχοινί ή συρματόσχοινο), με δυνατότητα η ένταση να επιλέγεται κάθε στιγμή σε βαθμολογημένη κλίμακα. Ο σκοπός της βοηθητικής

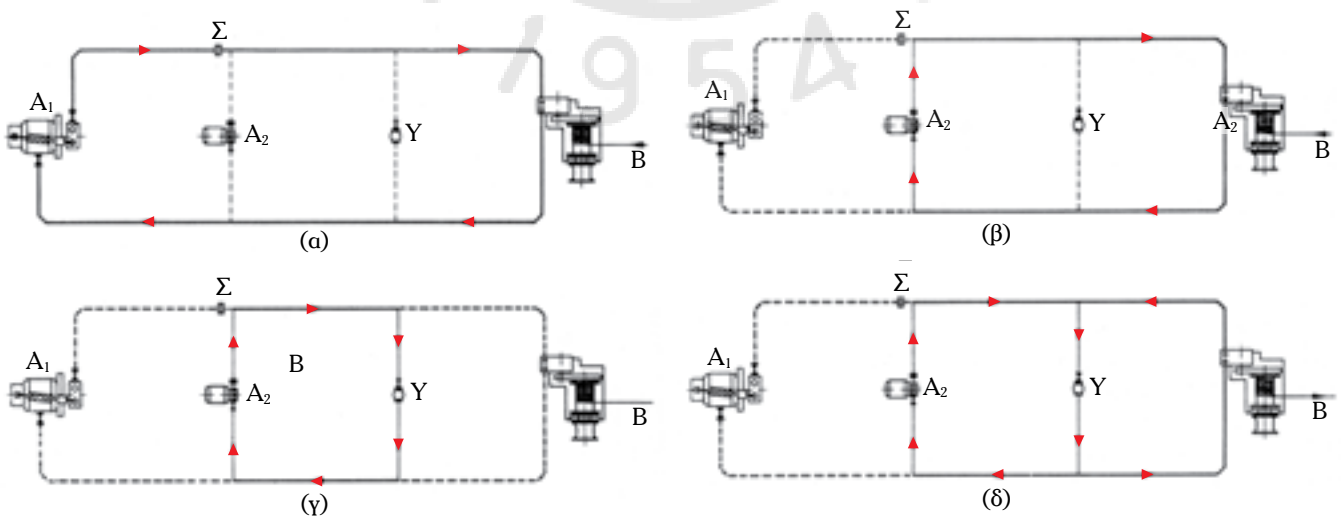
αντλίας είναι η ενεργοποίηση του βαρούλκου κατά τη διάρκεια των κινήσεων της αυτόματης ρυθμίσεως της εντάσεως των προσδέσεων.

Στο σχήμα 13.4δ παριστάνεται η διάταξη της κύριας υδραυλικής αντλίας A_1 , της βοηθητικής υδραυλικής αντλίας A_2 για τον έλεγχο των προσδέσεων, η υδραυλική βαλβίδα (Y), το ασφαλιστικό σε περίπτωση αυξήσεως της πίεσεως (Σ) και το βαρούλκο B. Η ροή του ελαίου στο δίκτυο παριστάνεται με την



Σχ. 13.4γ

Διάταξη υδραυλικού βαρούλκου με αυτόματη ρύθμιση προσδέσεων.



Σχ. 13.4δ

Ροή του ελαίου στο δίκτυο αυτόματης ρυθμίσεως προσδέσεων.

έντονη γραμμή, ενώ το τμήμα του δικτύου που παρακάμπεται και δεν περνάει έλαιο παριστάνεται με τη διακεκομμένη. Έτσι:

α) Η κυκλοφορία του υδραυλικού ελαίου πραγματοποιείται από την κύρια υδραυλική αντλία (A_1) στη διάρκεια των συνηθισμένων χειρισμών προσδέως [σχ. 13.4δ(α)].

β) Η κυκλοφορία πραγματοποιείται μέσω της βοηθητικής υδραυλικής αντλίας (A_2) ρυθμίζοντας αυτόματα την ένταση του σχοινιού ή του σύρματος προσδέσεως με τη βοήθεια της υδραυλικής βαλβίδας [σχ. 13.4δ(β)].

γ) Η κυκλοφορία πραγματοποιείται μόνο μέσω της υδραυλικής βαλβίδας (Y) και της βοηθητικής αντλίας (A_2), όταν η ένταση των προσδέσεων είναι όση ακριβώς απαιτείται [σχ. 13.4δ(γ)].

δ) Η κυκλοφορία πραγματοποιείται από τη βοηθητική αντλία (A_2) και τον κινητήρα του βαρούλκου με αντίθετη κατεύθυνση μέσω της υδραυλικής βαλβίδας (Y), ώστε το βαρούλκο να ελευθερώνει περισσότερο σχοινί ή συρματόσχοινο επιτυγχάνοντας την απαιτούμενη ένταση προσδέσεως [σχ. 13.4δ(δ)].

Όταν στο υδραυλικό σύστημα που εγκαθίσταται για τους υδραυλικούς κινητήρες βαρούλκων, ο κάθε υδραυλικός κινητήρας λειτουργεί από αντίστοιχη αντλία κίνησης, η αντλία αυτή είναι εγκατεστημένη κάτω από το κατάστρωμα, στο σημείο, που βρίσκεται το βαρούλκο. Σε πολλά όμως πλοία, ακολουθείται η εξής τακτική: μία κύρια μονάδα υδραυλικής ισχύος με αντλίες να παρέχει έλαιο με πίεση σε όλο το δίκτυο. Αυτή συνήθως είναι εγκατεστημένη στο μηχανοστάσιο και είναι σε θέση να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα ή εναλλακτικά περισσότερους υδραυλικούς μηχανισμούς σε διάφορα φορτία. Με την εγκατάσταση μίας κύριας μονάδας υδραυλικής ισχύος εξασφαλίζονται μεγάλα πλεονεκτήματα, διότι η μονάδα αυτή δεν περιορίζεται στη λειτουργία μόνο των μηχανημάτων καταστρώματος, αλλά δύναται να λειτουργεί και άλλα βοηθητικά μηχανήματα. Έτσι, επιτυγχάνεται μείωση του κεφαλαίου που επενδύεται στον εξοπλισμό του πλοίου.

4) Έλεγχος υδραυλικού βαρούλκου.

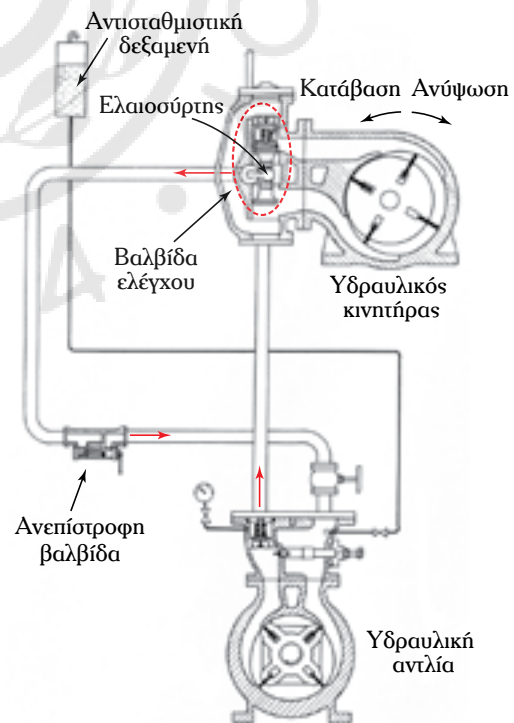
Υπάρχουν διάφορα συστήματα ελέγχου υδραυλικών βαρούλκων, που εξαρτώνται από τον κατασκευαστή. Μια τυπική διάταξη ελέγχου (σχ. 13.4ε) περιλαμβάνει μία υδραυλική αντλία, που κινείται από τον κινητήρα. Η αντλία αυτή είναι περιστροφική περυγιοφόρος όπως και ο υδραυλικός κινητήρας. Ο έλεγχος του υδραυλικού κινητήρα πραγματοποιείται

μέσω της βαλβίδας ελέγχου, που αποτελείται από τον σύρτη ελέγχου ροής υδραυλικού ελαίου (κοινώς ελαιούσyrτη) και την ανεπίστροφη βαλβίδα.

Το υδραυλικό έλαιο κυκλοφορεί συνεχώς προς μία κατεύθυνση μέσα στο δίκτυο. Όταν ο ελαιούσyrτης βρίσκεται στη θέση κρατήσεως, το έλαιο επιστρέφει στην αντλία παρακάμπτοντας τον υδραυλικό κινητήρα που μένει σε κατάσταση αδράνειας. Για τη λειτουργία του κινητήρα, ο ελαιούσyrτης πρέπει να μεταβεί στη θέση λειτουργίας. Το έλαιο τότε εισέρχεται στον υδραυλικό κινητήρα μέσω της ανεπίστροφης βαλβίδας γεμίζοντας τον χώρο μεταξύ των περυγίων του στροφείου. Ο κινητήρας περιστρέφεται και οι επιστροφές μέσω ειδικού σωλήνα ξαναγυρίζουν στην αντλία.

Όταν η βαλβίδα ελέγχου από τον μοχλό χειρισμού τεθεί στη θέση κρατήσεως και ασκείται εξωτερική δύναμη στο τύμπανο του βαρούλκου, ο κινητήρας τείνει να στραφεί προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η κίνηση αυτή εμποδίζεται από τον κινητήρα, λόγω της υδραυλικής πίεσης που αναπτύσσεται από το έλαιο που υπάρχει ήδη μεταξύ των περυγίων και της ανεπίστροφης βαλβίδας, με αποτέλεσμα ο κινητήρας να παραμένει ακίνητος.

Για την αντίστροφη κίνηση, ο ελαιούσyrτης μετατοπίζεται κατάλληλα αντιστρέφοντας τη ροή του



Σχ. 13.4ε

Τυπική διάταξη ελέγχου υδραυλικού βαρούλκου.

υδραυλικού ελαίου στον κινητήρα. Το δίκτυο είναι εφοδιασμένο με αντισταθμιστική δεξαμενή, για την εκτόνωση του ελαίου λόγω της μεταβολής του όγκου του απ' τη θερμοκρασία, και για την πλήρωση τυχόν απωλειών.

13.4.3 Τα ηλεκτροκίνητα βαρούλκα.

Η κίνηση του βαρούλκου πραγματοποιείται από ηλεκτροκίνητο συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα βαρούλκα εναλλασσόμενου ρεύματος έχουν μία ή δύο βαθμίδες ταχύτητας, ενώ τα συνεχούς ρεύματος τρεις έως πέντε. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των κινητήρων συνεχούς ρεύματος, είναι η αποδοτικότητά τους σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, όταν λειτουργούν σε ταχύτητες της κατώτερης κλίμακας λειτουργίας τους.

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος παρέχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε συνεχές φορτίο ενάντια στην πλήρη ροπή τους, γι' αυτό χρησιμοποιούνται στα αυτόματα βαρούλκα προσδέσεως. Η μέγιστη απόδοση στην έξοδο των περισσότερων βαρούλκων με ηλεκτροκίνητους συνεχούς ρεύματος είναι 500 rpm/min, με δυνατότητα να αυξηθεί μέχρι δύο έως τέσσερις φορές, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε χαμηλά φορτία.

Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτροκίνητοι εναλλασσόμενου ρεύματος, στην πλειονότητά τους λειτουργούν με μέγιστη ταχύτητα περιστροφής που αντιστοιχεί σε 4 πόλους σύγχρονης λειτουργίας στις 1800 rpm/min με συχνότητα ρεύματος 60 Hz. Οι στροφές αυτές είναι παρόμοιες με τις μέγιστες στροφές των κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Όμως, όταν λειτουργούν με φορτίο και η αντίσταση που ασκείται από το τύμπανο του βαρούλκου προκαλέσει τη διακοπή της περιστροφής των κινητήρων τους, ενώ το ρεύμα εξακολουθεί να παρέχεται στον κινητήρα, η αντίσταση που αναπτύσσεται έχει ως αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του κινητήρα (μετατροπή της ηλεκτρικής ισχύος σε θερμική).

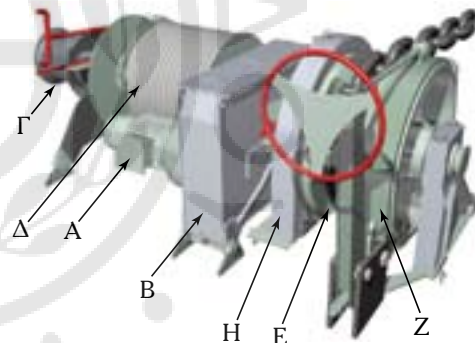
Τα πλεονεκτήματα μεταξύ των δύο τύπων ισορροπούνται έτσι, ώστε να επιλέγεται ο ηλεκτροκίνητος με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για κάθε χρήση.

Το βαρούλκο του σχήματος 13.4στ αποτελείται από τον ηλεκτροκίνητο εναλλασσόμενου ρεύματος μίας ταχύτητας (Α) και συνδέεται οριζόντια με το κιβώτιο γρاناζιών (Β), που μεταδίδει την κίνηση στο τύμπανο έλξεως (Γ), στο τύμπανο περιελίξεως (Δ) και στο αλυσέλικτρο (Ε) μέσω διακλαδωτήρα τύπου ψαροκόκκαλου ή ελικοειδών τροχών (Η). Επίσης, διακρίνεται το φρένο του βαρούλκου (Ζ).

Άλλη διάταξη ηλεκτροκίνητου βαρούλκου παρουσιάζεται στο σχήμα 13.4ζ, όπου ο κινητήρας με το κιβώτιο των γρاناζιών τοποθετείται κάτω από το κατάστρωμα και η μετάδοση της κίνησης στο τύμπανο και στο αλυσέλικτρο πραγματοποιείται μέσω του κάθετου άξονα συνδέσεως.

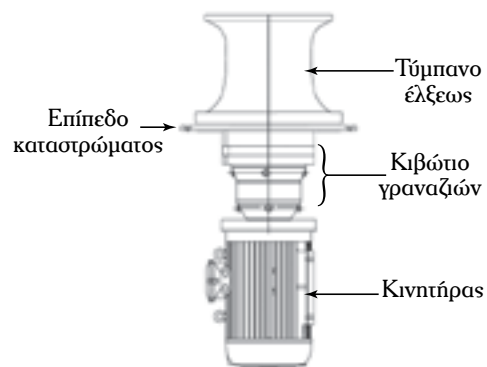
Ο κινητήρας, σε κάθε περίπτωση, έχει τη δυνατότητα περιστροφής και προς τις δύο κατευθύνσεις έλκοντας το βάρος μιας άγκυρας, αλλά και τη δυνατότητα ανυψώσεως και καθελκύσεως φορτίων με τον κινητήρα σε συνεχή λειτουργία.

Το βαρούλκο διαθέτει ηλεκτρικό φρένο, που ενεργεί αυτόματα, συγκρατώντας το φορτίο σε περίπτωση αιφνίδιας διακοπής του ρεύματος στον κινητήρα. Αποτελείται από δύο δίσκους, έναν κινητό στερεωμένο στον άξονα του κινητήρα και έναν σταθερό. Και οι δύο δίσκοι βρίσκονται σε επαφή συγκρατώντας τον άξονα σταθερό. Με την παροχή ρεύματος για τη λειτουργία του κινητήρα, παρέχεται ρεύμα στο πηνίο του φρένου που, αναπτύσσοντας μαγνητική δύναμη, ανασπώνει τον έναν κινητό δίσκο επιτρέποντας την ελεύθερη περιστροφή του άξονα και προς τις δύο κατευθύνσεις. Μόλις το ρεύμα διακοπεί, οι δίσκοι



Σχ. 13.4στ

Ηλεκτροκίνητο βαρούλκο.



Σχ. 13.4ζ

Ηλεκτροκίνητο βαρούλκο με κάθετο άξονα.

έρχονται πάλι σε επαφή διατηρώντας τη θέση του άξονα σταθερή.

Επίσης, λόγω μεγάλης ποικιλίας από διάφορους κατασκευαστές και ανάλογα με τη χρήση, η πέδηση (φρενάρισμα) του άξονα περιστροφής μπορεί να πραγματοποιείται με τη βοήθεια χειροκίνητης διάταξης με σύστημα μοχλών και συνδέσμων. Μέσω αυτού του συστήματος, επιτυγχάνεται η σταθερή θέση του βαρούλκου όταν ο κινητήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας ή στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όταν υποστεί βλάβη το μαγνητικό φρένο.

Στο αυτόματο σύστημα προσδέσεως συνήθως χρησιμοποιείται ηλεκτροκινητήρας με δύο ταχύτητες, που ενεργοποιείται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα με τη βοήθεια ειδικού χρονοδιακόπτη. Το σχοινί προσδέσεως έλκεται αυτόματα ή χαλαρώνει αντίστοιχα προς τις μεταβολές της εντάσεώς του και διατηρείται τεντωμένο με τη βοήθεια μαγνητικής πέδης. Σε διατάξεις σταθερής εντάσεως, ο άξονας του βαρούλκου εφοδιάζεται με ειδικό μηχανισμό, που ενεργοποιείται από την ένταση του σχοινού και επιδρά σε διακόπτη του ηλεκτροκινητήρα, ανάλογα με τις μεταβολές εντάσεως του σχοινού. Ο διακόπτης του ηλεκτροκινητήρα αποτελείται από κνώδακες, που ελέγχουν την κίνηση του βαρούλκου. Ο κύριος διακόπτης ελέγχου συνήθως τοποθετείται στο κατάστρωμα, κοντά στα σημεία απ' όπου διευκολύνεται ο χειρισμός του μηχανήματος.

13.5 Εργάτης και βαρούλκο άγκυρας.

Η αποτελεσματικότητα της λειτουργίας του εργάτη (capstan) ή του βαρούλκου της άγκυρας (windlass) είναι σημαντική για την ασφάλεια του πλοίου. Όπως έχει αναφερθεί, με τους όρους εργάτη και βαρούλκο εννοούμε τον μηχανισμό που διαθέτει κατακόρυφο ή οριζόντιο άξονα αντίστοιχα, επάνω στον οποίο προσαρμόζεται τύμπανο ή αλυσέλικτρο. Το αλυσέλικτρο έχει ειδικής μορφής οδοντώσεις ή γλύφες, οι οποίες με την περιστροφή του, δέχονται τους κρίκους της μετακινούμενης αλυσίδας (σχ. 13.5α).

Ένα βαρούλκο άγκυρας πρέπει να ανταποκρίνεται στα ακόλουθα:

α) Το αλυσέλικτρο του βαρούλκου πρέπει να ελέγχει την άγκυρα και την αλυσίδα, ενώ όταν αυτό αποσυνδεθεί από τα γρανάζια, πρέπει να στρέφεται ελεύθερα κατά την πόντιση της άγκυρας στη θάλασ-

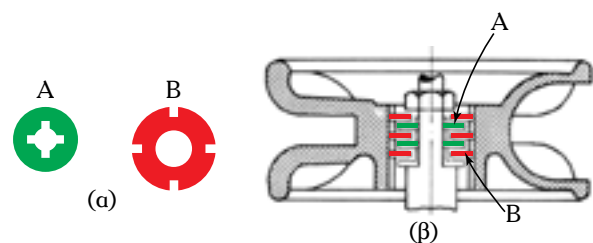
σα. Η μέση ταχύτητα κατά τη διάρκεια λειτουργίας για κάθε εγκατάσταση ορίζεται από τον νηογνώμονα και ελέγχεται με δοκιμαστική λειτουργία σε επιθεωρήσεις του πλοίου. Για την ελεύθερη περιστροφή του αλυσέλικτρου πάνω στον άξονα χρησιμοποιείται μία διάταξη με δίσκους τριβής, που είναι 8–12 δίσκοι τύπου Α και αντίστοιχα 8–12 δίσκοι τύπου Β (σχ. 13.5β). Οι δίσκοι τύπου Α τοποθετούνται στον άξονα σε κατάλληλες εξοχές και αντίστοιχα οι δίσκοι τύπου Β στο εσωτερικό του τροχού του αλυσέλικτρου εναλλάξ [σχ. 13.5β(β)]. Έτσι, με τη σύσφιγξή τους από το περικόχλιο οι δίσκοι έρχονται σε επαφή στρέφοντας το αλυσέλικτρο μαζί με τον άξονα, ενώ όταν το περικόχλιο χαλαρώνει, οι δίσκοι παύουν να εφάπτονται και ο άξονας ή το αλυσέλικτρο περιστρέφεται ανεξάρτητα.

β) Το βαρούλκο πρέπει να είναι σε θέση να ανυψώσει αλυσίδα μήκους όσο ένα **κλειδί** = 27,45 m (**άμμα**)¹ μέσα σε ορισμένο χρονικό περιθώριο, που ορίζεται από τον κατασκευαστή κάθε τύπου βαρούλκου. Το πλήρες φορτίο του βαρούλκου ποικίλλει και



Σχ. 13.5α

Βαρούλκο άγκυρας.



Σχ. 13.5β

(α) Μορφή δίσκων αλυσέλικτρου και
(β) διάταξή τους σ' αυτό.

¹ Κλειδί ή άμμα: μέτρο μήκους της αλυσίδας ενός πλοίου, π.χ. 4 κλειδιά = 109,8 m.

μπορεί να φτάσει τους 70 τόνους, ενώ συνήθως αντιπροσωπεύει 4–6 φορές το βάρος της άγκυρας.

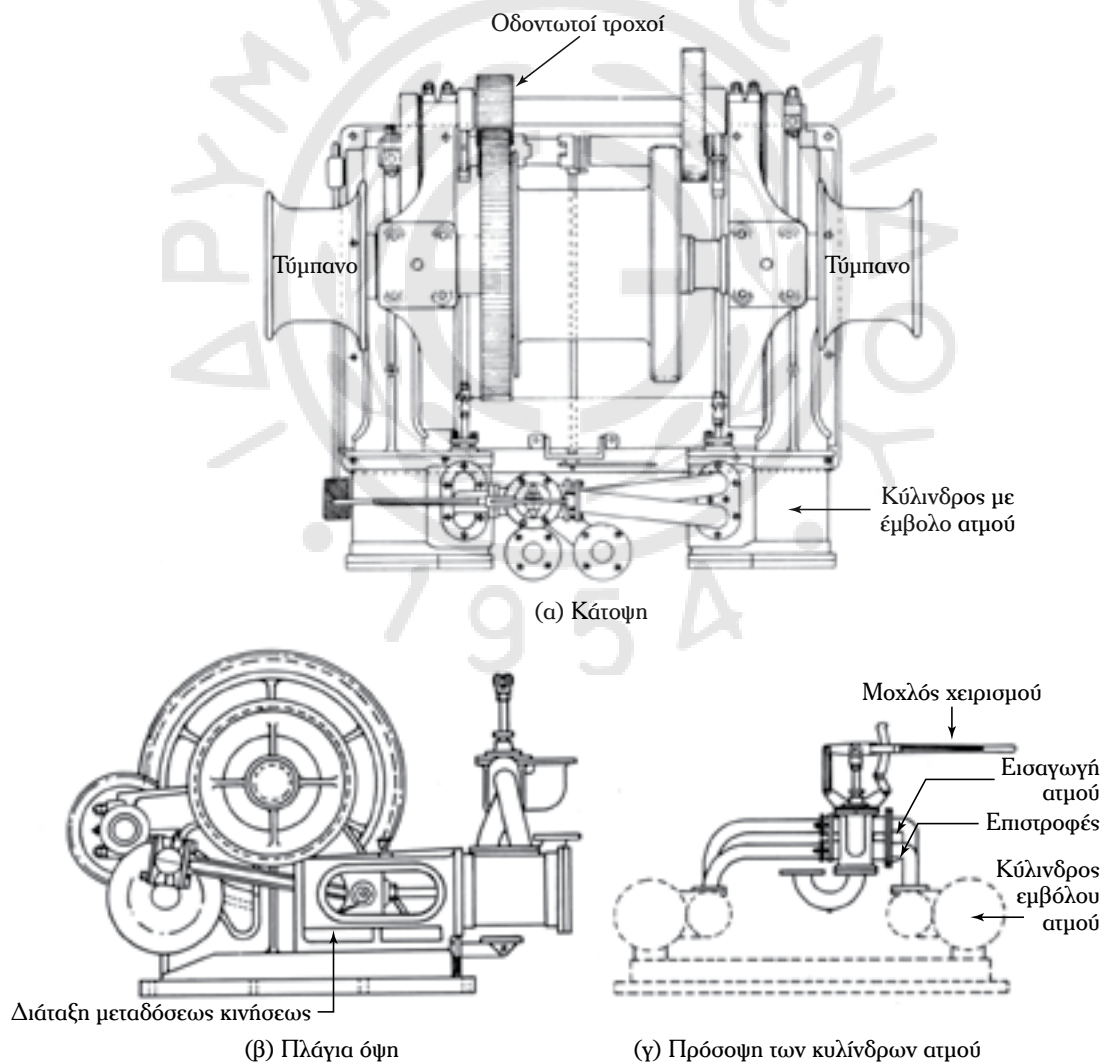
γ) Η δύναμη πεδήσεως που λαμβάνεται στην ανύψωση της αλυσίδας πρέπει να είναι ίση τουλάχιστον με το 40% του ορίου θραύσεως της αλυσίδας.

Στα βαρούλκα άγκυρας ο μηχανισμός παρέχει επίσης κίνηση σε ακραία τύμπανα, ώστε να πραγματοποιείται ταυτόχρονα ο χειρισμός σε σχοινιά ή σύρματα προσδέσεως, ενώ είναι δυνατόν τα βαρούλκα άγκυρας να διαθέτουν και τύμπανα περιελίξεως για την αποθήκευση των σχοινιών μέχρι την επόμενη χρήση.

Ανάλογα με τον μηχανισμό κινήσεως που χρησιμοποιείται, τα βαρούλκα άγκυρας διακρίνονται σε:

α) **Ατμοκίνητα**, με δικύλινδρη συνήθως παλινδρομική μηχανή και σύστημα διανομής του ατμού για

την αναστροφή, επιτυγχάνοντας την περιστροφή του τυμπάνου και του αλυσέλικτρου προς τις δύο κατευθύνσεις (σχ. 13.5γ). Η αναστροφή πραγματοποιείται με την ανάλογη θέση του μοχλού ελέγχου του μηχανήματος. Στη μετάδοση της κινήσεως χρησιμοποιείται διάταξη ατέρμονα κοκλία και οδοντωτών τροχών. Σε ορισμένες κατασκευές χρησιμοποιούνται ατμοκίνητοι εργάτες με αναστρεφόμενο ατμοστρόβιλο, που αποτελείται από δύο σειρές ακτινικών περυγίων. Η μία σειρά, συνήθως η δεξιότροφη, χρησιμοποιείται για την κανονική κίνηση του μηχανήματος, ενώ η αριστερότροφη, με τα περύγια μικρότερου ύψους τοποθετημένα σε αντίθετη φορά, χρησιμοποιείται στην αντίστροφη κίνηση. Οι δύο θάλαμοι στους οποίους περιστρέφονται οι σειρές των ακτινικών περυγίων διαχωρίζονται στεγανά, ενώ ο έλεγχος λειτουργίας



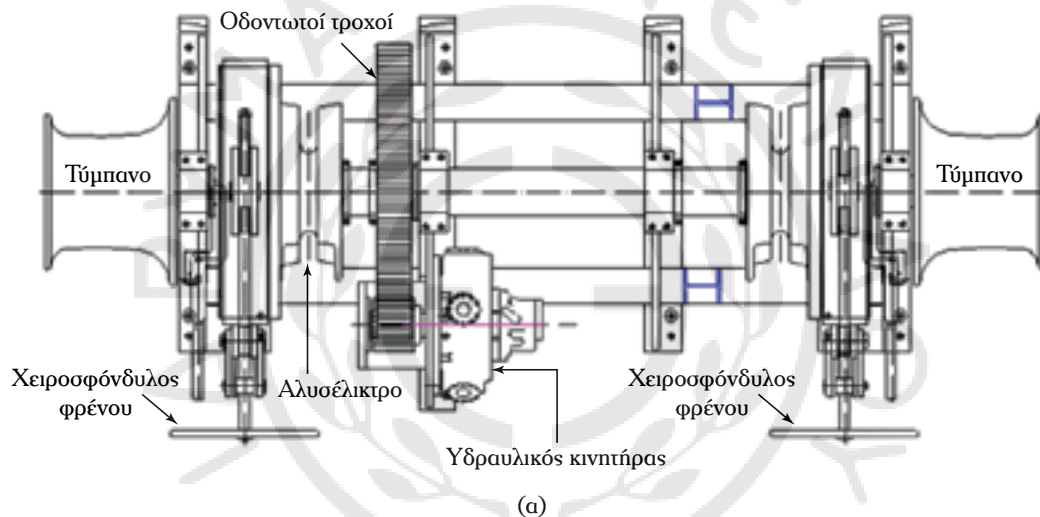
Σχ. 13.5γ
Ατμοκίνητο βαρούλκο.

του ατμοστροβίλου πραγματοποιείται μέσω εξωτερικών μοχλών, που ενεργούν στις βαλβίδες παροχής του ατμού.

β) **Υδραυλικά βαρούλκα**, με περυγιοφόρο υδραυλικό κινητήρα ή με ακινικά έμβολα για την περιστροφή του άξονα του μηχανήματος, ενώ η πίεση στον υδραυλικό κινητήρα παρέχεται από υδραυλική αντλία (σχ. 13.5δ). Σε ένα σύστημα υδραυλικού βαρούλκου, οι υδραυλικές αντλίες μπορεί να είναι εμβολοφόρες μεταβλητής διαδρομής, για την αντιστροφή της κίνησης του υδραυλικού κινητήρα. Οι υδραυλικές μονάδες εγκαθίστανται κάτω από το κατάστρωμα όταν εξυπηρετούν κάθε μηχανήμα χωριστά, ενώ στον χώρο του μηχανοστασίου εγκαθίσταται μια κεντρική μονάδα ισχύος, όταν πρόκειται

να λειτουργήσουν πολλά μηχανήματα μέσω υδραυλικού δικτύου.

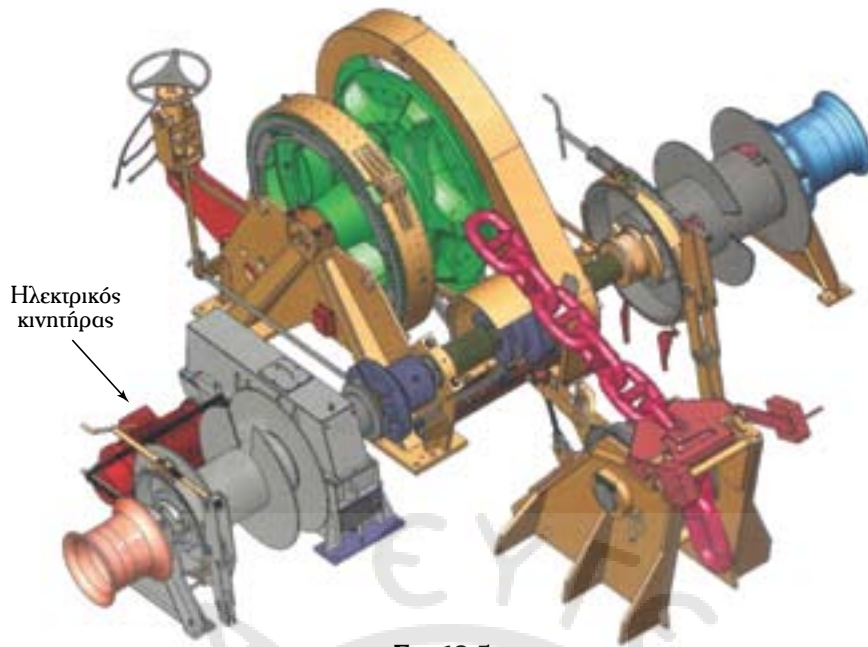
γ) **Ηλεκτρικά**, με κινητήρα συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Η μετάδοση από τον ηλεκτροκινητήρα γίνεται σε κατάλληλο κιβώτιο με γρανάζια, που μεταδίδει την κίνηση στον άξονα του βαρούλκου ή του εργάτη όπου εφαρμόζονται το αλυσέλικτρο, το τύμπανο έλξεως κ.λπ.. Στο σχήμα 13.5ε, παρουσιάζεται βαρούλκο με οριζόντιο άξονα. Ο ηλεκτρικός κινητήρας για την κίνηση του μηχανήματος είναι εγκατεστημένος επάνω στο κιβώτιο των γραναζιών ή κάτω από το κατάστρωμα, μεταδίδοντας την κίνηση μέσω άξονα. Όταν η εγκατάσταση του κινητήριου μηχανήματος βρίσκεται κάτω από το κατάστρωμα, ο εργάτης έχει τη διάταξη του σχήματος 13.5στ.



(β)

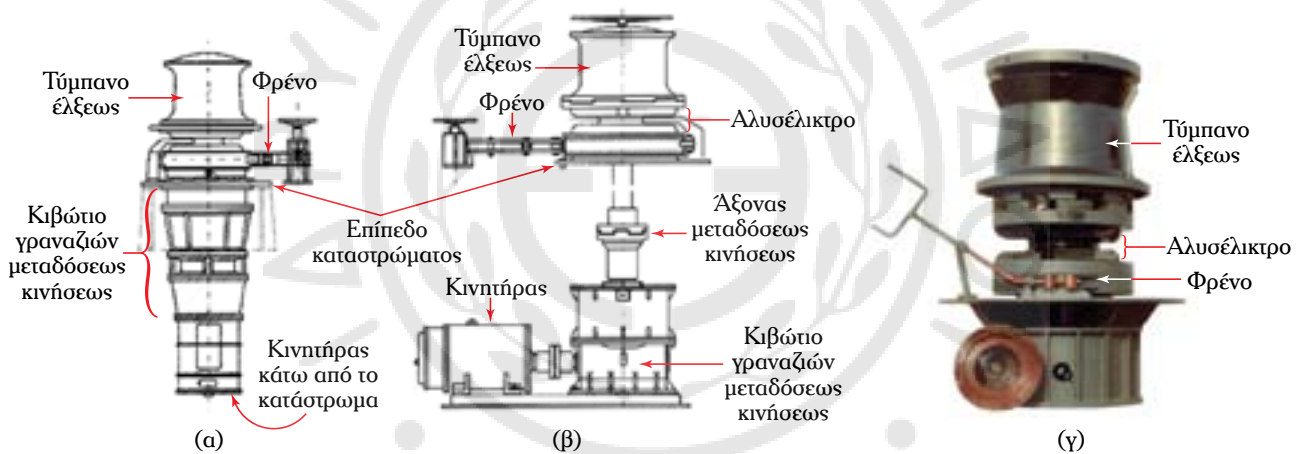
Σχ. 13.56

Υδραυλικό βαρούλκο. (α) Σχηματική αναπαράσταση και (β) εικόνα.



Σχ. 13.5ε

Ηλεκτρικό βαρούλκο με οριζόντιο άξονα.



Σχ. 13.5στ

Ηλεκτροκίνητος εργάτης άγκυρας με κινητήρα (α) σε κάθετη διάταξη, (β) σε οριζόντια διάταξη και (γ) εικόνα.

13.6 Μηχανισμοί προσδέσεως.

Τα βαρούλκα που χρησιμοποιούνται για την πόντιση και την ανέλκυση της άγκυρας διαθέτουν τύμπανα σχεδιασμένα, ώστε να έλκουν με την περιστροφή τους εκτός από την αλυσίδα της άγκυρας και τα σχοινιά ή τα σύρματα προσδέσεως (σχ. 13.6α). Επίσης, μπορεί να φέρουν και τύμπανα περιελίξεως των σχοινιών (κάβων) ή των συρματοσχοινίων.

Είναι τοποθετημένα στην πλώρη του πλοίου, ενώ στην πρύμνη ή κατά μήκος του καταστρώματος σε μεγάλο μήκος πλοία εγκαθίστανται **βίντζια** (mooring winches), που είναι όμοιας κατασκευής, αλλά δεν διαθέτουν αλυσέλικτρο, με σκοπό την



Σχ. 13.6α

Πρωαίο βαρούλκο με τύμπανα προσδέσεως.

πρόσδεση και τη συγκράτηση του πλοίου στην ξηρά.

Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για την κίνηση των αξόνων των τυμπάνων είναι όμοιοι με των βαρούλκων άγκυρας. Ανάλογα με τον μηχανισμό κινήσεως, τον τύπο του πλοίου, τον σχεδιασμό καθώς και τη διαθέσιμη ενέργεια τα βίντζια διακρίνονται σε **ατμοκίνητα**, **υδραυλικά**, **πλεκτροϋδραυλικά** ή **πλεκτρικά**.

Στα ατμοκίνητα [σχ. 13.6β(α)] ο ατμός παρέχεται από το δίκτυο ατμού του καταστρώματος, στα υδραυλικά [σχ. 13.6β(β)] και στα πλεκτροϋδραυλικά από κεντρική μονάδα ισχύος, ενώ στα πλεκτρικά [σχ. 13.6β(γ)] σε κάθε βίντζι εγκαθίσταται και ο ανάλογος πλεκτροκινητήρας. Ο χειρισμός πραγματοποιείται από συστήματα ελέγχου όπως βαλβίδες ατμού, βαλβίδες με μοχλούς ελέγχου του υδραυλικού ελαίου και διακόπτες για τα πλεκτροκίνητα.

Τα βίντζια στηρίζονται σε σταθερή βάση στο κατάστρωμα και διαθέτουν κατάλληλο μηχανισμό πεδήσεως (φρένου) με αντίβαρο και κοχλία συσφίξεως ή μαγνητική πέδη. Το φρένο είναι τύπου ταινίας ή ζώνης περιβάλλοντας τον τροχό πεδήσεως για την κράτηση του τυμπάνου όταν αυτό απαιτείται, ενώ η ζώνη πεδήσεως επενδύεται με αντιολισθητικό συνθετικό υλικό (φερμουίτ) στα σημεία επαφής με τον τροχό πεδήσεως του άξονα.

Η περιστροφή του τυμπάνου πραγματοποιείται και προς τις δύο κατευθύνσεις για την έλξη ή την απελευθέρωση των σχοινιών και των συρμάτων προσδέσεως.

Τα σύγχρονα βίντζια είναι εφοδιασμένα με αυτόματο μηχανισμό ελέγχου των προσδέσεων, ώστε όταν μεταβάλλεται η προκαθορισμένη ένταση να έλκουν ή να απελευθερώνουν ανάλογα τον κάβο ή το συρματοσχοίνο προσδέσεως, διατηρώντας την επιθυμητή τάση.



(α)



(β)

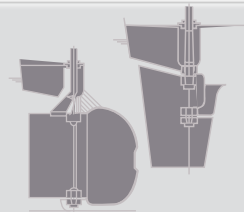


(γ)

Σχ. 13.6β
Τύποι βιντζιών.

Κεφάλαιο 14

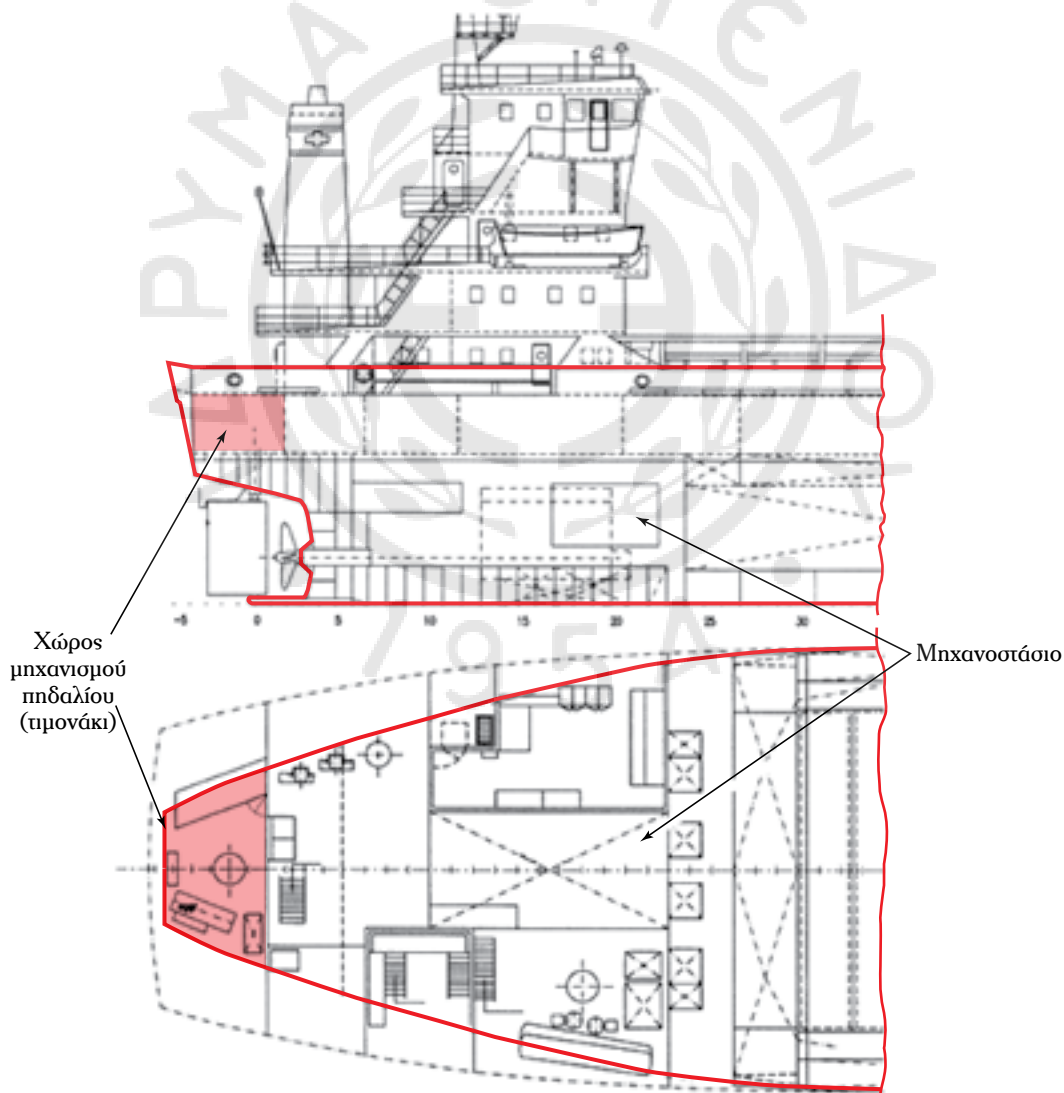
Πηδάλια



14.1 Εισαγωγή.

Ο **μηχανισμός πηδαλίου** (steering gear) στα πλοία είναι η διάταξη που εξασφαλίζει την περιστροφή του πηδαλίου και κατά συνέπεια την αλλαγή της πορείας του πλοίου. Οι εντολές αλλαγής της πορείας δίνονται από τη **γέφυρα** (bridge) και εκτελούνται από

τον θάλαμο μηχανισμού πηδαλίου κοινώς τιμονάκι (steering gear room), που βρίσκεται στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου συνήθως πίσω από το μηχανοστάσιο (σχ. 14.1). Κάτω από τον μηχανισμό πηδαλίου και εξωτερικά της γάστρας του πλοίου βρίσκεται το **περύγιο πηδαλίου** (rudder ή rudder blade).



Σχ. 14.1

Τμήμα από το σχέδιο γενικής διατάξεως πλοίου, όπου φαίνεται ο χώρος μηχανισμού πηδαλίου σε σχέση με το μηχανοστάσιο.

Το σύστημα της πηδαλιουχίας θεωρητικά απαρτίζεται από τρία υποσυστήματα: το **σύστημα ελέγχου** (control equipment), το **σύστημα παραγωγής ισχύος** (power unit) και τέλος το **σύστημα μεταφοράς της απαιτούμενης ροπής στον άξονα του πηδαλίου** (transmission to the rudder stock). Το σύστημα ελέγχου παράγει το επιθυμητό σήμα από τη γέφυρα του πλοίου. Στη συνέχεια, το σήμα ενεργοποιεί το σύστημα παραγωγής ισχύος και έτσι δημιουργείται η απαιτούμενη ροπή από το σύστημα μεταδόσεως, προκειμένου να περιστραφεί το πηδάλιο στην επιθυμητή γωνία.

Το πηδάλιο είναι μία ενισχυμένη κατασκευή με υδροδυναμικό σχήμα (hydrofoil), έτσι ώστε να δημιουργεί τη μέγιστη απαιτούμενη δύναμη για την αλλαγή της πορείας του πλοίου με τη λιγότερη δυνατή κατανάλωση ισχύος.

Στη Διεθνή Συνθήκη για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα SOLAS¹ (Safety Of Life At Sea) του IMO προβλέπονται οι **ελάχιστες απαραίτητες προϋποθέσεις για πλοία, που εκτελούν διεθνείς πλόες ή οι κανονισμοί σχετικά με τη συμμόρφωση των μηχανισμών πηδαλίων των πλοίων.**

Βασικοί κανόνες της SOLAS είναι οι παρακάτω:

α) Να υπάρχει εκτός του κύριου μηχανισμού πηδαλίου και ένα βοηθητικό πλήρες σύστημα και αντίστοιχης ιπποδυνάμειας, το οποίο να μπορεί να τεθεί σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης του κύριου.

β) Το σύστημα μηχανισμού πηδαλίου και το πηδάλιο πρέπει να είναι σχεδιασμένα, έτσι ώστε να αντέχουν υδραυλικές πιέσεις και δυνάμεις στο 125% των συνθηκών σχεδιάσεως.

γ) Η γωνία στροφής του πηδαλίου πρέπει να είναι από -35° έως $+35^\circ$ (σύνολο 70°) και στο βύθισμα σχεδιάσεως του πλοίου πρέπει ο χρόνος στροφής να μην υπερβαίνει τα 28 s για συνολική γωνία στροφής 65° .

δ) Η ελάχιστη διάμετρος του άξονα πηδαλίου πρέπει να είναι 120 mm, εκτός αν το πλοίο είναι σχεδιασμένο να πλέει σε θάλασσα με πάγους, που στην περίπτωση αυτή θα είναι μεγαλύτερη.

ε) Τα Δ/Ξ άνω των 10.000 κόρων ολικής χωρητικότητας (κοκ²) πρέπει να έχουν δύο ανεξάρτητα συ-

στήματα ελέγχου στη γέφυρα του πλοίου.

στ) Σε όλους τους τύπους πλοίων άνω των 70.000 κοκ και ειδικά στα Δ/Ξ άνω των 10.000 κοκ πρέπει να υπάρχουν δύο όμοια κύρια συστήματα παραγωγής ισχύος.

ζ) Σε περίπτωση αστοχίας του κύριου συστήματος μηχανισμού πηδαλίου, πρέπει να υπάρχει οπτική και ηχητική ειδοποίηση στη γέφυρα και να τίθεται αυτόματα σε λειτουργία το βοηθητικό σύστημα, το αργότερο σε 45 s.

η) Πρέπει να υπάρχει σύστημα επικοινωνίας μεταξύ της γέφυρας και θαλάμου συστήματος πηδαλιουχίας.

Ο τύπος και η αρχή λειτουργίας του συστήματος μηχανισμού πηδαλίου μπορεί να είναι υδραυλικός (ηλεκτροϋδραυλικός, telemotor), μηχανικός ή ηλεκτρικός, όπως θα περιγραφούν αναλυτικά στη συνέχεια.

Παλαιότερα, γινόταν χρήση του ατμοκίνητου πηδαλίου, όταν ο ατμός ήταν το βασικό μέσο παραγωγής ισχύος στα πλοία. Το ατμοκίνητο πηδάλιο κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό μηχανολόγο Frederick Sickel (1819–1895) το 1853 και εγκαταστάθηκε σε πολλά ατμοκίνητα πλοία, όπως ο Τιτανικός και ο Βρετανικός. Η εταιρεία Brown Bros. Co. Ltd στο Εδιμβούργο εξέλιξε την πατέντα του Sickel, κατασκευάζοντας σχεδόν όλα τα ατμοκίνητα πηδάλια που εγκαταστάθηκαν έκτοτε στα πλοία.

14.2 Γεωμετρία πηδαλίου – Τύποι πηδαλίων.

Το πηδάλιο είναι το μέσο με το οποίο το πλοίο μπορεί να αλλάζει κατεύθυνση και να ακολουθεί την επιθυμητή πορεία. Βασικά στοιχεία στον υπολογισμό του τύπου και του μεγέθους του πηδαλίου είναι:

α) Η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου.

β) Η ευθύγραμμη απόσταση του **άξονα του πηδαλίου** (rudder stock) από το **σημείο στροφής** ή **ουδέτερο σημείο** (pivoting point)³ του πλοίου L_{PV} (σχ. 14.2α).

γ) Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της γάστρας του πλοίου.

δ) Το σχήμα της πρύμνης του πλοίου.

¹ SOLAS 2002, consolidated edition.

² Ένας κόρος ισούται με 100 κυβικά πόδια (1 κοκ = 100 ft³).

³ Όταν ασκείται κάθετη δύναμη από το πηδάλιο του πλοίου, αυτό περιστρέφεται γύρω από έναν «νοντό» κάθετο άξονα, ο οποίος διέρχεται από ένα σημείο, που ονομάζεται σημείο στροφής. Το σημείο στροφής βρίσκεται στο $\frac{1}{3}$ του μήκους του πλοίου από την πύρα, όταν το πλοίο είναι εν κινήσει.

ε) Το εμβαδόν της προβολής της βρεχόμενης επιφάνειας του πλοίου και η θέση του **κέντρου εγκάρσιων αντιστάσεως** (centre of lateral resistance)

στ) Το βάθος του νερού (σχ. 14.2β).

Το βάθος του νερού ή καλύτερα η απόσταση του πυθμένα του πλοίου από τον πυθμένα του βυθού είναι βασική συνιστώσα στην αλλαγή κατευθύνσεως του πλοίου. Ο βασικός λόγος είναι η ύπαρξη ροής του νερού κάτω από τον πυθμένα του πλοίου. Όσο μικρότερη είναι η απόσταση, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ροής του νερού. Το γεγονός αυτό αυξάνει την εγκάρσια αντίσταση του πλοίου, δηλαδή τη δυνατότητα να αλλάξει κατεύθυνση.

Η κάθετη συνιστώσα της εφαρμοζόμενης από το πηδάλιο δυνάμεως F_R είναι ανάλογη με την επιφάνεια του πηδαλίου A_T , το προφίλ της υδροτομής του πηδαλίου, της πυκνότητας του νερού, όπως επίσης και της ταχύτητας προσπώσεως του νερού από την έλικα προς το πηδάλιο. Για τον λόγο αυτόν τα πηδάλια βρίσκονται πάντα πίσω από τις έλικες των πλοίων, έτσι ώστε το πλοίο να έχει καλύτερες ελκτικές ικανότητες λόγω αυξημένης ροής του νερού. Επίσης, όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση L_{PV} , τόσο μεγαλύτερη είναι η ροπή που αναπτύσσεται από το πηδάλιο, προκειμένου να αλλάξει κατεύθυνση το πλοίο.

Η επιφάνεια του πηδαλίου A_T υπολογίζεται σε συνάρτηση με γεωμετρικά χαρακτηριστικά της γάστρας του πλοίου, όπως είναι το εμβαδόν της προβολής βρεχόμενης επιφάνειας, το οποίο εκφράζεται από το γινόμενο (μήκος πλοίου \times βύθισμα), το πλάτος του και επίσης την επιθυμητή δύναμη F_R , που υπολογίζεται στην παράγραφο 14.3.1.

Ενδεικτικά, από τους κανονισμούς του νορβηγικού νηογνώμονα DNV (Det Norske Veritas) δίνεται μία εκτίμηση της ελάχιστης επιφάνειας του πηδαλίου από τη σχέση:

$$A_T = \frac{T \cdot L_{BP}}{100} \cdot \left[1 + 25 \cdot \left(\frac{B}{L_{BP}} \right)^2 \right] [m^2] \quad (1)$$

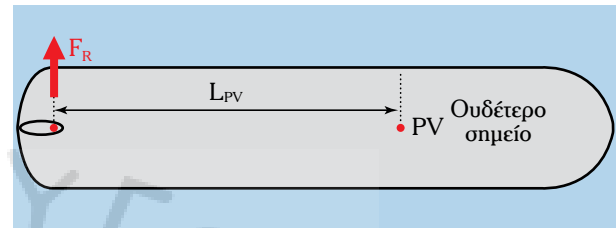
όπου: A_T το εμβαδόν σε m^2 , T το έμφορτο βύθισμα σε m , L_{BP} το μήκος μεταξύ καθέτων σε m και B το πλάτος υπολογισμού σε m .

Ενδεικτικά, στον πίνακα 14.2 παρουσιάζονται για ορισμένους τύπους πλοίων οι τιμές του αδιάστατου λόγου $100 \cdot \left(\frac{A_T}{T \cdot L_{BP}} \right)$.

Από τη σχεδίαση του πλοίου, πριν τη ναυπήγησή του, είναι γνωστά τα υδροδυναμικά χαρακτηρι-

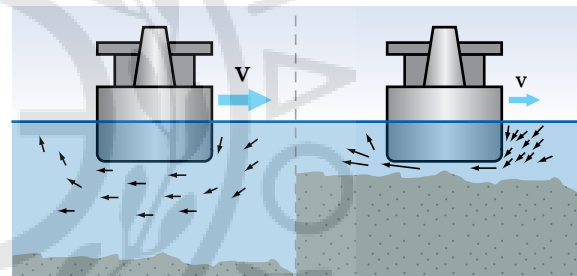
κά του και επομένως το απαιτούμενο μέγεθος του πηδαλίου, τα οποία σε σχέση με τον απαιτούμενο χώρο για το πτερύγιο του (των) πηδαλίου (-λίων) καθορίζουν την επιλογή του τύπου του σχήματος του πηδαλίου. Έτσι, καταλήγουμε να επιλέξουμε:

α) **Μη ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο πολλαπλής εδράσεως** (non balanced rudder) [σχ. 14.2γ(α)]. Αυτός ο τύπος πηδαλίου απαιτεί τη μέγιστη ροπή



Σχ. 14.2α

Το πλοίο περιστρέφεται γύρω από το σημείο στροφής. Η ροπή που στρέφει το πλοίο είναι ανάλογη της δυνάμεως F από το πηδάλιο και της αποστάσεως L_{PV} .



Σχ. 14.2β

Ροή γύρω από την γάστρα του πλοίου σε βαθύ ή ρηχό νερό.

Πίνακας 14.2

Ενδεικτικές τιμές του λόγου $100 \cdot (A_T / T \cdot L_{BP})$ για διάφορους τύπους πλοίων.

Τύπος πλοίου	$100 \cdot \left(\frac{A_T}{T \cdot L_{BP}} \right)$
Ρυμουλκά (tugs)	2,4 – 2,8
Ασφαλτάδικα (asphalt bitumen)	1,5 – 2,0
Φορτηγά κύδην φορτίου (bulk carriers)	1,5 – 2,0
Δ/Ξ (oil tankers)	1,2 – 1,9
Δ/Ξ εμπορευματοκιβωτίων (containers)	1,3 – 2,7
Επιβατηγά (passenger ferries)	1,3 – 2,0
Αλιευτικά (trawlers)	2,4 – 4,0

στρέψεως, καθώς είναι μη ζυγοσταθμισμένο, δηλαδή όλη η επιφάνειά του βρίσκεται πίσω από τον άξονά του. Επίσης, η ροπή κάμψεως στον άξονα του πηδαλίου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τους τύπους των πηδαλίων με υποβραχιόνιο.

β) **Ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο διπλής εδρασεως** (balanced rudder) [σχ. 14.2γ(β)]. Στο πηδάλιο αυτό η επιφάνεια του πηδαλίου εκτείνεται και στο μπροστινό τμήμα του άξονα. Με αυτήν τη γεωμετρία χρειάζεται μικρότερη ροπή στρέψεως από τον μηχανισμό πηδαλίου. Η καμπτική ροπή στον άξονα είναι όμοια με την προηγούμενη περίπτωση.

γ) **Κρεμαστό ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο με υποβραχιόνιο** (balanced rudder with sole piece) [σχ. 14.2γ(γ)]. Σε αυτό το πηδάλιο, το υποβραχιόνιο εξυπηρετεί έτσι, ώστε να μειώνεται η καμπτική ροπή του άξονα του πηδαλίου. Αντίστοιχα, υπάρχει ο ίδιος τύπος πηδαλίου χωρίς υποβραχιόνιο [σχ. 14.2γ(δ)].

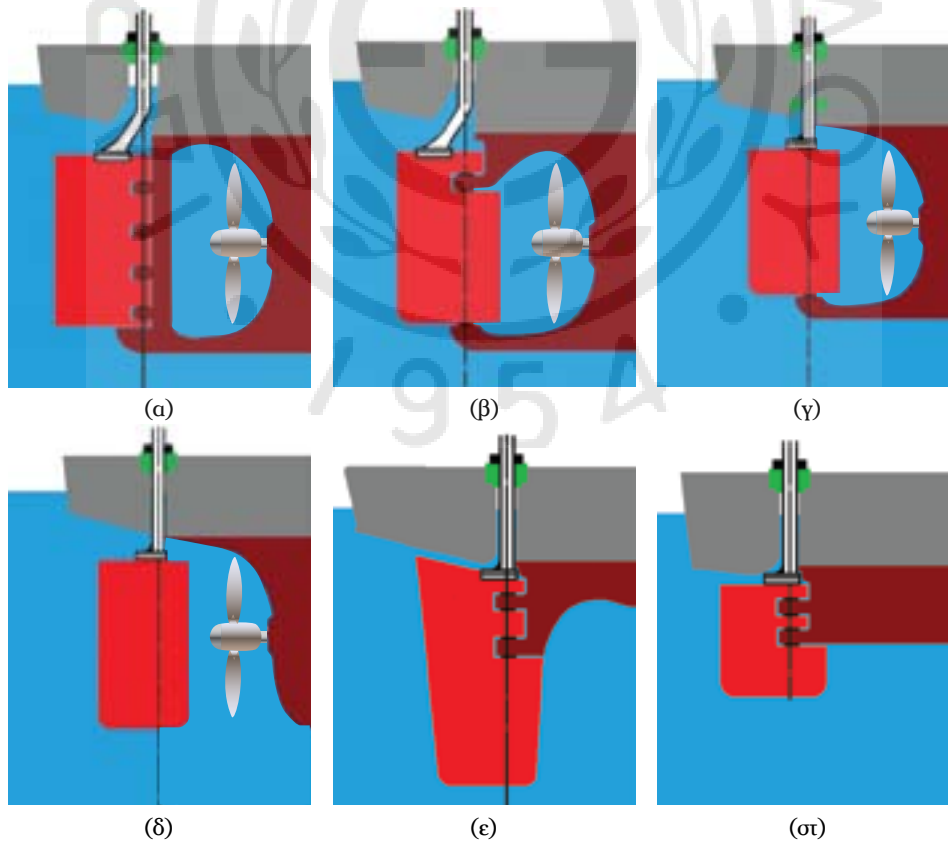
δ) **Ημι-ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο με ποδόστημα** (semi balanced spade rudder with rudder horn) [σχ. 14.2γ(ε)] και **ημι-ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο δύο τριβέων με ποδόστημα** [σχ. 14.2γ(στ)]. Σε αυτήν την περίπτωση, έχουμε μείωση τόσο της ρο-

πής στρέψεως από τον μηχανισμό πηδαλίου, όσο και της καμπτικής ροπής στον άξονα λόγω του ποδοστίματος.

Ως **βαθμός ζυγοσταθμίσεως** χαρακτηρίζεται ο λόγος της επιφάνειας του πηδαλίου που βρίσκεται μπροστά από τον άξονά του προς τη συνολική επιφάνεια του πηδαλίου. Ο λόγος αυτός κυμαίνεται περίπου από 0,10 έως 0,35.

Τα πρώτα πηδάλια που χρησιμοποιήθηκαν σε πλοία ήταν επίπεδα και αρθρωτά στο μπροστινό τμήμα τους, επάνω στη γάστρα του πλοίου. Με την περιστροφή του πηδαλίου μεταβαλλόταν η ροή του νερού, με αποτέλεσμα να εγείρεται η επιθυμητή δύναμη στην πρύμνη του πλοίου έτσι, ώστε να αλλάζει κατεύθυνση.

Η εισαγωγή του ζυγοσταθμισμένου πηδαλίου ουσιαστικά μετατόπισε τον άξονα περιστροφής του περίπου στο 50% του μήκους του πηδαλίου. Έτσι, κατά την περιστροφή του πηδαλίου, η ροή του νερού στην επιφάνεια μπροστά από τον άξονα περιστροφής υποβοηθά την περιστροφή του πηδαλίου. Μ' αυτόν τον τρόπο χρειάζεται λιγότερη ροπή στον άξονα περιστροφής του.



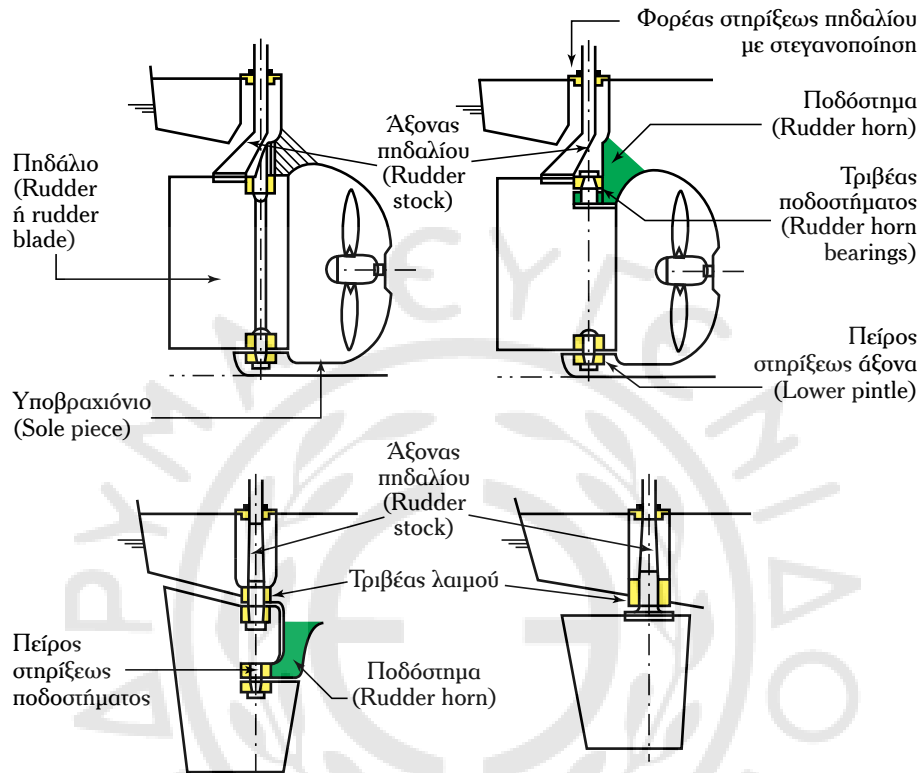
Σχ. 14.2γ
Τύποι πηδαλίων.

Το ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο τοποθετήθηκε για πρώτη φορά στο πολεμικό πλοίο USS Monitor το 1862.

Μία εξέλιξη των συμβατικών πηδαλίων όπως αυτά που παρουσιάζονται στο σχήμα 14.2δ είναι τα πηδάλια με **ουραία περύγια** (flap rudders) (σχ.

14.2ε και 14.2στ). Τα πηδάλια αυτά τοποθετούνται κυρίως σε γρήγορα πλοία με σχετικά μικρό συντελεστή γάστρας C_B , όπως είναι τα επιβατηγά ή τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων. Η ύπαρξη των περυγίων (flaps):

α) Διευκολύνει τη διόρθωση της πορείας του



Σχ. 14.2δ

Περιγραφή βασικών τμημάτων πηδαλίων.



Σχ. 14.2ε

Πηδάλια με ουραία περύγια.

πλοίου, χωρίς μεγάλη κατανάλωση ισχύος, αφού περιστρέφεται μόνο το περύγιο, ενώ το κυρίως πηδάλιο παραμένει ακίνητο.

β) Αυξάνει τη δύναμη του πηδαλίου, όταν αυτό στρέφεται σε μεγάλη γωνία, με αποτέλεσμα να έχει καλύτερες ελκτικές ικανότητες.

Η διαμόρφωση του πρυμναίου τμήματος της γάστρας του πλοίου είναι ένας βασικός παράγοντας για την επιλογή του σχήματος του πηδαλίου. Σε περίπτωση που η γάστρα επιτρέπει την τοποθέτηση δύο πηδαλίων αντί ενός, τότε, κατόπιν μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις ελιγμών του πλοίου και τους γεωμετρικούς περιορισμούς (όπως το απαιτούμενο ύψος του πηδαλίου σε σχέση με το βύθισμα του πλοίου), είναι δυνατόν να τοποθετηθούν δύο πηδάλια (σχ. 14.2ζ).

14.3 Ροπή στρέψεως πηδαλίου.

Το πηδάλιο, προκειμένου να περιστραφεί στην επιθυμητή από τον χειριστή γωνία, απαιτείται να εφαρμοστεί ροπή στον άξονά του από τον μηχανισμό του πηδαλίου. Για τον υπολογισμό του μεγέθους της απαιτούμενης ροπής στρέψεως είναι απαραίτητο να είναι γνωστές τόσο η γεωμετρία του πηδαλίου, όσο και η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου.

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης ροπής στρέψεως μπορεί να γίνει με χρήση αναλυτικών σχέσεων της ροής ρευστών σε αλληλεπίδραση με στερεά σώματα. Επειδή όμως το πηδάλιο υπόκειται σε δυναμικές καταπονήσεις, δηλαδή καταπονήσεις σε συνάρτηση με τον χρόνο, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι αδρανειακές δυνάμεις λόγω των επιταχύνσεων. Για τον λόγο αυτόν καλό είναι να γίνεται χρήση των κανόνων των νηογνώμωνων, οι οποίοι περιλαμβάνουν τις δυναμικές καταπονήσεις.

Στις επόμενες παραγράφους, θα ακολουθήσει μία αναλυτική περιγραφή του υπολογισμού της ροπής στρέψεως πηδαλίου, με βάση τους κανονισμούς του ιταλικού νηογνόμωνα RINA¹ (Registro Italiano Navale Architectura). Οι κανονισμοί σχεδιάσεως των πηδαλίων είναι κοινοί για όλους τους νηογνώμονες που ανήκουν στον Διεθνή Οργανισμό των Νηογνώμωνων (International Association of Classification Society – IACS) και επίσης η μέθοδος μπορεί πολύ εύκολα να προγραμματιστεί σε υπολογιστικό φύλλο (π.χ. Excel) και να γίνει παραμετρική

ανάλυση σε συνάρτηση με τους παράγοντες σχεδίασεως, το σχήμα του πηδαλίου και την ταχύτητα του πλοίου.



Σχ. 14.2στ

Πηδάλια με ουραία περύγια.



Σχ. 14.2ζ

Πλοίο με δύο πηδάλια.

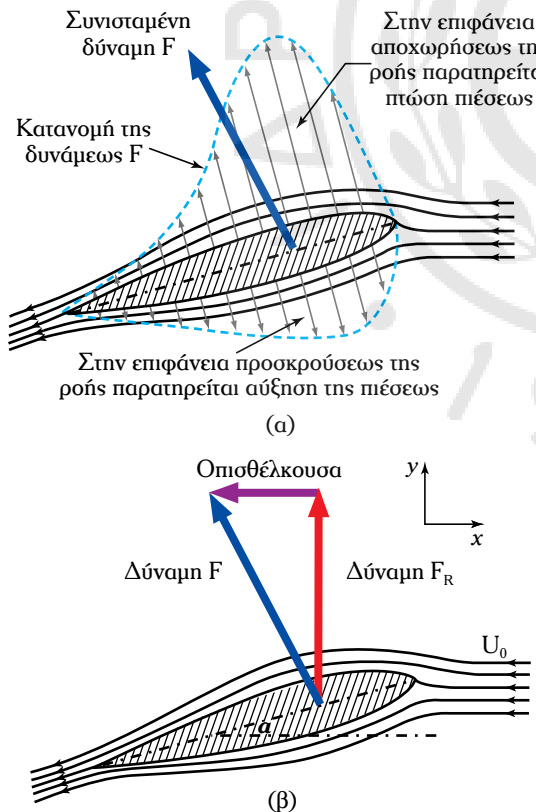
¹ Βλ. Κανονισμούς κατασκευής πλοίων, RINA 2008.

14.3.1 Υπολογισμός της δύναμης πηδαλίου.

Το πηδάλιο είναι μία συμμετρική υδροδυναμική κατασκευή, που όταν περιστραφεί κατά μία γωνία $\hat{\alpha}$, αναπτύσσεται μία δύναμη F λόγω της διαφορετικής κατανομής της πίεσης στη δεξιά και αριστερή πλευρά του πηδαλίου. Στην επιφάνεια προσκρούσεως παρατηρείται αύξηση της πίεσης, ενώ στην επιφάνεια αποχωρήσεως παρατηρείται πτώση της πίεσης, σύμφωνα με τον νόμο του Bernoulli. Η συνισταμένη δύναμη από την άθροιση των επί μέρους δυνάμεων στην επιφάνεια πίεσης και υποπίεσης είναι η δύναμη F [σχ. 14.3α(α)].

Η συνισταμένη δύναμη F αναλύεται σε δύο δυνάμεις, σε βάση ενός καρτεσιανού συστήματος αξόνων x - y [σχ. 14.3α(β)], την **οπισθέλκουσα** (drag) και τη **δύναμη στρέψεως πηδαλίου** F_R (rudder force ή lift). Η οπισθέλκουσα έχει φορά αντίθετη με την κίνηση του πλοίου, ενώ η F_R έχει κάθετη φορά και είναι η δύναμη, που θα προκαλέσει την αλλαγή της πορείας του πλοίου.

Το μέγεθος της δυνάμεως F_R είναι η αιτία αλλαγής κατευθύνσεως του πλοίου. Επίσης, η δύναμη



Σχ. 14.3α

Δυνάμεις που αναπτύσσονται στο πηδάλιο όταν αυτό έχει γωνία $\hat{\alpha}$, σε ρευστό με ταχύτητα U_0 .

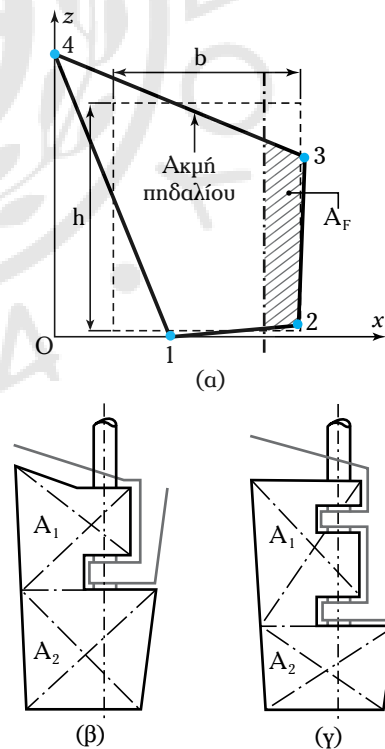
αυτή σε σχέση με τα γεωμετρικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του πλοίου καθορίζει τον κύκλο στροφής του πλοίου, όπως επίσης και την αλλαγή στη διαγωγή του (σχ. 14.3β).

Στη συνέχεια, θα περιγραφεί η εμπειρική μέθοδος υπολογισμού του μεγέθους της F_R για τους τρεις τύπους πηδαλίων που εικονίζονται στο σχήμα 14.3γ.



Σχ. 14.3β

Όταν τα πλοία αλλάζουν κατεύθυνση μετά από στροφή του πηδαλίου, αλλάζει η διαγωγή τους.



Σχ. 14.3γ

(α) Περίγραμμα κρεμασιού πηδαλίου σε καρτεσιανό σύστημα. (β) Πηδάλιο με ποδόστημα και μονό πείρο. (γ) Πηδάλιο με ποδόστημα και διπλό πείρο.

Η δύναμη F_R σε [Newton] δίνεται από την σχέση:

$$F_R = 132 \cdot n_R \cdot A \cdot V^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \quad (2)$$

όπου:

α) n_R είναι ο συντελεστής ο οποίος έχει σχέση με την περιοχή πλόων του πλοίου, προκειμένου να λαμβάνει υπόψη τις δυνάμεις από τους κυματισμούς της θάλασσας. Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής αυτός φαίνονται στον πίνακα 14.3.1. Όπως παρατηρείται από τις τιμές του πίνακα, για πλοία τα οποία δραστηριοποιούνται σε προστατευμένες περιοχές, η δύναμη F_R (λόγω του n_R) είναι μειωμένη κατά 25% σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές για πλόες σε ανοικτή θάλασσα, χωρίς περιορισμούς.

β) A είναι η ολική επιφάνεια του πηδαλίου σε m^2 , όπως υπολογίζεται από το περίγραμμά του. Για το πηδάλιο του σχήματος 14.3γ(α) η συνολική επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

$$A = \frac{(z_3 + z_4) \cdot x_3}{2} - \frac{z_4 \cdot x_1}{2} - \frac{z_2 \cdot (x_2 - x_1)}{2} - \frac{(x_3 - x_2) \cdot (z_3 - z_2)}{2} [m^2]$$

όπου: x_n και z_n είναι οι τετημένες και τεταγμένες των σημείων 1, 2, 3, 4. Στην περίπτωση που απαιτείται να υπολογισθεί η δύναμη πηδαλίου, για οποιονδήποτε τύπο πηδαλίου απαιτείται να είναι γνωστές οι διαστάσεις του, προκειμένου να σχεδιασθεί υπό κλίμακα το περύγιο του πηδαλίου σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων.

γ) V είναι η **μέγιστη υπηρεσιακή ταχύτητα** (maximum ahead service speed) πλοίου σε πρόσω κίνηση, σε κόμβους (kn), στη **γραμμή φορτώσεως**

Πίνακας 14.3.1*
Τιμές συντελεστή n_R .

Περιοχή πλόων	Τιμές συντελεστή
Πλόες χωρίς περιορισμούς	1,00
Πλόες σε θάλασσα θέρους (summer zone)	0,95
Πλόες σε τροπικές θάλασσες (tropical zones)	0,85
Παράκτιοι πλόες (coastal areas)	0,85
Πλόες σε προστατευμένες περιοχές – Ποτάμια ή λίμνες (sheltered areas)	0,75

* Πηγή: RINA Classification rules, 2004.

θέρους (summer waterline). Εάν η ταχύτητα του πλοίου είναι μικρότερη από 10 kn, τότε θα λαμβάνεται ίση με V_{min} , σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$V_{min} = \frac{V + 20}{3} \quad (3)$$

Επομένως, για ένα πλοίο που έχει μέγιστη υπηρεσιακή ταχύτητα $V = 8$ kn, για τον υπολογισμό της ταχύτητας με την σχέση (2) θα λαμβάνεται ίση με:

$$V_{min} = \frac{8 + 20}{3} = \frac{28}{3} = 9,33 \text{ kn}$$

Στην περίπτωση που υπολογίζουμε τη δύναμη F_R για την πλεύση του πλοίου σε κατάσταση ανάποδα, τότε πρέπει να λάβουμε υπόψη τη μέγιστη ταχύτητα του πλοίου προς αυτήν την κατεύθυνση. Σε καμία περίπτωση η ταχύτητα αυτή δεν μπορεί να είναι μικρότερη από το μισό της ταχύτητας πορείας πρόσω.

δ) r_1 είναι ο **αδιάστατος συντελεστής μορφής του πηδαλίου** και λαμβάνεται από την παρακάτω σχέση:

$$r_1 = \frac{\lambda + 2}{3} \quad (4)$$

Η μέγιστη τιμή του r_1 είναι ίση με:

$$r_1 = \left(\frac{4}{3}\right) = 1,333$$

γιατί η μέγιστη τιμή του συντελεστή λ είναι το 2.

Το λ είναι **αδιάστατος συντελεστής**, που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση, και δεν μπορεί να πάρει τιμή μεγαλύτερη του 2:

$$\lambda = \frac{h^2}{A_T} \quad (5)$$

όπου: το h είναι το μέσο ύψος του πηδαλίου σε m, από το επίπεδο αναφοράς [σχ. 14.3γ(α)] και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$h = \frac{z_3 + z_4 - z_2}{2} \quad (6)$$

Σε περίπτωση που το επίπεδο αναφοράς εφάπτεται με το σημείο 2 αντί του σημείου 1 [σχ. 14.3γ(α)], τότε η σχέση (6) αλλάζει αντίστοιχα (δηλ. το z_2 αντικαθίσταται από το z_1). Όταν το πηδάλιο είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, τότε:

$$z_3 = z_4 = z \text{ και } z_1 = z_2 = 0.$$

Τότε το $h = 0,5 \cdot z$.

Το $A_T = A_1 + A_2$ αντιπροσωπεύει επιφάνεια σε m^2 . Είναι η άθροιση της επιφάνειας του πηδαλίου

Α με την πλάγια επιφάνεια του ποδοστήματος μέχρι το ύψος h . Εάν δεν υπάρχει ποδόστημα, τότε το $A_T = A$.

ε) r_2 είναι ο αδιάστατος συντελεστής, ο οποίος έχει σχέση με το σχήμα της υδροτομής του πηδαλίου. Οι τιμές του συντελεστή r_2 δίνονται από τον πίνακα 14.3.2 ανάλογα με το σχήμα της υδροτομής. Τα περισσότερα πηδάλια έχουν προφίλ με επίπεδες ή κοίλες πλευρές. Ο τύπος του προφίλ του πηδαλίου καθορίζεται από την μέγιστη ταχύτητα του πλοίου.

στ) r_3 είναι ο αδιάστατος συντελεστής, ο οποίος λαμβάνει τις παρακάτω τιμές:

– $r_3 = 0,80$ για πηδάλια που δεν είναι τοποθετημένα πίσω από προπέλα,

– $r_3 = 1,15$ για πηδάλια που είναι τοποθετημένα πίσω από προπέλα και

– $r_3 = 1,00$ για όλα τα υπόλοιπα πηδάλια.

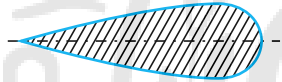

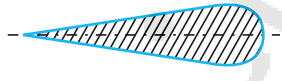
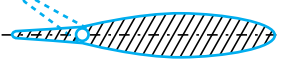
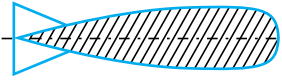
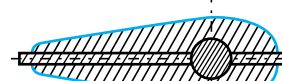
Στην περίπτωση που τα πηδάλια έχουν διαφορετικό σχήμα από αυτό του σχήματος 14.3γ(α), ο υπολογισμός της δυνάμεως πηδαλίου F_R γίνεται επίσης με τη χρήση της σχέσεως (2). Τα μεγέθη που χρειάζονται προσοχή είναι η επιφάνεια πηδαλίου A και ο υπολογισμός του συντελεστή r_1 .

Άλλοι παλαιότεροι προσεγγιστικοί τύποι για τον υπολογισμό της δυνάμεως του πηδαλίου είναι οι κάτωθι:

α) Τύπος Rankine:

$$F_R = 11 \cdot A \cdot V^2 \cdot \sin^2 \phi$$

Πίνακας 14.3.2
Τιμές αδιάστατου συντελεστή r_2 .

Προφίλ υδροτομής πηδαλίου	Τιμές του r_2 για κίνηση του πλοίου πρόσω	Τιμές του r_2 για κίνηση του πλοίου ανάποδα
NACA 00 – Goettingen 	1,10	0,80
Τομή με κοίλες πλευρές – Hallow type 	1,35	0,90
Τομή με επίπεδες πλευρές – Flat type 	1,10	0,90
Τομή με ουραίο πτερύγιο – High Lift 	1,70	1,30
Τομή σε σχήμα ψαριού – Fish tail 	1,40	0,80
Τομή επίπεδης πλάκας – Single plate 	1,00	1,00

σχέση (18), εάν διαιρέσουμε το έργο που παράγεται με τον απαιτούμενο χρόνο t [s]. Έτσι, προκύπτει η ισχύς, p , σε Joule/s ως:

$$p = F_R \cdot 2\pi \cdot \frac{\hat{\phi}}{360^\circ} \cdot r \cdot \frac{1}{t} \left[\frac{Nm}{sec} \right] \quad (20)$$

Εκτελώντας τις πράξεις στη σχέση (20) και λαμβάνοντας υπόψη ότι $1 \text{ joule/s} = 0,001 \text{ kW} = 0,00136 \text{ HP}$, λαμβάνουμε την ισχύ σε kW ή σε HP από τις σχέσεις (21) και (22).

$$p = F_R \cdot 2\pi \cdot \frac{\hat{\phi}}{360^\circ} \cdot r \cdot \frac{1}{t} \left[\frac{Nm}{sec} \right] \quad (21)$$

$$p = 4,08 \cdot \frac{F_R \cdot \pi \cdot \hat{\phi} \cdot r}{t} [HP] \quad (22)$$

14.4 Διατάξεις και μηχανισμοί πηδαλίων άμεσων και έμμεσων μεταδόσεως.

Η διάταξη του μηχανισμού πηδαλίου, όπως έχει προαναφερθεί, περιλαμβάνει το σύστημα ελέγχου, το σύστημα παραγωγής ισχύος και τέλος το σύστημα μεταφοράς της απαιτούμενης ροπής στον άξονα του πηδαλίου. Οι τύποι των εγκατεστημένων μηχανισμών πηδαλίων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

α) Το **πλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο** (electro hydraulic system - telemotor).

β) Το **μηχανικό πηδάλιο** (mechanical rudder).

γ) Το **πλεκτρικό πηδάλιο** (electric rudder).

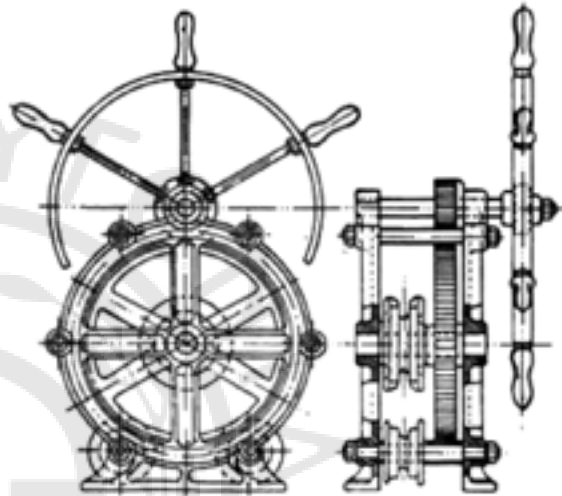
Το σύστημα ελέγχου περιλαμβάνει το **οιακοστρόφιο** ή **τιμόνι** (rudder wheel), το οποίο βρίσκεται στη γέφυρα του πλοίου και ανάλογα με τον τύπο του συστήματος πηδαλίου διακρίνεται σε μηχανικό (σχ. 14.4α) και ηλεκτρικό ή ηλεκτροϋδραυλικό (σχ. 14.4β)

Το **μηχανικό πηδάλιο** υπήρχε σε μεγάλα πλοία πριν από την ανάπτυξη των ηλεκτροϋδραυλικών συστημάτων. Η κίνηση του χειριστηρίου τροχού (τιμονιού) μεταβιβάζεται μέσω του συστήματος των γραναζιών στον τυμπανοφόρο άξονα, ο οποίος φέρει αλυσέλιτρο, προκειμένου να συνδεθεί αλυσίδα για τη μεταφορά της δυνάμεως στρέψεως από το τιμόνι στον οίακα, που βρίσκεται στο διαμέρισμα πηδαλίου, ακριβώς επάνω από τον άξονα του πηδαλίου. Ο οίακας αποτελείται από τόξο, στα άκρα του οποίου προσδέεται η αλυσίδα. Αντί της αλυσίδας, σε μικρότερα σκάφη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και συρματοσχοινο για τη μετάδοση της δυνάμεως. Ανεξάρτητα από το μέσο μεταφοράς της δυνάμεως γίνεται χρήση τοπικών τροχαλίων ή αλυσελίτρων για την αλλαγή

διευθύνσεως της φοράς μεταδόσεως από τη γέφυρα του πλοίου στον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλίου. Τα μηχανικά πηδάλια, επειδή ακριβώς περιλαμβάνουν πολλά μηχανικά μέρη, έχουν αυξημένες τριβές, οι οποίες μειώνουν τον συνολικό βαθμό αποδόσεώς τους και αυξάνουν τη συντήρηση.

Μία μορφή μηχανικού πηδαλίου, χωρίς τη χρήση αλυσίδας για την μεταφορά της δυνάμεως στρέψεως φαίνεται στο σχήμα 14.4γ.

Σήμερα, σπάνια συναντάται μηχανικό σύστημα



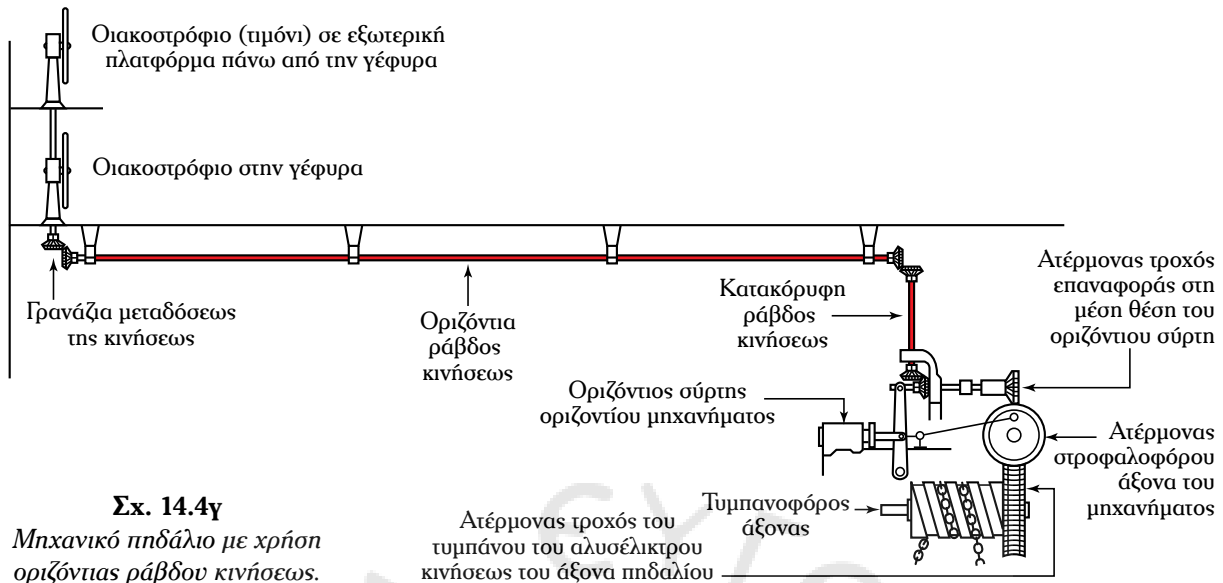
Σχ. 14.4α

Μηχανικό οιακοστρόφιο.



Σχ. 14.4β

Σύγχρονο οιακοστρόφιο ηλεκτινήσεως.



Σχ. 14.4γ
Μηχανικό πηδαλίο με χρήση οριζόντιας ράβδου κινήσεως.

πηδαλίου, γιατί έχει αντικατασταθεί από την τηλεκίνηση με υδραυλικό σύστημα. Η χρήση και εγκατάσταση των **υδραυλικών πηδαλίων** έχει απλουστευθεί πάρα πολύ με την ευρεία διάδοσή τους. Η πιο απλή εφαρμογή τους είναι αυτή που εγκαθίσταται σε μικρές λέμβους (βλ. τη διάταξη του σχ. 14.4δ).

Με τη χρήση μίας απλής χειροκίνητης περιστροφικής αντλίας και ενός εμβόλου επιτυγχάνεται η μεταφορά της δυνάμεως περιστροφής στη **λαγουδέρα**¹ (tiller) μέσω ενός κλειστού συστήματος υδραυλικού ελαίου και ενός συστήματος υποβοήθησης σερβομοτέρ. Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται σε μικρές λέμβους και σε μεσαίου μεγέθους εμπορικά πλοία χωρητικότητας μέχρι 500 κοκ. Σε εμπορικά πλοία μεγαλύτερης χωρητικότητας που εκτελούν διεθνείς πλόες ακολουθούνται οι κανονισμοί της SOLAS για τους μηχανισμούς πηδαλίων.

Σε μεγάλα πλοία, το σύστημα μεταδόσεως από τη γέφυρα στον μηχανισμό στρέψεως δίνεται μέσω τηλεκινήσεως. Με τη χρήση υδραυλικής μεταδόσεως, η ροπή στρέψεως του πηδαλίου μεταφέρεται στον άξονα πηδαλίου μέσω **παλινδρομικού** (ram type) ή **περιστροφικού συστήματος** (rotary vane) [σχ. 14.4ε(α) και (β)].

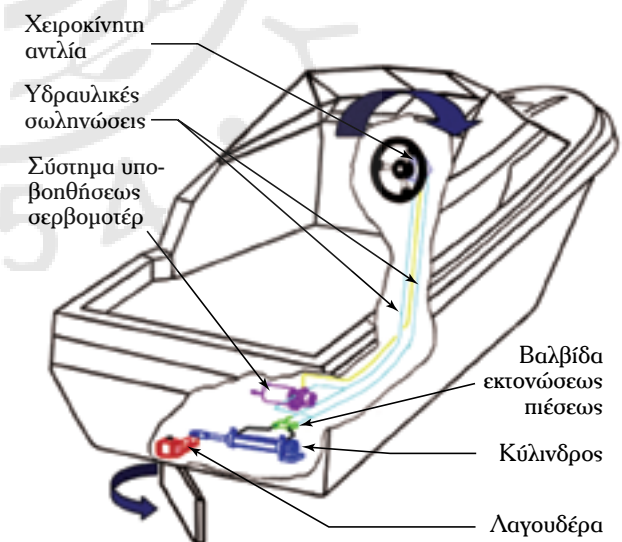
Η μεταφορά της υδραυλικής πίεσεως από το τιμόνι της γέφυρας στο σύστημα στρέψεως του πηδαλίου γίνεται μέσω υδραυλικού δικτύου γεμάτου με λάδι.

Παλαιότερα, γινόταν χρήση διαλύματος νερού και γλυκερίνης, έτσι ώστε να ελαττώνεται το σημείο

πήξεως και να μην πήζει το διάλυμα σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η χρήση του διαλύματος γλυκερίνης δημιουργούσε προβλήματα οξειδώσεως λόγω του νερού και για τον λόγο αυτόν καταργήθηκε.

Το πιο διαδεδομένο σύστημα υδραυλικής τηλεκινήσεως είναι αυτό της εταιρείας Brown Bros Co. Ltd (σχ. 14.4στ) με πατέντα που κατοχυρώθηκε στις 14/04/1919 στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από δύο κοίλα έμβολα, τα οποία είναι σταθερά πακτωμένα στο σκά-



Σχ. 14.4δ
Υδραυλικό σύστημα πηδαλίου σε λέμβο.

¹ Η λαγουδέρα είναι ένας οριζόντιος μοχλός (άξονας) συνδεδεμένος με τον άξονα του πηδαλίου.

φος. Τα έμβολα αυτά περιβάλλονται από κύλινδρο, ο οποίος είναι χωρισμένος με διάφραγμα στη μέση.

Όταν ασκηθεί πίεση από τον τηλεκινητήρα μεταδότη από τη γέφυρα του πλοίου, τότε η πίεση μεταβιβάζεται στο ένα τμήμα του κυλίνδρου ασκώντας πίεση, ενώ ταυτόχρονα στο άλλο τμήμα του κυλίνδρου ασκείται υποπίεση ίσου απόλυτου μεγέθους με την πίεση. Τότε, ο κύλινδρος μετατοπίζεται και μέσω των διωστήρων μεταφέρεται η κίνηση στον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλίου.

Αντίστοιχης κατασκευής και αρχής λειτουργίας είναι το σύστημα μεταδότη δέκτη Mactaggart-Scott, με πατέντα που αναγνωρίστηκε στις 24/02/1920 από τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Σε όλα τα συστήματα υδραυλικής τηλεκινήσεως πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στον εξαερισμό του υδραυλικού συστήματος, ούτως ώστε να αποφεύγεται η παρουσία αέρα στο σύστημα, προκειμέ-



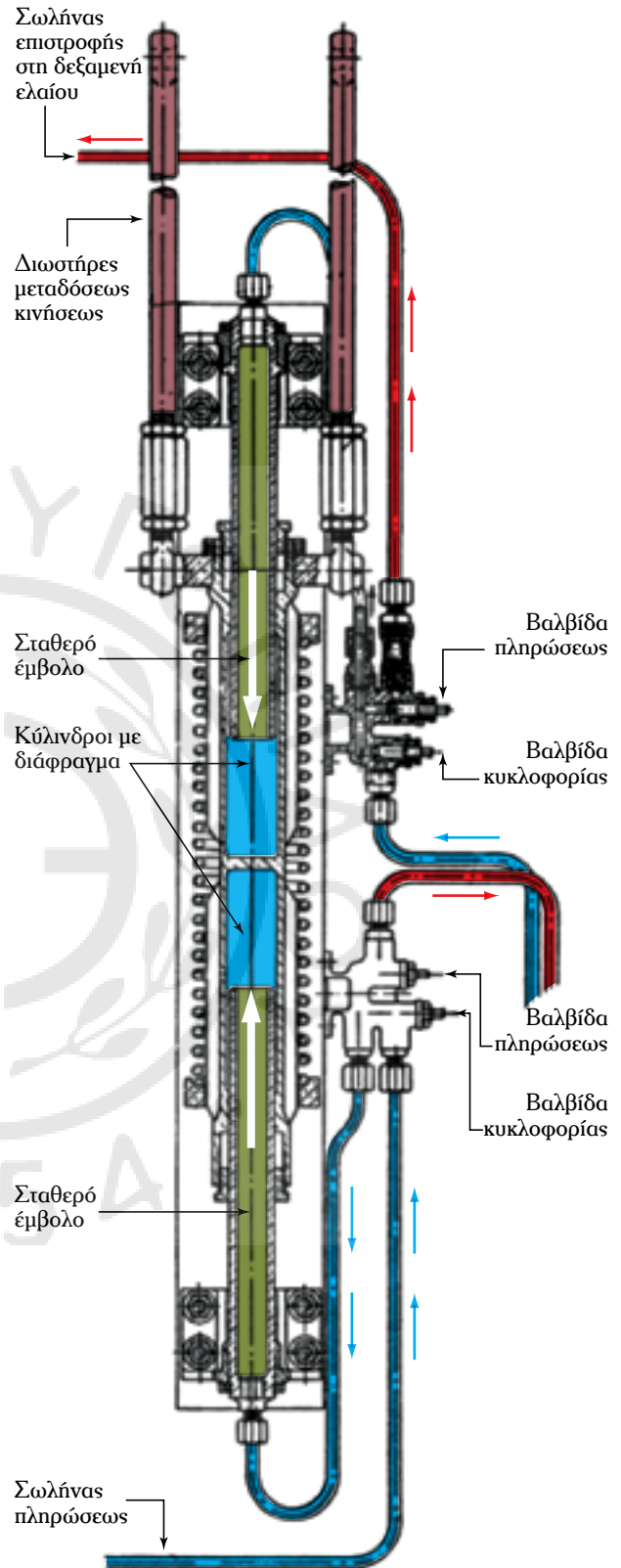
(α)



(β)

Σχ. 14.4ε

Διατάξεις μηχανισμών σιρέψεως του άξονα του πηδαλίου (α) παλινδρομικού και (β) περιστροφικού τύπου.



Σχ. 14.4στ

Υδραυλικός τηλεκινητήρας δέκτη της εταιρείας Brown Bros Co.

νου να έχει άμεση απόκριση κατά τους χειρισμούς απ' τη γέφυρα ελέγχου του πλοίου.

14.5 Ηλεκτρικά πηδάλια.

Ο όρος **ηλεκτρικά πηδάλια** (electric rudders) χρησιμοποιείται για συστήματα πηδαλιουχίσεως που περιλαμβάνουν:

α) Ηλεκτρική διάταξη στο σύστημα ελέγχου του πηδαλίου στη γέφυρα.

β) Ηλεκτρική μετάδοση απ' τις θέσεις πηδαλιουχίας προς τον μηχανισμό πηδαλίου.

γ) Ηλεκτρικές μονάδες ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την περιστροφή του πηδαλίου.

Οι δύο βασικοί τύποι συστημάτων ηλεκτρικής πηδαλιουχίσεως είναι το **σύστημα Ward-Leonard** και το **σύστημα άμεσου μονού κινητήρα** (direct single motor). Το σύστημα Ward-Leonard αποτελεί παλαιότερη κατασκευή και δύσκολα θα συναντηθεί ανάλογη εγκατάσταση σε σύγχρονα πλοία.

Στο σύστημα Ward-Leonard, για την κίνηση του άξονα του πηδαλίου χρησιμοποιείται σύστημα γραναζιών, το οποίο περιστρέφεται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα.

Η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στον κινητήρα του πηδαλίου δεν προέρχεται άμεσα από το δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος του πλοίου, αλλά μέσω ενός ξεχωριστού συστήματος κινητήρα-γεννήτριας, που

τροφοδοτεί με ρεύμα τον κινητήρα του πηδαλίου και βρίσκεται στον θάλαμο πηδαλιουχίσεως. Το σύστημα αυτό κινητήρα-γεννήτριας βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία και τροφοδοτείται με ρεύμα από τις γεννήτριες του πλοίου.

Η διάταξη και οι συνδέσεις του κυκλώματος ενός ηλεκτρικού πηδαλίου Ward-Leonard παριστάνεται στο σχήμα 14.5.

Ολόκληρο το κύκλωμα ηλεκτρικής πηδαλιουχίας του Ward-Leonard αποτελείται από:

α) Το οιακοστρόφιο.

β) Δύο ροοστάτες.

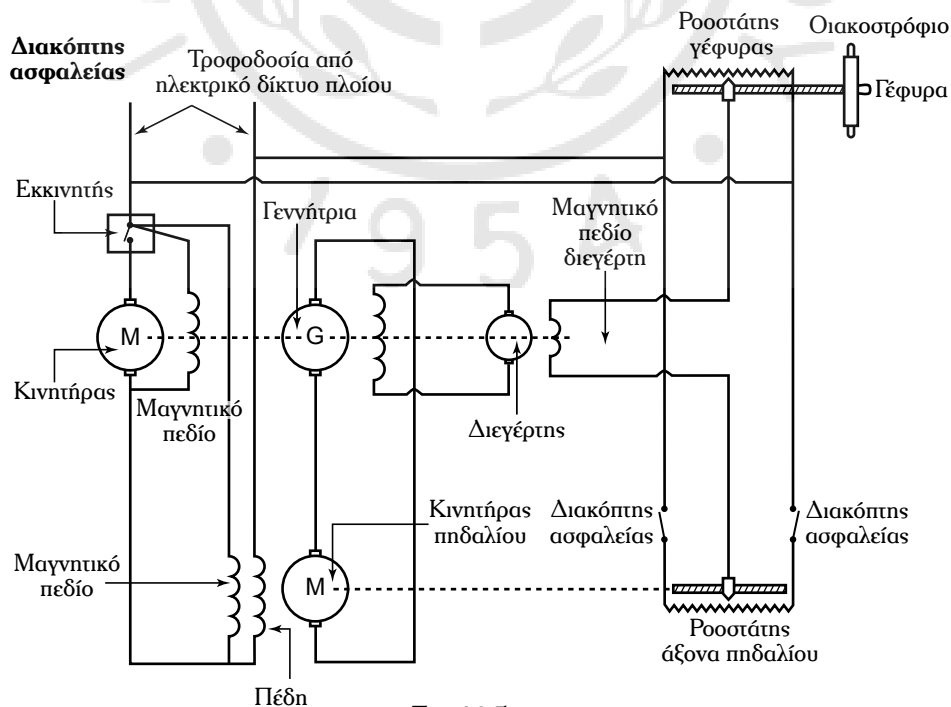
γ) Τη γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τον κινητήρα της.

δ) Τη διεγέρτρια γεννήτρια.

ε) Τον κινητήρα του πηδαλίου με το σύστημα γραναζιών για την μετάδοση της κινήσεως στο πηδάλιο.

Ο κινητήρας του ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας τροφοδοτείται από τις γεννήτριες του πλοίου. Η παραγόμενη τάση από τη γεννήτρια κυμαίνεται από μηδέν έως τη μέγιστη θετική τιμή και από μηδέν έως τη μέγιστη αρνητική. Με την τάση αυτή τροφοδοτείται ο κινητήρας του άξονα στρέψεως του πηδαλίου επιτυχάνοντας, ανάλογα με την πολικότητα της τάσεως, την φορά προς την οποία θα στρέψει το πηδάλιο.

Το σύστημα κινητήρα-γεννήτριας, που βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία, συνδέεται άμεσα με τον δι-



Σχ. 14.5

Διάταξη πηδαλίου Ward-Leonard.

εγέρτη, ο οποίος μεταβάλλει το ρεύμα στο μαγνητικό πεδίο διεγέρσεως της γεννήτριας. Σε κάποια ηλεκτρικά κυκλώματα, το τροφοδοτικό ρεύμα ελέγχου ενεργεί άμεσα στο μαγνητικό πεδίο της γεννήτριας, παραλείποντας τον διεγέρτη. Επίσης, για τη λειτουργία και τον έλεγχο του ηλεκτρικού πηδαλίου δεν παρεμβάλλονται διακόπτες στο κύκλωμα μεταξύ γεννήτριας και κινητήρα του πηδαλίου.

Ο έλεγχος του ρεύματος διεγέρσεως της γεννήτριας πραγματοποιείται από τους δύο ροοστάτες, έναν στη γέφυρα και έναν στον χώρο του πηδαλίου. Τους ροοστάτες διαρρέει ρεύμα μικρής τάσεως, και συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρικά με **γέφυρα Wheatstone**¹. Πάνω σε αυτούς ολισθαίνουν επαφές και μετακινώντας τη θέση τους μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο του διεγέρτη.

Όταν οι επαφές που ολισθαίνουν πάνω στους ροοστάτες βρίσκονται σε αντίστοιχες θέσεις στο ηλεκτρικό κύκλωμα του πηδαλίου, επικρατεί ισορροπία και δεν προκαλούνται μεταβολές στην τάση διεγέρσεως του διεγέρτη και της γεννήτριας. Ως αποτέλεσμα, ο κινητήρας του πηδαλίου, δεν διαρρέεται από ρεύμα και το πηδάλιο δεν κινείται. Στη θέση αυτή ενεργοποιείται μαγνητική πέδη που συγκρατεί τον κινητήρα του πηδαλίου, ώστε το πηδάλιο να μένει ακίνητο και να απενεργοποιείται όταν το πηνίο της πέδης διαρρέεται με ρεύμα.

Η μετατόπιση της επαφής απ' τη θέση πηδαλιούχιας της γέφυρας γίνεται πάνω σε άξονα με σπείρωμα, που συνδέεται με το οιακοστρόφιο της γέφυρας, ενώ η επαφή του ροοστάτη του πηδαλίου μετακινείται πάνω σε άξονα με σπείρωμα που συνδέεται με τον κινητήρα μέσω μειωτήρα οδοντωτών τροχών.

Περιστρέφοντας το τιμόνι παρασύρεται μέσω του άξονα η επαφή του ροοστάτη, ώστε να στραφεί το πηδάλιο δεξιά ή αριστερά, ανάλογα με την επιθυμητή φορά.

Μετατοπίζοντας τη θέση του ενός ροοστάτη διαταράσσεται η ισορροπία ρεύματος του κυκλώματος, μεταβάλλοντας την τάση στον διεγέρτη της γεννήτριας. Από το ρεύμα που θα κυκλοφορήσει στη διεγερση, διεγείρεται η γεννήτρια και αρχίζει να παρέχει ρεύμα στον κινητήρα στροφής του πηδαλίου. Επίσης, το ρεύμα διαρρέει και το πηνίο της μαγνητικής πέδης, απελευθερώνοντας το πηδάλιο.

Το πηδάλιο θα αρχίσει να κινείται, σύμφωνα με την εντολή που έχει δοθεί από τον πηδαλιούχο στο

τιμόνι της γέφυρας του πλοίου. Ο πηδαλιούχος περιστρέφει τον άξονα που συνδέει τον κινητήρα του πηδαλίου με τον ροοστάτη παρασύροντας σε αντίστοιχη θέση με την επαφή του ροοστάτη της γέφυρας την επαφή του ροοστάτη πηδαλίου, επαναφέροντας το κύκλωμα σε ισορροπία.

Το κύκλωμα δεν διαρρέεται πλέον από ρεύμα, σταματάει να κινείται ο κινητήρας του πηδαλίου, ενεργοποιείται η μαγνητική πέδη και το πηδάλιο μένει ακίνητο στην επιθυμητή θέση.

Για τον έλεγχο της φοράς του πηδαλίου απ' το πλήρωμα υπάρχουν πάνω σε κλίμακα με υποδιαίρεση σε μοίρες, κατάλληλοι δείκτες που συνδέονται με περικύκλιο στους άξονες, όπου ολισθαίνουν οι επαφές των ροοστατών της γέφυρας και του κινητήρα πηδαλίου. Οι δείκτες αυτοί δείχνουν τη γωνία στροφής του.

Η αντίθετη φορά του τροφοδοτικού ρεύματος από τον κινητήρα είναι αυτή που ωθεί το πηδάλιο να στραφεί προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά, και εξαρτάται από την κίνηση της επαφής στον ροοστάτη, που παρασύρεται από το οιακοστρόφιο στη γέφυρα.

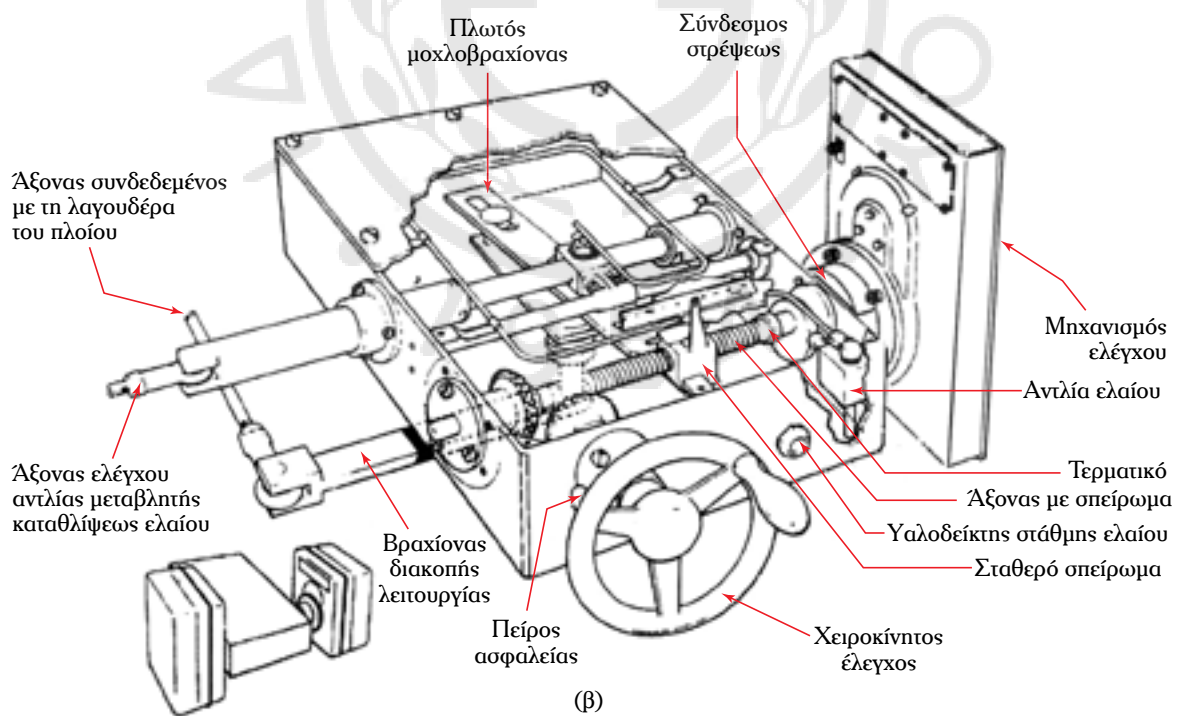
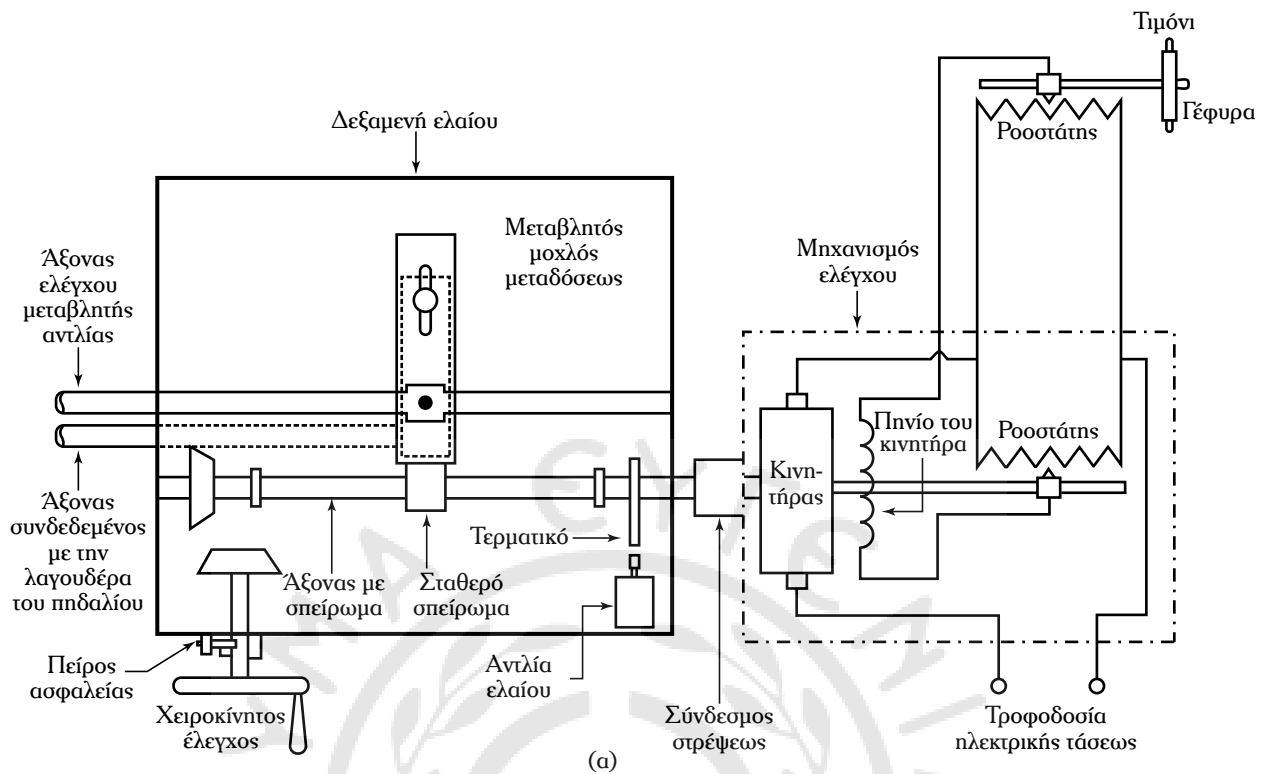
Στα **συστήματα άμεσου μονού κινητήρα**, η παροχή του ρεύματος για να κινηθεί το πηδάλιο, προέρχεται από το κύριο κύκλωμα τροφοδοσίας ρεύματος του πλοίου **μέσω διακόπτη εκκινήσεως** (starter). Ο κινητήρας λειτουργεί στη μέγιστη ταχύτητα μέχρις ότου, διακόποντας το ρεύμα, να σταματήσει η λειτουργία του από το σύστημα ελέγχου. Σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητη πάλι η λειτουργία ενός **συστήματος φρένου**, ώστε το πηδάλιο να παραμένει ακίνητο.

14.6 Ηλεκτρική μετάδοση – Τηλεκίνηση (telemotor).

Στις κατασκευές των νεοτεύκτων πλοίων, που για τη μετάδοση των κινήσεων από τη γέφυρα απαιτούν απλούς, λειτουργικούς και αξιόπιστους μεταδότες, είναι ευρύτερα διαδεδομένο το ηλεκτρικό σύστημα μεταδόσεως ελέγχου του πηδαλίου τηλεκινήσεως.

Η μονάδα τηλεκινήσεως αποτελείται από δύο μέρη, τον **πομπό** και τον **δέκτη**. Ο πομπός είναι εγκατεστημένος στη γέφυρα και διαθέτει το τιμόνι του πηδαλίου, το οποίο με την περιστροφή μεταδίδει την εντολή στον δέκτη που βρίσκεται στον χώρο εγκαταστάσεως του συστήματος στρέψεως του πηδαλίου. Ο δέκτης μεταβιβάζει την εντολή στη μονάδα ελέγχου (σχ. 14.6), που βρίσκεται επίσης στον χώρο

¹ Γέφυρα Wheatstone, ονομάζεται το ηλεκτρικό κύκλωμα σταθερού ρεύματος, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση μιας άγνωστης αντιστάσεως, συγκρίνοντάς την με μία γνωστή πρότυπη αντίσταση.



Σχ. 14.6

Σύστημα ηλεκτρικής μεταδόσεως χειρισμών ηλεκκινήσεως (α) διάταξη και (β) τομή.

εγκαταστάσεως του συστήματος στρέψεως του πηδαλίου. Η τηλεκίνηση είναι υδραυλικού τύπου, ηλεκτρικού τύπου ή, όπως συμβαίνει στα περισσότερα σύγχρονα συστήματα πηδαλιουχίσεως πλοίων, ηλεκτροϋδραυλικού τύπου.

Το οιακοστρόφιο ενός τέτοιου συστήματος εικονίζεται στο σχήμα 14.4β, ενώ ο μηχανισμός ελέγχου που τοποθετείται για την πηδαλιουχία του πλοίου στα σχήματα 14.4στ και 14.6.

Το αποτέλεσμα της κινήσεως του οιακοστροφίου στη γέφυρα προκαλεί, μέσω ροοστάτη, ηλεκτρική μεταβολή στην ισορροπία του ρεύματος που διαρρέει τον μηχανισμό ελέγχου.

Το μηχανήμα κινείται μέσω μίας συνδεσμολογίας αξόνων, αναγκάζοντάς τους να περιστραφούν μεταδίδοντας την κίνηση σ' έναν μεταβλητό μοχλό που συνδέεται με τον άξονα ελέγχου της αντλίας Hele-Shaw ή Waterbury μεταβλητής καταθλίψεως ελαίου.

Στη συνέχεια, κατόπιν της επιδράσεως του άξονα, που είναι συνδεδεμένος με το πηδάλιο, επαναφέρεται ο άξονας ελέγχου της αντλίας καταθλίψεως ελαίου, ενεργώντας στον μεταβλητό μοχλό μεταδόσεως, που βρίσκεται μέσα στο κουτί με το μηχανικό σύστημα του τηλεκινήτηρα. Έτσι και μετά την επιτυχή στρέψη του πηδαλίου στην επιθυμητή γωνία, ο άξονας με το σπείρωμα επανέρχεται στην αρχική θέση, ισορροπώντας το ηλεκτρικό κύκλωμα, ενώ ο κινητήρας στον μηχανισμό ελέγχου δεν περιστρέφεται.

Ο άξονας της αντλίας μεταβλητής καταθλίψεως είναι στη μέση θέση και η αντλία συνεχίζει να περιστρέφεται, διακόπτοντας την κατάθλιψη ελαίου στον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλίου.

Εκτός απ' τη θέση πηδαλιουχίας της γέφυρας, οιακοστρόφια μπορεί να υπάρχουν και σε άλλα σημεία του σκάφους με αντίστοιχες θέσεις πηδαλιουχίας. Σε αυτήν την περίπτωση, ο μεταδότης ελέγχεται ως εξής: από κάθε θέση πηδαλιουχίας συνδέεται μηχανικά με οιακοστρόφιο και ηλεκτρικά με αντίστοιχο δέκτη στον χώρο του μηχανήματος πηδαλίου και στη συνέχεια με τον άξονα ελέγχου της μεταβλητής αντλίας καταθλίψεως ελαίου. Αν οι θέσεις τηλεχειρισμού είναι περισσότερες από μία, τότε υπάρχει κατάλληλος επιλογέας με ενδεικτική λυχνία για την επιθυμητή θέση ελέγχου, καθώς ενδεικτικές λυχνίες υπάρχουν και σε κάθε μεταδότη για τη θέση πηδαλιουχίας που έχει επιλεγεί και τη διαθέσιμη ισχύ.

Ο μηχανισμός είναι εφοδιασμένος με χειροκίνητο άξονα ελέγχου για τον τοπικό έλεγχο του πηδαλίου.

Για να το χρησιμοποιήσουμε χειροκίνητα, διακόπουμε την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και αφαιρούμε τον πείρο ασφαλείας. Τότε, με τη βοήθεια του τοπικού οιακοστροφίου, που συνδέεται με γρανάζι στο σύστημα ελέγχου, γίνεται ο έλεγχος του μεταβλητού μοχλού μεταδόσεως με τον ίδιο τρόπο που έχει ήδη περιγραφεί παραπάνω.

14.7 Ο τριβέας και ο μηχανισμός στηρίξεως του πηδαλίου.

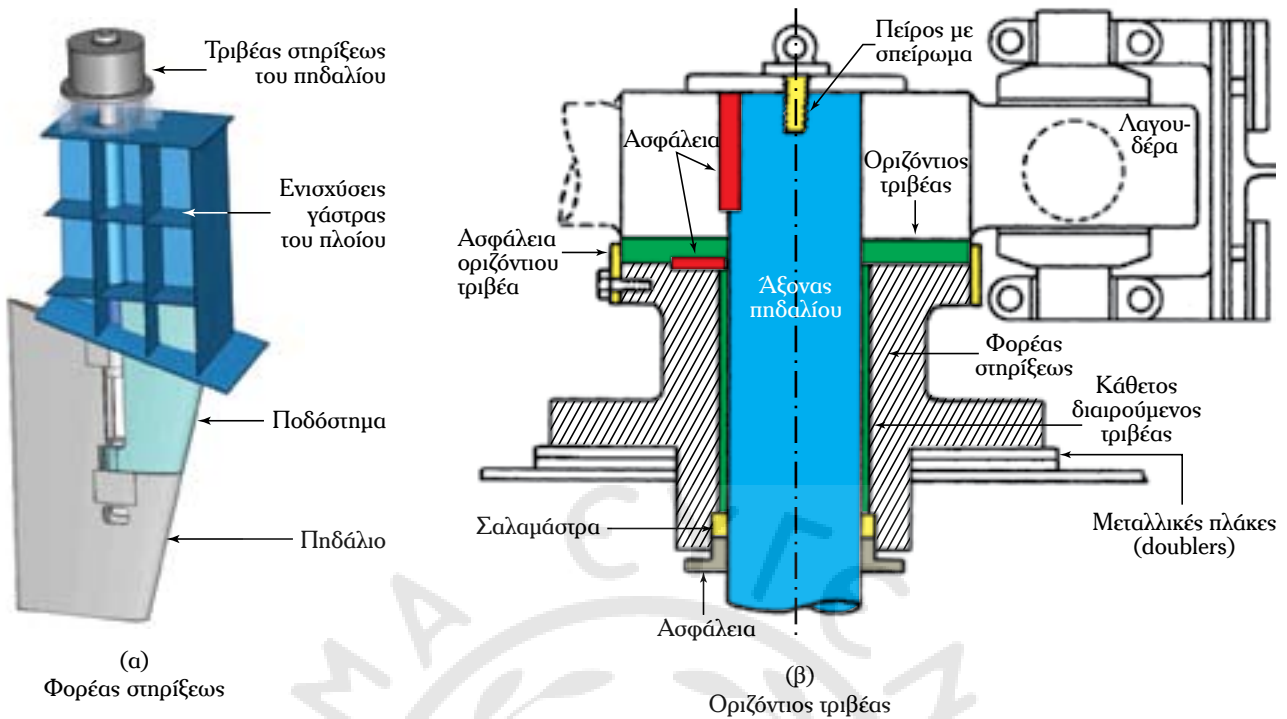
Το βάρος του πηδαλίου σε εμπορικά πλοία κυμαίνεται από 2 έως 120 τόνους. Σε πλοίο εμπορευματοκιβωτίων νεκρού βάρους (deadweight) 960 τόνων ζυγίζει περίπου 3 τόνους, ενώ σε Δ/Ξ νεκρού βάρους 442.470 τόνων ζυγίζει περίπου 118 τόνους.

Η στήριξη του πηδαλίου πραγματοποιείται από τον **τριβέα στηρίξεως** (rudder carrier bearing) μέσω του άξονα του πηδαλίου. Το βάρος του πηδαλίου μέσω του τριβέα και του μηχανισμού στηρίξεως μεταφέρεται στην ενισχυμένη πρυμναία περιοχή της γάστρας του πλοίου (σχ. 14.7α). Συνήθως, ο κατασκευαστής του πηδαλίου προμηθεύει και τον μηχανισμό στηρίξεως, ο οποίος προσαρμόζεται εντός του διαμερίσματος του μηχανισμού πηδαλίου.

Ο μηχανισμός στηρίξεως του πηδαλίου αποτελείται από τα εξής τμήματα (σχ. 14.7α):

α) **Τον φορέα στηρίξεως.** Πρόκειται για το βασικό τμήμα του μηχανισμού στηρίξεως του πηδαλίου κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο, το οποίο μεταφέρει το βάρος του πηδαλίου στον σκελετό του πρυμναίου τμήματος του πλοίου. Ο φορέας στηρίξεως δεν είναι απαραίτητο να αποτελεί συμπαγή (χυτή) κατασκευή. Μπορεί να είναι κατασκευασμένος από μεταλλικές πλάκες έτσι, ώστε να είναι δυνατόν να επιθεωρείται ο άξονας πηδαλίου και τα διάκενα εντός της κοάνης (σχ. 14.7β).

β) **Τον οριζόντιο τριβέα.** Πρόκειται για τον βασικό τριβέα, ο οποίος δέχεται τις μεγαλύτερες πιέσεις λόγω του βάρους και της περιστροφής του πηδαλίου. Ο τριβέας φθείρεται μετά από κάποιο χρονικό διάστημα και αντικαθίσταται, χωρίς να είναι απαραίτητο να γίνει εξάρμωση του πηδαλίου με ταυτόχρονο δεξαμενισμό του πλοίου. Το υλικό κατασκευής του τριβέα είναι ορείχαλκος υψηλής ανθεκτικότητας [σχ. 14.7γ(α)] (τύπου HATLAPA) ή πολυμερές [σχ. 14.7γ(β)]. Τα πολυμερή υλικά πλεονεκτούν έναντι του ορείχαλκου, γιατί παραμορφώνονται «ελαστικά» κατά τη διάρκεια δυναμικών καταπονήσεων και έτσι αυξάνεται ο χρόνος λειτουργίας τους. Ο ορείχαλκος



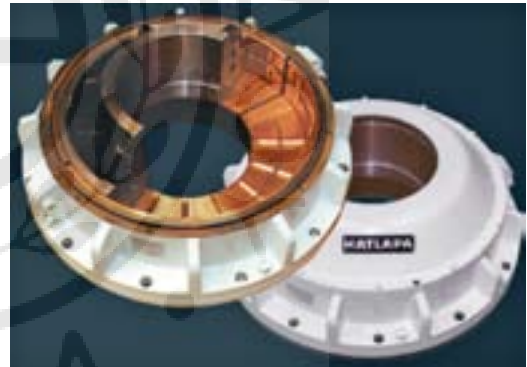
Σχ. 14.7α

Μηχανισμός σπριξέως πηδαλίου.

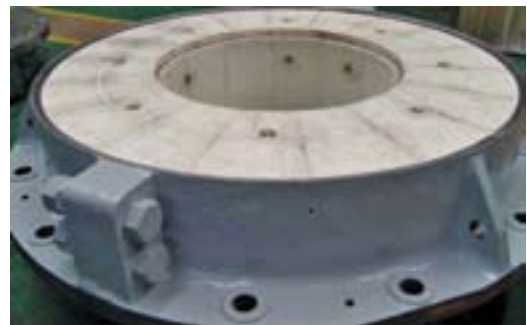


Σχ. 14.7β

Μηχανισμός σπριξέως πηδαλίου.



(α) Τριβέας από ορείχαλκο της εταιρείας HATLAPA.



(β) Τριβέας από πολυμερές (Thordon).

Σχ. 14.7γ

Τριβείς μηχανισμών σπριξέως πηδαλίων.

είναι λιγότερο ανθεκτικός στις δυναμικές καταπονήσεις, κατά τις οποίες παραμορφώνεται «πλαστικά». Στην επιφάνεια τριβής του οριζόντιου τριβέα υπάρχουν διάκενα/αυλάκια, προκειμένου να κυκλοφορεί λιπαντικό σε όλη την επιφάνεια να μειώνονται οι τριβές και κατά συνέπεια η φθορά του τριβέα. Ο τριβέας ασφαλίεται με ανάλογη διάταξη και πρέπει να επιθεωρείται από το πλήρωμα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Όταν το πάχος του τριβέα μειωθεί με τη χρήση, ελαττώνοντας έτσι και το πάχος των διακέων, πρέπει να αντικατασταθεί με νέο τριβέα.

γ) Τον **κάθετο διαιρούμενο τριβέα**. Ο τριβέ-

ας αυτός είναι κατασκευασμένος από ίδιο υλικό με τον οριζόντιο τριβέα και βρίσκεται εντός της κοάνης. Σκοπός του είναι να αποτρέπει τις πλάγιες μετατοπίσεις του πηδαλίου. Διαθέτει κατακόρυφα αυλάκια για την κυκλοφορία του λιπαντικού και στο κάτω τμήμα του υπάρχει σαλαμαστροφόρος διάταξη για την επίτευξη στεγανότητας.

Στο σχήμα 14.7δ φαίνονται χαρακτηριστικές διαστάσεις του μηχανισμού σπριζέως του τύπου ΗΑΤΛΑΡΑ και στον πίνακα 14.7 αντίστοιχα οι τιμές τους.

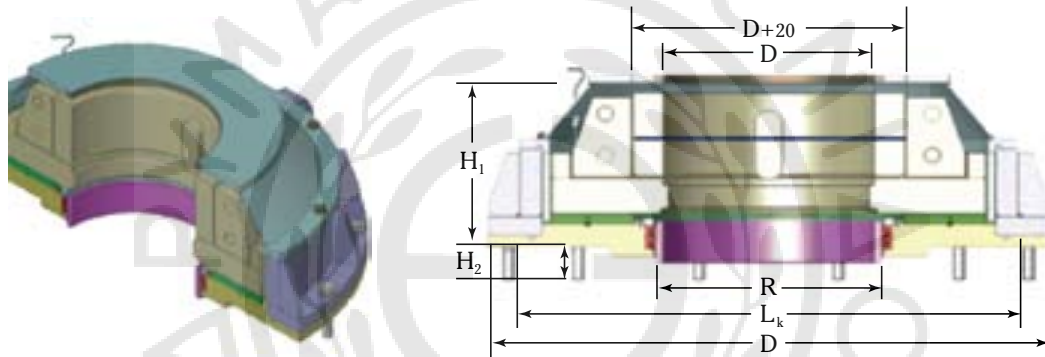
14.8 Αντλία κινούμενης στεφάνης (pump with movable body).

Η αντλία κινούμενης στεφάνης συναντάται στη βιβλιογραφία ως αντλία Hele-Shaw. Η μεταβολή στην

αναρρόφηση-κατάθλιψη του ελαίου στην αντλία αυτή ελέγχεται με την απλή πίεση ή έλξη του άξονα που είναι εφαρμοσμένος σε κύλινδρο. Μετατοπίζοντάς τον επηρεάζεται η στεφάνη ελέγχου λειτουργίας της αντλίας που κινείται μέσα σε αυτόν. Επίσης, μεταβάλλεται η αναρρόφηση σε κατάθλιψη, δίχως να διακοπεί η λειτουργία της ή να μειωθούν οι στροφές της.

Η αντλία Hele-Shaw (σχ. 14.8α) αποτελείται από:

α) Το **κέλυφος** Α (cover), στο οποίο είναι προσαρμοσμένα δύο καλύμματα (καπάκια), το κάλυμμα Β απ' το οποίο διέρχεται ο άξονας κίνησης (shaft) και συνδέεται με τον κινητήρα στρέψεως της αντλίας, και το κάλυμμα της συνδέσεως των σωληνώσεων αναρρόφησης-καταθλίψεως ελαίου (Γ) (pipe connection cover).



Σχ. 14.7δ

Χαρακτηριστικές διαστάσεις μηχανισμού σπριζέως ΗΑΤΛΑΡΑ.

Πίνακας 14.7

Χαρακτηριστικά κατασκευαστικά στοιχεία για διαφορετικούς τύπους (μεγέθη) μηχανισμών σπριζέως ΗΑΤΛΑΡΑ. Τα μεγέθη του πίνακα εικονίζονται στο σχήμα 14.7δ.

Τύπος		340	380	425	475	525	580	630	680	750	820
Μέγιστη διάμετρος οπής	mm	340	380	425	475	525	580	630	680	750	820
Διάμετρος	D min	870	880	950	1050	110	1210	1350	1480	1600	1890
	R min	650	700	750	800	850	950	1000	1000	1100	1100
	L _k mm	830	830	900	990	1030	1150	1280	1400	1520	1780
Βίδες, ποσότητα και διάμετρος	mm	12×24	12×24	12×31	12×31	12×37	12×37	12×47	12×42	12×42	12×49
Ύψος	H ₁ mm	285	295	315	330	335	355	390	435	455	550
	H ₂ mm	45	45	35	35	60	40	15	25	25	60
Αξονικό φορτίο	F _a kN	1500	1700	1800	1950	2150	2450	3000	4000	4800	7000
	F _r kN	500	570	620	650	700	800	1000	1300	1550	2300
Βάρος	kg	600	680	850	1050	1290	1570	1920	2350	2950	4500

β) Την **κεντρική βαλβίδα** (Δ), η οποία είναι προσαρμοσμένη στο εσωτερικό της αντλίας πάνω στο κάλυμμα συνδέσεων των σωληνώσεων και έχει δύο θυρίδες: την **θυρίδα εισαγωγής ελαίου** (oil inlet port) (E) και την **θυρίδα εξαγωγής ελαίου** (oil outlet port) (Z). Αποτελεί συνέχεια της συνδέσεως των σωληνώσεων (H) και (Θ) της εισαγωγής-εξαγωγής του κελύφους μεταφέροντας με αναρρόφηση-κατάθλιψη το έλαιο στα έμβολα κινήσεως του πηδαλίου.

γ) Το **σώμα των κυλίνδρων** (K) (cylinder body), που βρίσκεται στο κέντρο της αντλίας και στρέφεται από έναν άξονα (Λ) συνδεδεμένο με τον άξονα του κινητήρα περιστροφής της αντλίας. Το σώμα αυτό αποτελείται από τους κυλίνδρους μέσα στους οποίους παλινδρομούν τα έμβολα και περιστρέφεται γύρω από την κεντρική βαλβίδα (Δ). Η στήριξή του πραγματοποιείται με τους **ένοσφαιρους τριβείς** (Y) (ball bearings) που εφαρμόζονται στις δύο πλευρές του κελύφους της αντλίας.

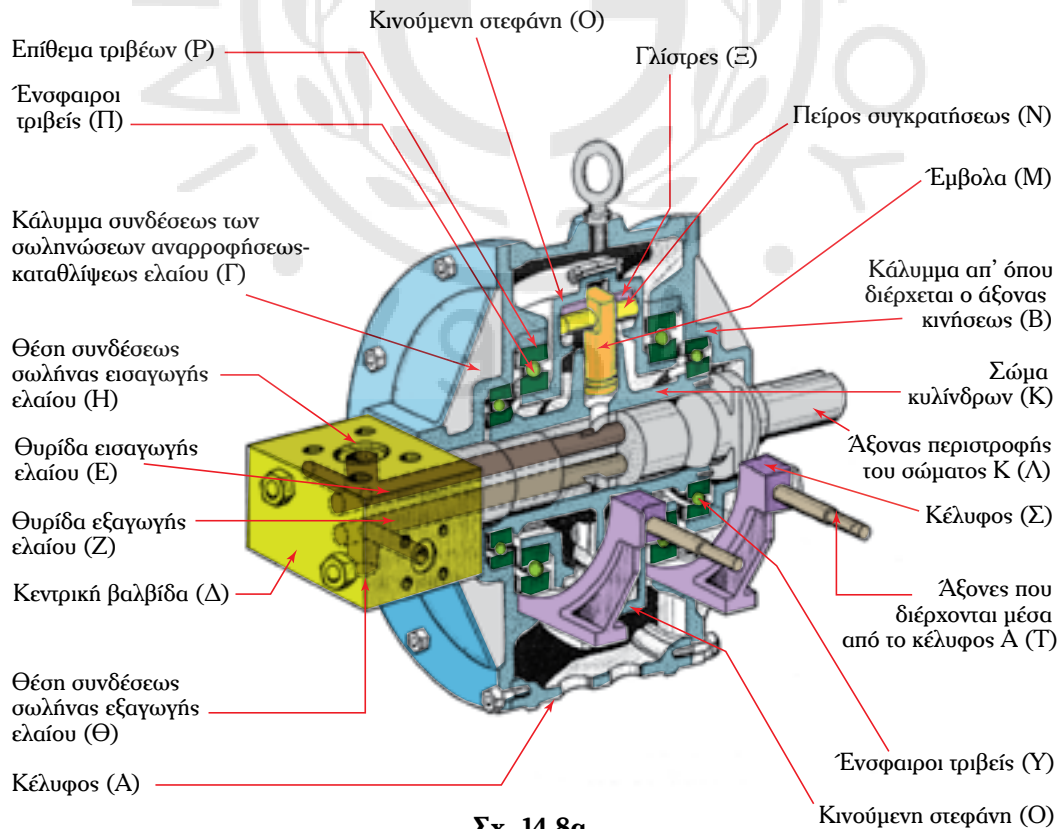
δ) Τα **έμβολα** (M), τα οποία μπορεί να είναι επτά ή εννέα και κινούνται μέσα στο σώμα των κυλίνδρων. Είναι τοποθετημένα σε ακτινική διάταξη σε σχέση με τον άξονα περιστροφής της αντλίας. Στην

άκρη των εμβόλων που βρίσκεται προς την εξωτερική πλευρά υπάρχει πείρος συγκρατήσεως (N) (gudgeon pin), που ολισθαίνει πάνω σε γλίστρες (Ξ) (slippers), παρασύροντας τα έμβολα σε κίνηση μέσα στα χιτώνια, ακολουθώντας την διαδρομή που προκαλείται απ' τη διαδρομή των πείρων μέσα στην κινούμενη στεφάνη (O) (circular floating ring).

ε) Την **κινούμενη στεφάνη** (O) (circular floating ring), που στηρίζεται σε ένοσφαιρους τριβείς (Π) εφαρμοσμένους στο κέλυφος (Σ).

στ) Το **κέλυφος** (Σ) (cover ή body) που ακολουθεί οριζόντια διαδρομή πάνω σε «διαδρόμους», οι οποίοι βρίσκονται στα εξωτερικά κέλυφη της αντλίας (B) και (Γ). Η φορά της οριζόντιας κινήσεως του κελύφους (Σ) ελέγχεται από τους άξονες (T) (spindles) που διέρχονται μέσα από το κέλυφος (A), με τη μέγιστη επιτρεπόμενη διαδρομή να ορίζεται από τα τοιχώματα του κελύφους της αντλίας.

Για την κατανόηση λειτουργίας της αντλίας Hele-Shaw παρατίθεται το σχήμα 14.8β, όπου φαίνονται σε τομή η κεντρική βαλβίδα (Δ) της αντλίας ελαίου, το σώμα των κυλίνδρων και τα έμβολα. Η κίνηση στο σώμα της αντλίας προκαλείται από την επίδραση της κινούμενης στεφάνης. Κατά τη λειτουργία



Σχ. 14.8α

Αντλία κινούμενης στεφάνης Hele-Shaw.

της αντλίας, η κίνηση της στεφάνης γίνεται οριζόντια στον άξονα xy .

Όταν η στεφάνη κινείται κυκλικά έχοντας το ίδιο κέντρο με τη βαλβίδα (Δ) [σχ. 14.8β(α)], που σ' αυτήν βρίσκονται οι θύρες αναρροφήσεως-καταθλίψεως του ελαίου και το σώμα των κυλίνδρων, τότε τα έμβολα περιστρέφονται διατηρώντας ίση απόσταση απ' το κέντρο περιστροφής και δεν γίνεται αναρρόφηση ή κατάθλιψη.

Μετακινούμενος από τους άξονες ελέγχου της αντλίας, ο δακτύλιος μετατοπίζεται και μαζί με αυτόν και η στεφάνη με τις γλίστρες προς τα αριστερά [σχ. 14.8β(β)] πάνω στον νοντό άξονα xy . Τα έμβολα υπό την επίδραση της κινήσεως των πείρων πάνω στις γλίστρες της στεφάνης αρχίζουν να παλινδρομούν.

Η παλινδρόμηση των εμβόλων, λόγω της έκκεντρης περιστροφής της στεφάνης σε σχέση με το κέντρο περιστροφής της αντλίας και το κέντρο της σταθερής κεντρικής βαλβίδας (Δ) δημιουργεί αναρρόφηση και κατάθλιψη στις θυρίδες ελαίου της αντλίας.

Όταν η περιστροφή γίνεται σύμφωνα με τη φορά του βέλους, από δεξιά προς τα αριστερά, καθώς τα έμβολα περνούν από τον οριζόντιο άξονα xy επηρεασμένα από την έκκεντρη κίνηση της στεφάνης, απομακρύνονται από το κέντρο περιστροφής, όπου βρίσκεται η βαλβίδα (Δ) αναρροφώντας έλαιο απ' τις θυρίδες εισαγωγής ελαίου (E).

Στη συνέχεια, κι ενώ περιστρέφεται πάντα με την ίδια φορά, τα έμβολα αρχίζουν να πλησιάζουν το κέντρο περιστροφής, καταθλίβοντας το έλαιο στις θυρίδες εξαγωγής ελαίου (Z).

Στην αντίθετη περίπτωση που η μετατόπιση της στεφάνης γίνεται προς τα δεξιά πάνω στον οριζόντιο άξονα xy [σχ. 14.8β(γ)] η αναρρόφηση γίνεται από τις θυρίδες (Z) και η κατάθλιψη από τις θυρίδες (E).

Σύμφωνα με αυτές τις κινήσεις φαίνεται κατά τη ροή του ελαίου πότε θα έχουμε αναρρόφηση και πότε κατάθλιψη στις θυρίδες της αντλίας. Αυτό θα εξαρτάται από τη θέση της κινούμενης στεφάνης δεξιά, στο κέντρο ή αριστερά, οπότε κινούμενη έκκεντρα από το κέντρο περιστροφής της αντλίας έως τη μέγιστη απόσταση, θα επιτυγχάνεται η απαιτούμενη παροχή ελαίου στην εκάστοτε κατάθλιψη της αντλίας.

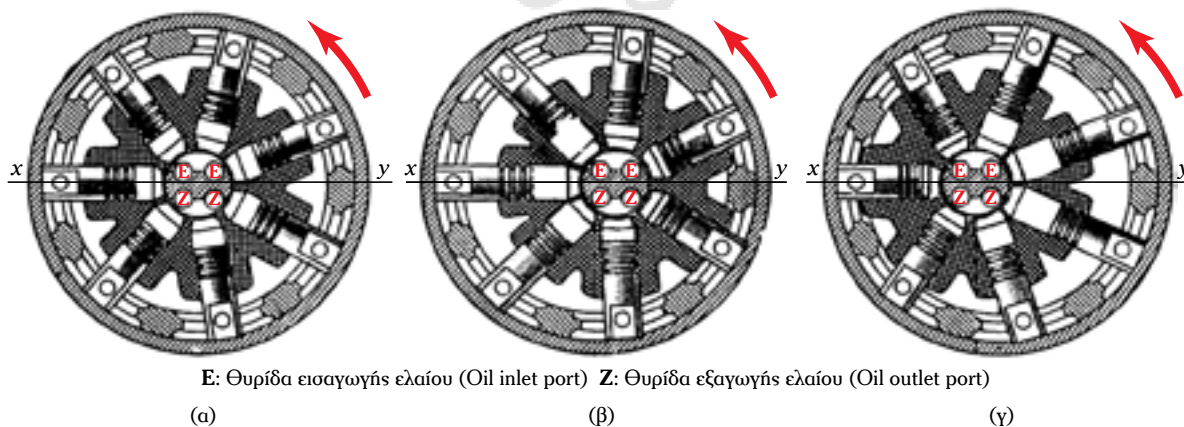
14.9 Αντλία με λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως.

Η **αντλία με λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως** (swash plate) τύπου Waterbury είναι ένας ακόμα τύπος αντλίας, στην οποία χωρίς να διακοπεί η περιστροφή της κατά την λειτουργία της, διακόπεται η παροχή ελαίου ή εναλλάσσεται η αναρρόφηση σε κατάθλιψη στις θυρίδες εξαγωγής της. Σ' αυτές συνδέονται οι σωλήνες που στέλνουν το έλαιο στον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλιού.

Βασικό χαρακτηριστικό της αντλίας τύπου Waterbury είναι η διάταξη των κυλίνδρων και των εμβόλων που την αποτελούν. Στην αντλία αυτή το κέλυφος των κυλίνδρων, που περιστρέφεται από τον άξονα περιστροφής του κινητήρα της αντλίας, μαζί με τα χιτώνια και τα έμβολα είναι σε αξονική διάταξη (σχ. 14.9).

Με την εκκίνηση περιστροφής και κατά τη λειτουργία της αντλίας, ο κινητήρας περιστρέφοντας το σώμα των κυλίνδρων παρασύρει μαζί του σε περιστροφή και τα έμβολα.

Οι διωστήρες των εμβόλων είναι στρογγυλεμένοι και στις δύο άκρες τους, δημιουργώντας εύκαμπτες αρθρώσεις στα σημεία συνδέσεώς τους. Η μία πλευρά του διωστήρα συνδέεται στο έμβολο, ενώ η άλλη στο πλινθίο (γλίστρα) που ολισθαίνει, καθώς περι-



E: Θυρίδα εισαγωγής ελαίου (Oil inlet port) Z: Θυρίδα εξαγωγής ελαίου (Oil outlet port)

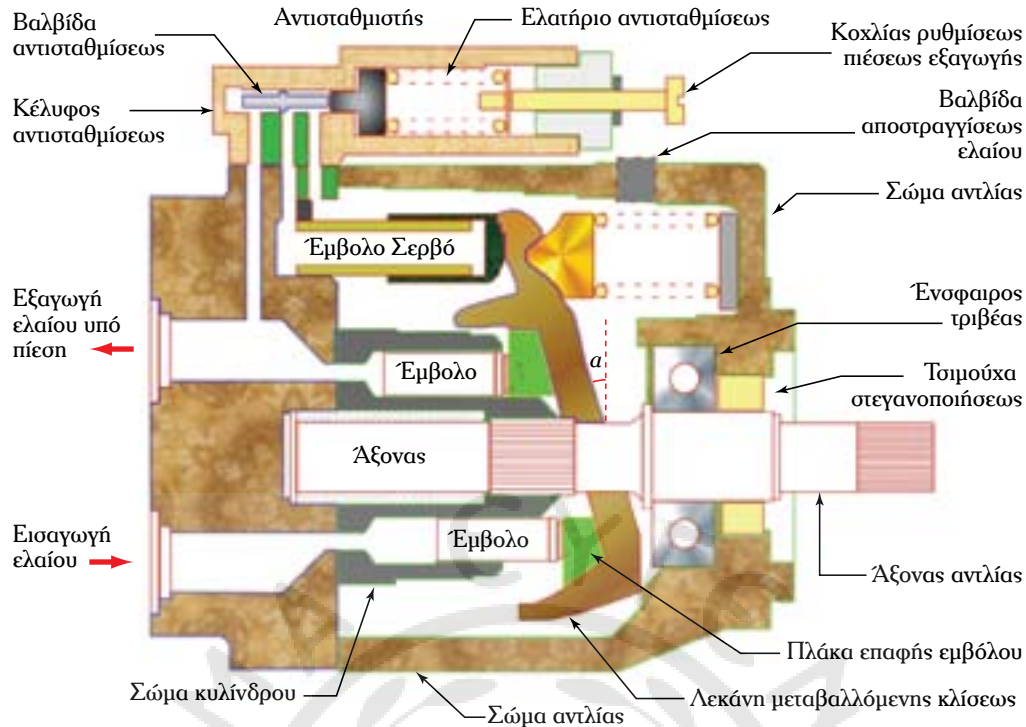
(α)

(β)

(γ)

Σχ. 14.8β

Τομή της αντλίας Hele-Shaw.



Σχ. 14.9

Αντλία με λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως Waterbury.

στρέφεται το σώμα των κυλίνδρων παρασύροντας τα έμβολα πάνω στην επιφάνεια που υπάρχει στη λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως. Έτσι, επιτυγχάνεται η μεταφορά της κινήσεως, αρχίζοντας τα έμβολα να παλινδρομούν μέσα στους κυλίνδρους αξονικά σε σχέση με τον άξονα περιστροφής της αντλίας.

Η πραγματοποίηση της αξονικής παλινδρομήσεως των εμβόλων οφείλεται σε έναν εξωτερικό άξονα ελέγχου ή ενός σερβομηχανισμού, ανάλογα με τον τύπο της αντλίας που συνδέεται στη λεκάνη και προκαλεί τη μεταβολή στην κλίση της.

Όταν ο άξονας ελέγχου κλίσεως της λεκάνης βρίσκεται στη μέση θέση, η λεκάνη περιστρέφεται σε κάθετη θέση σε σχέση με τον άξονα περιστροφής της και δεν έχουμε αναρρόφηση ή κατάθλιψη ελαίου στις θυρίδες εισαγωγής-εξαγωγής της αντλίας.

Με την επίδραση του εξωτερικού άξονα ελέγχου, που μεταφέρει την κίνηση του οιακοστροφίου (τιμονιού) στη λεκάνη της αντλίας, αυτή παίρνει κλίση και καθώς περιστρέφεται τα πλινθία ολισθαίνουν πάνω στη λεκάνη. Η κλίση αυτή μεταφέρεται στα έμβολα που αρχίζουν να παλινδρομούν πραγματοποιώντας διαδρομή, η οποία ορίζεται από την κλίση της λεκάνης. Με αυτόν τον τρόπο, στις θυρίδες της αντλίας, εναλλάσσεται η ροή του ελαίου, πότε σε αναρρόφηση και πότε σε κατάθλιψη.

Η αναρρόφηση και η εξαγωγή του ελαίου από

την αντλία πραγματοποιείται από θυρίδες σε διάταξη τόξου εσωτερικά του κελύφους της αντλίας, όπου δημιουργείται μία επιφάνεια, στην οποία εφάπτεται και το σώμα των κυλίνδρων. Το σύστημα κυλίνδρων-εμβόλων (σχ. 14.9) κατά την περιστροφή του πάνω στο σημείο επαφής μέσω θυρίδων που υπάρχουν στο σώμα των κυλίνδρων για κάθε έμβολο χωριστά στη μισή διαδρομή, ανάλογα με την κλίση της λεκάνης, κάνει αναρρόφηση ελαίου ενώ, στην άλλη μισή, κατάθλιψη.

14.10 Αντλία ολισθηρών ελασμάτων-επιθέματος (πλινθία ολισθήσεως).

Η εξέλιξη της αντλίας με λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως είναι η αντλία με πλινθία ολισθήσεως (slipper pad). Η αρχή λειτουργίας τους είναι η ίδια, αλλά στην τελευταία τα έμβολα επιμηκύνονται (σχ. 14.10), χωρίς την ύπαρξη διωστήρα και η μία άκρη τους, η οποία εφάπτεται στα ελάσματα που ολισθαίνουν στη λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως είναι στρογγυλεμένη. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να επιτυγχάνεται η ελεύθερη αξονική κίνηση κατά την περιστροφή.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αύξηση στην πίεση καταθλίψεως ελαίου από την αντλία, με σκοπό να καλυφθούν οι απαιτήσεις λειτουργίας των νέων πηδαλίων και των **περυγίων ενστάθειας** (stabilizers).

Ένας ακόμα τύπος αντλίας μεταβλητής καταθλίψεως είναι αυτός, στον οποίο η κλίση στη λεκάνη όπου ολισθαίνουν τα πλινθία των εμβόλων δίνεται από έναν σερβομηχανισμό και όχι από εξωτερικό άξονα ελέγχου.

14.11 Ασφαλιστική διάταξη περιορισμού αναστροφής κινήσεως της αντλίας (pump non-reverse locking gear).

Ο μηχανισμός στρέψεως του πηδαλίου δύναται να λειτουργεί υπό φυσιολογικές συνθήκες με μία αντλία μεταβλητής καταθλίψεως.

Για την ταχύτερη ανταπόκριση στις κινήσεις πηδαλιουχίας του πλοίου προβλέπεται απ' τον κατασκευαστή η δυνατότητα και οι δύο αντλίες παροχής ελαίου να λειτουργούν παράλληλα, με κατάλληλη διάταξη επιστομίων στο δίκτυο.

Ως αποτέλεσμα, όταν λειτουργεί η μία αντλία, κατά τη φυσιολογική λειτουργία του μηχανισμού πηδαλίου, η αντλία που είναι σταματημένη, λόγω της πίεσεως που δέχεται από την κατάθλιψη του ελαίου στο δίκτυο, αρχίζει να στρέφεται κατά την αντίθετη φορά.

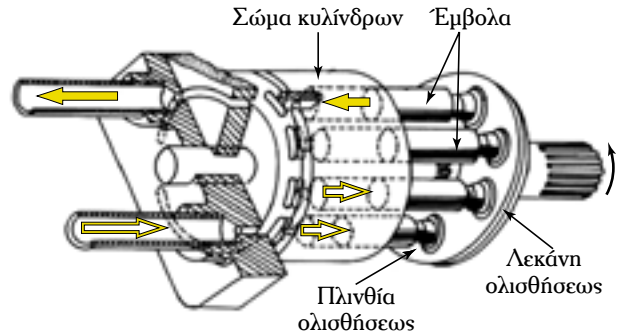
Για να αποφευχθεί η αναστροφή κίνησης της αντλίας που βρίσκεται εκτός λειτουργίας, υπάρχει μία ασφαλιστική διάταξη που εφαρμόζεται στον **εύκαμπο σύνδεσμο** (flexible coupling), στο σημείο που ενώνονται ο άξονας της αντλίας και ο κινητήρας. Η διάταξη αυτή είναι εφαρμοσμένη στην άκρη του **εύκαμπτου συνδέσμου** (motor coupling rim) του άξονα του κινητήρα.

Η ασφαλιστική διάταξη αποτελείται από έναν αριθμό **μεταλλικών νυχιών** (pawls) π.χ. τρία (σχ. 14.11). Όταν η αντλία βρίσκεται σε λειτουργία, τα νύχια αυτά, καθώς είναι στερεωμένα απ' τη μία άκρη, με την περιστροφή ανοίγουν προς την εξωτερική πλευρά ωθούμενα από τη φυγόκεντρο δύναμη, απελευθερώνοντας τον άξονα από τα **σταθερά δόντια** (ratchet teeth), ώστε να γυρίζει ελεύθερα.

Όταν διακοπεί η λειτουργία της αντλίας τα νύχια αυτά επανέρχονται, συγκρατώντας τον άξονα, ώστε να μην γυρίζει ανάποδα. Το άνοιγμα των νυχιών είναι τόσο, όσο τους επιτρέπει το εξωτερικό κέλυφος που καλύπτει τον **σύνδεσμο** (coupling) των δύο αξόνων.

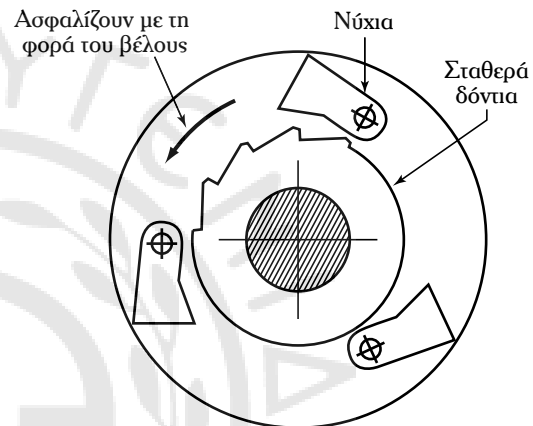
Η απελευθέρωση του συστήματος ασφαλίσεως γίνεται αυτόματα με την εκκίνηση της αντλίας.

Με αυτήν τη διάταξη δεν χρειάζεται να κλείσουν τα επιστόμια που απομονώνουν την αντλία και το σύ-



Σχ. 14.10

Αντλία με λεκάνη μεταβαλλόμενης κλίσεως με πλινθία ολισθήσεως.



Σχ. 14.11

Ασφαλιστική διάταξη περιορισμού αναστροφής κινήσεως της αντλίας.

στημα ασφαλίσεως απομονώνεται μόνο σε έκτακτη ανάγκη, όπως στη διαρροή ελαίου από το δίκτυο.

14.12 Μηχανισμοί στρέψεως πηδαλίων.

Οι μηχανισμοί στρέψεως των πηδαλίων είναι δύο, ο **παλινδρομικός** (ram type) και ο **περιστροφικός** (rotary vane).

Στον παλινδρομικό και στον περιστροφικό μηχανισμό οι αντλίες μεταβλητής καταθλίψεως στέλνουν το έλαιο στον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλίου. Ο μηχανισμός αυτός με τη σειρά του στρέφει τον άξονα του πηδαλίου προς την επιθυμητή διεύθυνση που έχει δοθεί απ' το οιακοστροφείο της γέφυρας ή άλλης θέσεως πηδαλιουχίας.

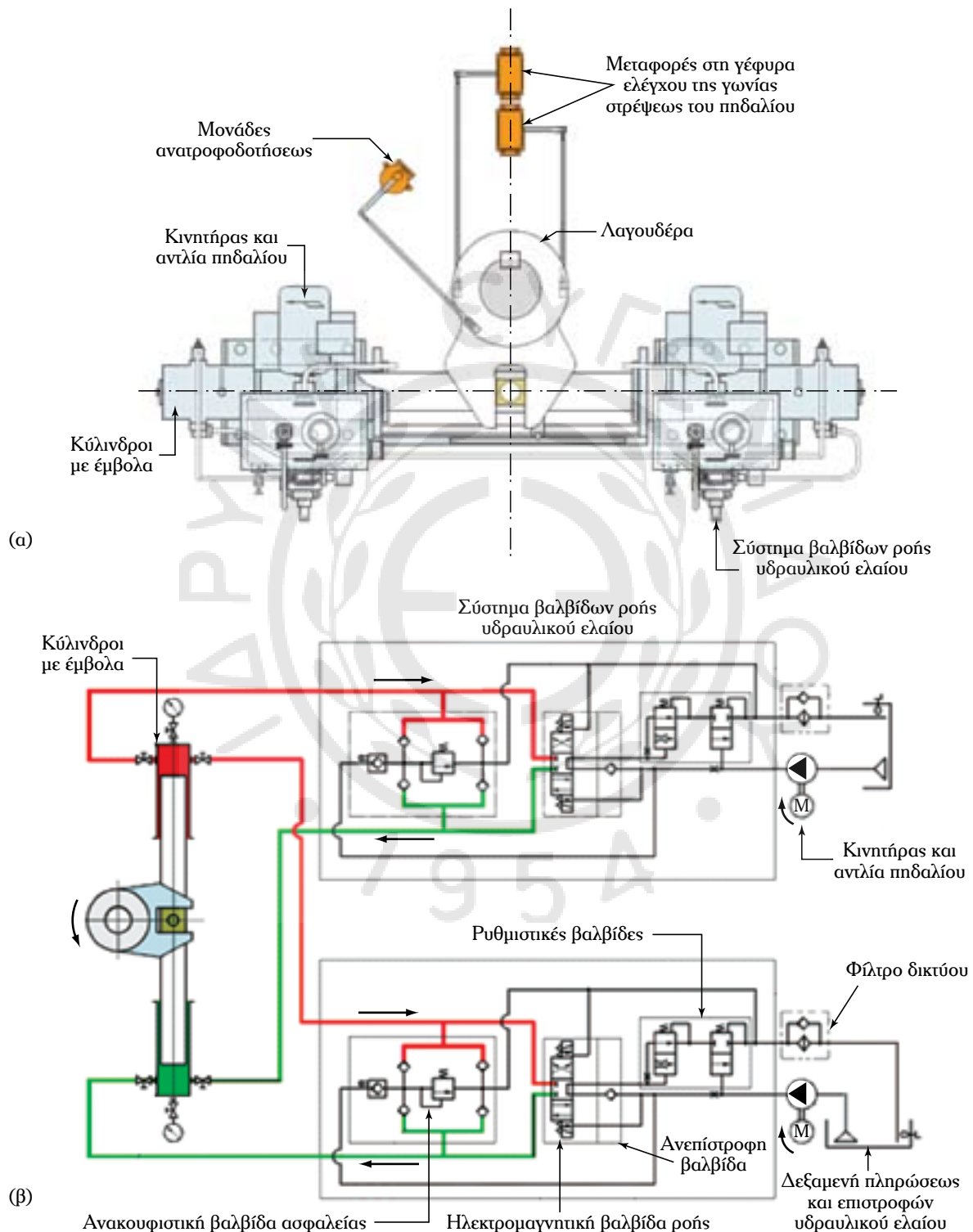
Στον κάθε τύπο μηχανισμού στρέψεως, προσαρτάται ο μηχανισμός επαναφοράς του μοχλού ελέγχου της αντλίας στη θέση «μέσον»¹ και αυτό επιτυγχάνεται με σύστημα **μοχλοβραχιόνων** (levers) ή **διαφορικού** (differential) συστήματος.

¹ Η θέση του οιακοστροφείου όπως το πηδάλιο είναι ευθυγραμμισμένο ονομάζεται «μέσον».

14.12.1 Μηχανισμός παλινδρομικής στρέψεως.

Ο παλινδρομικός τύπος μηχανισμού στρέψεως πηδαλίου αποτελείται από έμβολα βυθίσεως, τα

οποία λαμβάνουν εντολή από τη γέφυρα ελέγχου (σχ. 14.12α). Ο παλινδρομικός τύπος μηχανισμού πηδαλίων συναντάται με δύο και με τέσσερα έμβολα, πα-



Σχ. 14.12α

Παλινδρομικός τύπος μηχανισμού πηδαλίου δύο εμβόλων. (α) Διάταξη λαγουδέρας μεταξύ των μηχανισμών πηδαλίου δύο εμβόλων και (β) τυπική διάταξη ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων ελέγχου του πηδαλίου.

ραλλαγές που εξαρτώνται από τις απαιτήσεις ροπής στρέψεως.

Η λαγουδέρα που συνδέεται στον άξονα του πηδαλιού είναι κατασκευασμένη από **σφυρήλατο** ή **χυτό χάλυβα**. Τα έμβολα είναι κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο ή χάλυβα με τέλεια λείανση και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη ολίσθηση στις επιφάνειες τριβής.

Παλινδρομώντας στους υδραυλικούς κυλίνδρους, τα έμβολα κινούν τη λαγουδέρα. Η παλινδρομική κίνηση των εμβόλων μετατρέπεται σε περιστροφική στον άξονα του πηδαλιού από τη σύνδεση των εμβόλων με τη λαγουδέρα. Η σύνδεση αυτή γίνεται με πείρους και δακτυλίους τριβής, ώστε να μετατρέπεται η γραμμική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική στον άξονα του πηδαλιού μέσω της λαγουδέρας.

Η αντλία μεταβλητής καταθλίψεως είναι συνδεδεμένη σε κάθε κύλινδρο με σωλήνες για να αναρροφούν ή να καταθλίβουν έλαιο από αυτούς.

Όταν ο άξονας ελέγχου της αντλίας μεταβλητής καταθλίψεως Waterbury ή Hele-Shaw, που στρέφεται με σταθερή ταχύτητα, βρίσκεται στη μέση θέση, δεν έχουμε αναρρόφηση και κατάθλιψη, άρα δεν έχουμε κίνηση των εμβόλων. Στρέφοντας το οιακοστρόφιο στη γέφυρα μέσω τηλεκινήσεως μεταφέρεται η κίνηση στον άξονα ελέγχου της αντλίας, μεταβάλλοντας την κλίση της λεκάνης ή μετατοπίζοντας τη θέση της στεφάνης. Έτσι, η αντλία αναρροφά από τον έναν κύλινδρο και καταθλίβει στον άλλο έλαιο, προκαλώντας την πίεση που απαιτείται για την κίνηση των εμβόλων και τη στρέψη του πηδαλιού (σχ. 14.12β).

Στο σύστημα πηδαλιουχίας δύο εμβόλων (σχ. 14.12γ) οι αντλίες αναρροφούν το έλαιο από τον κύλινδρο K_1 και το καταθλίβουν στον κύλινδρο K_2 αναγκάζοντας τη λαγουδέρα Λ_1 να μετατοπιστεί προς τα αριστερά και τον άξονα του πηδαλιού να περιστραφεί δεξιά, σύμφωνα με την φορά του τόξου.

Στα συστήματα πηδαλιουχίας με τέσσερα έμβολα, οι βασικές αρχές λειτουργίας είναι ίδιες με αυτές του συστήματος πηδαλιουχίας με δύο έμβολα, εκτός απ' την κυκλοφορία του ελαίου στο δίκτυο, όπου η αναρρόφηση από την αντλία γίνεται από τους απέναντι και διαγώνιους κυλίνδρους και η κατάθλιψη στους άλλους δύο αντίστοιχα. Σύμφωνα με το σχήμα 14.12γ κατά τη λειτουργία του μηχανισμού στρέψεως, οι αντλίες αναρροφούν έλαιο από τους κυλίνδρους K_1 και K_4 (σχ. 14.12δ) καταθλίβοντάς το στους κυλίνδρους K_2 και K_3 , μετατοπίζοντας το σημείο συνδέσεως Λ_1 (τριβέα) αριστερά και το σημείο συνδέσεως Λ_2 (τριβέα) δεξιά, στρέφοντας το

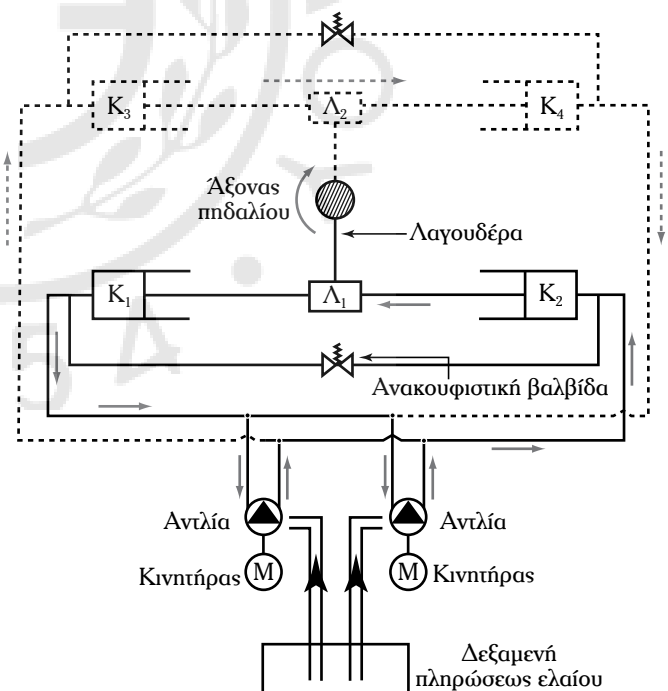
πηδάλιο σύμφωνα με τη φορά του τόξου δεξιά.

Με τον ίδιο τρόπο λειτουργεί και το σύστημα πηδαλιουχίας του σχήματος 14.12δ, όπου διακρίνεται η πραγματική διάταξη των εμβόλων, του άξονα πηδαλιού των αντλιών και όλο το σύστημα μεταδόσεως των κινήσεων μαζί με τον μηχανισμό χειροκίνητης λειτουργίας που χρησιμοποιείται σε έκτακτη ανά-



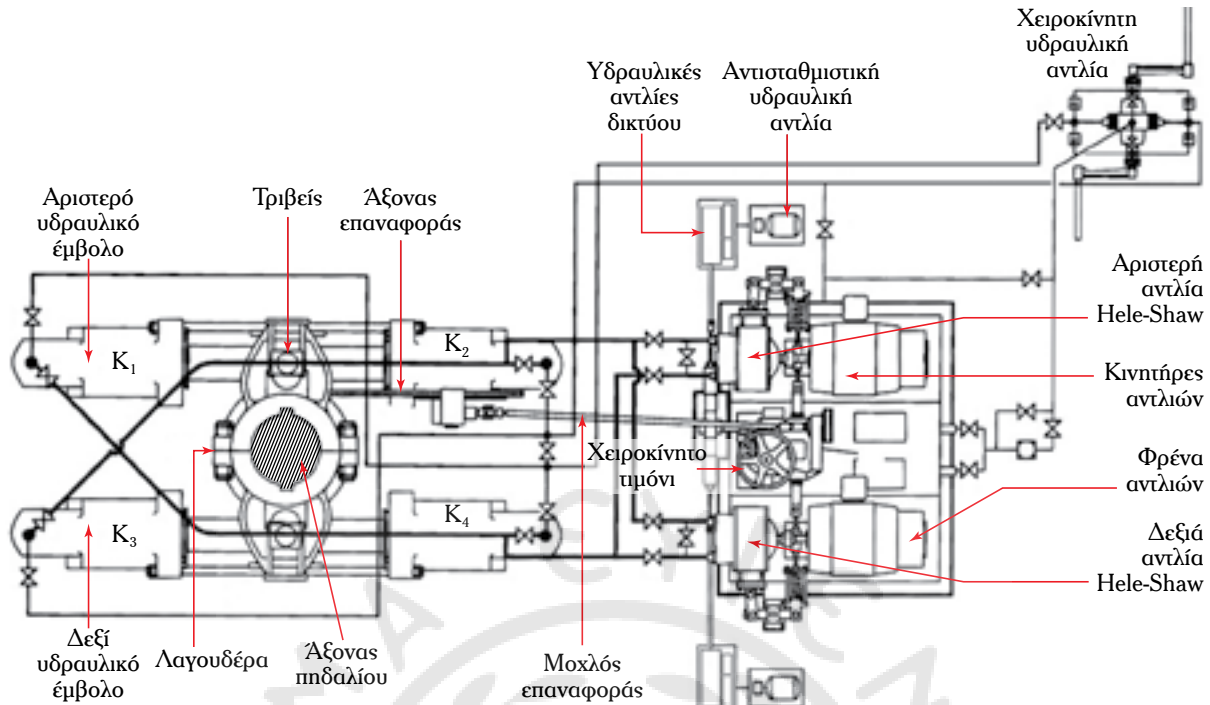
Σχ. 14.12β

Διάταξη μηχανισμού στρέψεως πηδαλιού δύο εμβόλων.



Σχ. 14.12γ

Διάταξη μηχανισμού στρέψεως πηδαλιού δύο εμβόλων (με διακεκομμένες γραμμές είναι η διάταξη όταν έχουμε τέσσερα έμβολα). K_1, K_2, K_3, K_4 είναι οι εμβολοφόροι κύλινδροι και Λ είναι ο τριβέα.



Σχ. 14.12δ

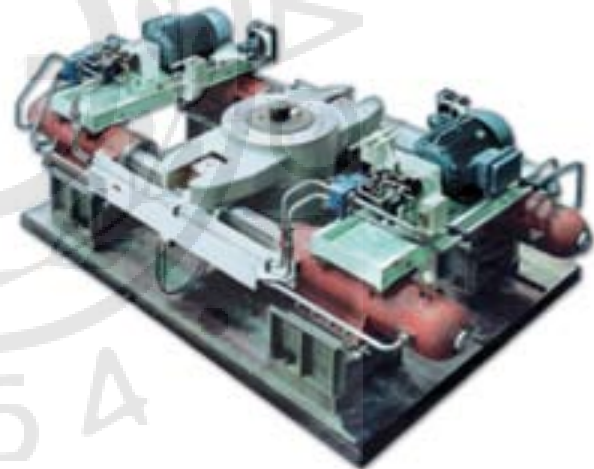
Πραγματική διάταξη πηδαλίου τεσσάρων εμβόλων.

γκη. Ειδικά για τον χειροκίνητο μηχανισμό διακρίνεται το χειροκίνητο τιμόνι που ενεργεί στις αντλίες Hele-Shaw για επιτόπια πηδαλιουχία και η χειροκίνητη υδραυλική αντλία που ενεργεί στα υδραυλικά έμβολα όταν διακοπεί η παροχή ρεύματος στους ηλεκτροκινητήρες των αντλιών.

Μία δεξαμενή ελαίου που υπάρχει στη διάταξη του δικτύου ως σκοπό έχει να συμπληρώνει έλαιο στο δίκτυο, ώστε να είναι πάντα γεμάτο. Επίσης, μία γέφυρα με βαλβίδα (by pass) και ελατήριο βρίσκεται στο δίκτυο και ανοίγει όταν η διάταξη του πηδαλίου καταπονείται κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες. Η διάταξη αυτή ενεργοποιεί την αντλία, ώστε η κατάθλιψη ελαίου να επαναφέρει το πηδάλιο στη θέση που βρισκόταν πριν τη μετατόπισή του από την επιρροή των συνθηκών αυτών.

Με την ολοκλήρωση κάθε κινήσεως του πηδαλίου, ένα ολισθαίνον δακτυλίδι που συνδέει το βάκτρο του εμβόλου ή τη λαγουδέρα με τον άξονα ελέγχου του δέκτη τηλεκινήσεως, επαναφέρει τη λεκάνη ή τη στεφάνη της μεταβλητής αντλίας καταθλίψεως διακόπτοντας την παροχή ελαίου στους κυλίνδρους των εμβόλων και το πηδάλιο σταματά στην επιθυμητή θέση.

Για την πηδαλιουχία του πλοίου η λειτουργία μίας αντλίας είναι αρκετή, με την δεύτερη σε ετοιμότητα για περιπτώσεις ανάγκης. Αν όμως χρειάζεται ταχύτερη ανταπόκριση στις κινήσεις του πηδαλίου, για

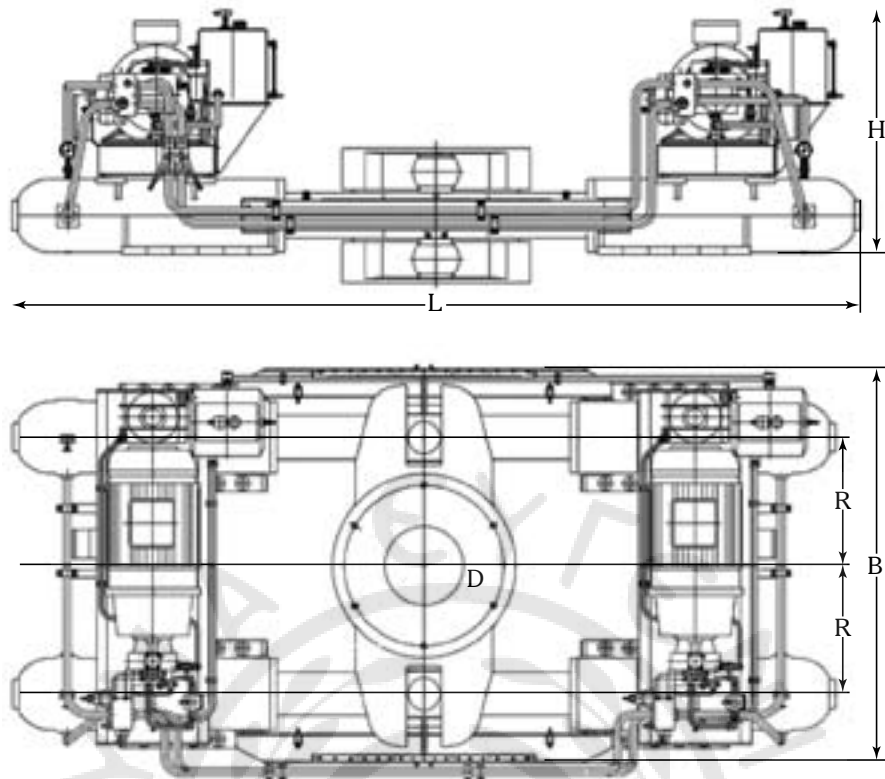


Σχ. 14.12ε

Σύστημα παλινδρομικής στρέψεως HATLAPA.

παράδειγμα όταν το πλοίο διέρχεται από διαύλους ή γίνονται χειρισμοί μέσα στο λιμάνι, λειτουργούν και οι δύο αντλίες.

Στο σχήμα 14.12ε παρουσιάζεται ένα πλήρες σύστημα στρέψεως της κατασκευάστριας εταιρείας HATLAPA, ενώ στο σχήμα 14.12στ τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου τεσσάρων εμβόλων. Στον πίνακα 14.12.1 αναγράφονται τα στοιχεία ιπποδυνάμεως και διαστάσεων.



Σχ. 14.12στ

Σύστημα παλινδρομικής στρέψεως HATLAPA.

Πίνακας 14.12.1

Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά συστήματος παλινδρομικής στρέψεως HATLAPA.

Τύπος		1840	2120	2680	3050	4000	4170	7650
Ροπή λειτουργίας*	kNm	1840	2127	3350	3053	4000	5177	7658
Ροπή σχεδιάσεως**	kNm	2300	2659	650	3816	5000	6471	9573
Μέγιστη διάμετρος άξονα πηδαλιού	D mm	550	600	5600	700	750	850	1000
Μήκος	L mm	4850	4890	2600	5670	6080	6560	7800
Πλάτος	B mm	2230	2420	1350	2850	3000	3260	3700
Ύψος	H mm	1200	1200	820	1450	1600	1700	1850
Ακτίνα	R mm	700	750	125	880	950	1000	1150
Ισχύς ηλεκτρικού κινητήρα	kW	88	106	600	148	170	4×125	4×180
Χωρητικότητα ελαίου [oil charge (approx.)]	I	350	510	23000	650	700	900	1100
Βάρος εγκαταστάσεως [weight (approx.)]	kg	16000	18000		28500	30500	37000	51000

*at working pressure= Πίεση λειτουργίας.

** at max. operation pressure which corresponds to adjusted pressure of safety valves (working torque x 1,25) = Σε μέγιστη πίεση λειτουργίας που αναλογεί στην πίεση των βαλβίδων ασφαλείας (Ροπή λειτουργίας x 1,25).

14.12.2 Περιστροφικό περύγιο ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου (vane type gear).

Οι μηχανισμοί περυγιοφόρων πηδαλίων είναι ισοδύναμοι με τους μηχανισμούς στρέψεως πηδαλίων δύο εμβόλων, με δυνατότητα ροπής στρέψεως ανάλογη του μεγέθους τους.

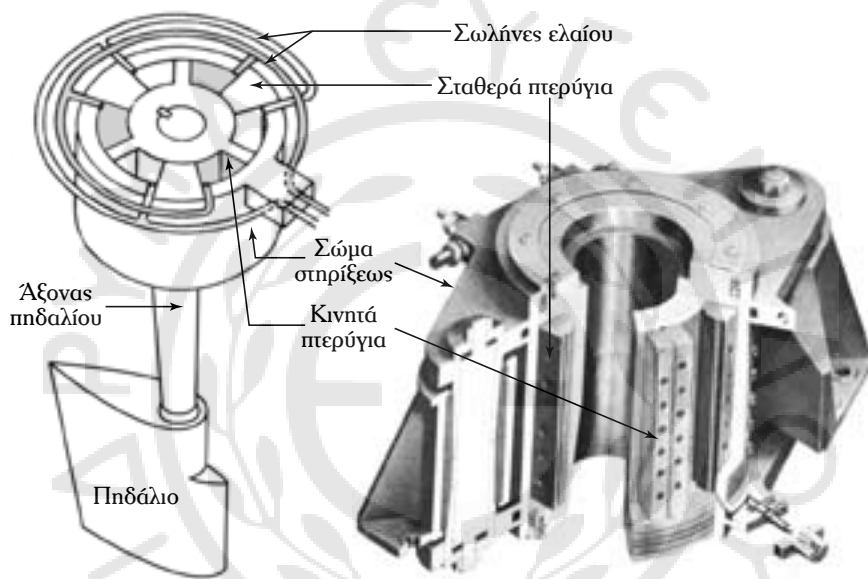
Η διάταξη δύο περυγιοφόρων μηχανισμών στρέψεως, με τον έναν μηχανισμό τοποθετημένο επάνω από τον άλλο, έχει το ίδιο αποτέλεσμα και αποτελεσματικότητα και παρέχει την ίδια ασφαλή λειτουργία με έναν μηχανισμό στρέψεως πηδαλίου τεσσάρων εμβόλων.

Σε ένα περυγιοφόρο πηδάλιο, το **κινητό τμήμα**

του μηχανισμού (rotor) συνδέεται με τον άξονα του πηδαλίου και πάνω σ' αυτό στηρίζονται τα κινητά περύγια, ενώ το **σταθερό τμήμα** (stator) μαζί με τα σταθερά περύγια εφαρμόζεται στο σώμα της κατασκευής του πλοίου (σχ. 14.12ζ).

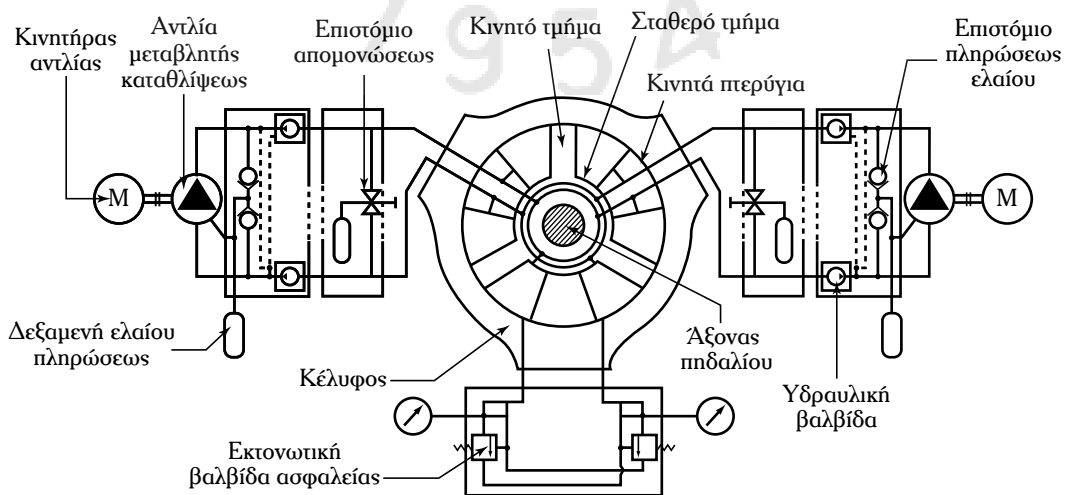
Τα σταθερά, καθώς και τα κινητά περύγια, είναι κατασκευασμένα από **σφαιροειδή γραφιτούχο χυτοσίδηρο** (spheroid graphite cast iron). Στηρίζονται στο σταθερό και στο κινητό τμήμα του μηχανισμού που είναι κατασκευασμένος από χυτοχάλυβα, ενώ ατσάλινες βίδες, πείροι και ασφάλειες αναλαμβάνουν τη μηχανική υποστήριξη των περυγίων.

Όπως διακρίνεται και στο σχήμα 14.12n, μεταξύ



Σχ. 14.12ζ

Περιστροφικό περυγιοφόρο ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο.



Σχ. 14.12n

Διάταξη περιστροφικού περυγιοφόρου ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου.

του κορμού του άξονα πηδαλίου, που στηρίζεται στο κινητό τμήμα του μηχανισμού με τα κινητά περύγια και του σταθερού τμήματος του μηχανισμού, όπου στηρίζονται τα σταθερά περύγια, δημιουργείται η πλήμνη των θαλάμων πίεσεως και κάθε θάλαμος συνδέεται με διακλάδωση σωληνώσεων με το δίκτυο παροχής ελαίου από την αντλία.

Κάθε θάλαμος πίεσεως που δημιουργείται μεταξύ των σταθερών περυγίων χωρίζεται σε δύο ημι-θαλάμους από τα κινητά περύγια και ενώ στον μισό θάλαμο γίνεται η εισαγωγή ελαίου, στον άλλο μισό ταυτόχρονα γίνεται η εξαγωγή. Για ένα περυγιοφόρο πηδάλιο με τρία σταθερά και τρία κινητά περύγια έχουμε τρία ζεύγη θαλάμων, τρεις θαλάμους αναρροφήσεως και τρεις θαλάμους καταθλίψεως, που η λειτουργία τους εναλλάσσεται, σύμφωνα με την παροχή από την αντλία μεταβλητής καταθλίψεως.

Η ποσότητα του ελαίου που καταθλίβεται από την αντλία στη μία πλευρά του θαλάμου, η οποία δημιουργείται από τα περύγια σε κάθε ζεύγος θαλάμων, εξάγεται από την αντίθετη πλευρά και αναρροφάται από την αντλία. Τα περύγια ενεργούν σαν έμβολα, μετακινούνται γωνιακά από την πίεση του ελαίου στρέφοντας τον άξονα του πηδαλίου δεξιά ή αριστερά, σύμφωνα με την εναλλαγή της εξαγωγής-εισαγωγής της αντλίας μεταβλητής καταθλίψεως προς τα ζεύγη των θαλάμων πίεσεως.

Συνήθως, οι διατάξεις που εγκαθίστανται στα πλοία (σχ. 14.120), είναι με τρία σταθερά και τρία κινητά περύγια και επιτρέπουν στο πηδάλιο να στραφεί σε τόξο 70° , δηλαδή 35° δεξιά και 35° αριστερά από τη μέση θέση των κινητών περυγίων. Οι μεγαλύτερες γωνίες περιστροφής του πηδαλίου επιτυγχάνονται από διατάξεις περυγιοφόρων πηδαλίων με δύο κινητά και δύο σταθερά περύγια, με ικανότητα στρέψεως του πηδαλίου στις 130° .

Η στεγανοποίηση μεταξύ των θαλάμων πίεσεως ελαίου πραγματοποιείται με συνθετικά λάστιχα που εφαρμόζονται κατά μήκος των περυγίων, φτάνοντας την ογκομετρική απόδοση του μηχανισμού στρέψεως του πηδαλίου στο 96–98%, με πίεση δικτύου τα 100 bar. Τα σταθερά περύγια είναι έτσι κατασκευασμένα, ώστε να αντέχουν την πίεση των κινητών περυγίων και να λειτουργούν σαν τερματικά (stoppers) γι' αυτά.

Σχηματική διάταξη του συστήματος της HATLAPA και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του εικονίζονται στο σχήμα 14.121 και στον πίνακα 14.12.2 αντίστοιχα.

Η μέθοδος ελέγχου και παροχής ελαίου για το



(α) Σύστημα Rolls Royce



(β) Σύστημα HATLAPA

Σχ. 14.120

Περιστροφικό περυγιοφόρο ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο.

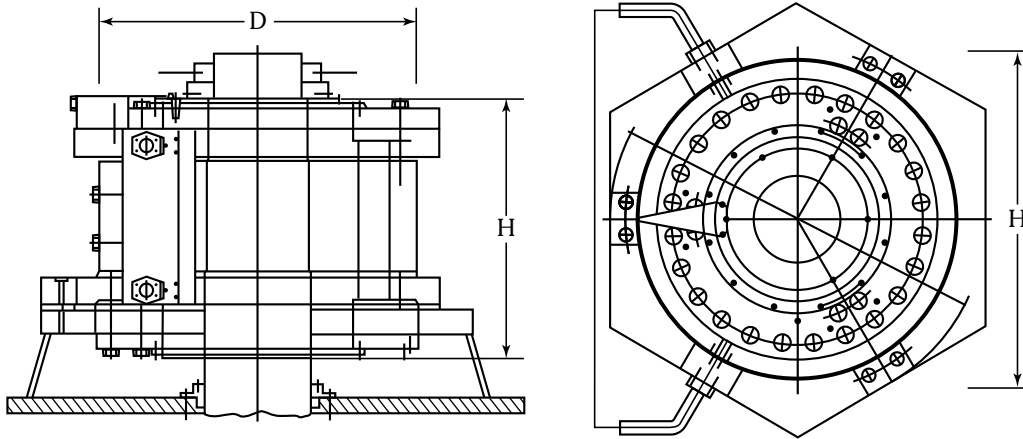
περιστροφικό περυγιοφόρο ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο είναι η ίδια που έχει περιγραφεί για τα ηλεκτροϋδραυλικά πηδάλια.

14.13 Ηλεκτροϋδραυλικά πηδάλια.

Μία τυπική διάταξη ηλεκτροϋδραυλικού συστήματος πηδαλιουχίας σε σύγχρονο πλοίο, για τη μετάδοση του σήματος στρέψεως και ελέγχου του πηδαλίου από τη γέφυρα, απεικονίζεται στο σχήμα 14.13α.

Η εντολή από τη γέφυρα μεταδίδεται ηλεκτρικά σε σωληνοειδή ηλεκτροϋδραυλική βαλβίδα (solenoid valve), η οποία στέλνει ή διακόπτει το έλαιο, που κυκλοφορεί στο δίκτυο από την αντλία μεταβλητής καταθλίψεως προς τα υδραυλικά έμβολα περιστροφής του πηδαλίου.

Για τον έλεγχο ολοκληρώσεως της εντολής από το τιμόνι, στον άξονα του πηδαλίου συνδέεται ηλεκτρική διάταξη η οποία στέλνει νέο ηλεκτρικό σήμα στη μονάδα ελέγχου ότι η επιθυμητή εντολή ολοκληρώθηκε, προκειμένου να διακοπεί η παροχή ελαίου από τη σωληνοειδή βαλβίδα προς τα έμβολα στρέψεως του άξονα του πηδαλίου.



Σχ. 14.12ι

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του συστήματος περιστροφικού πτερυγιοφόρου ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου της HATLAPA.

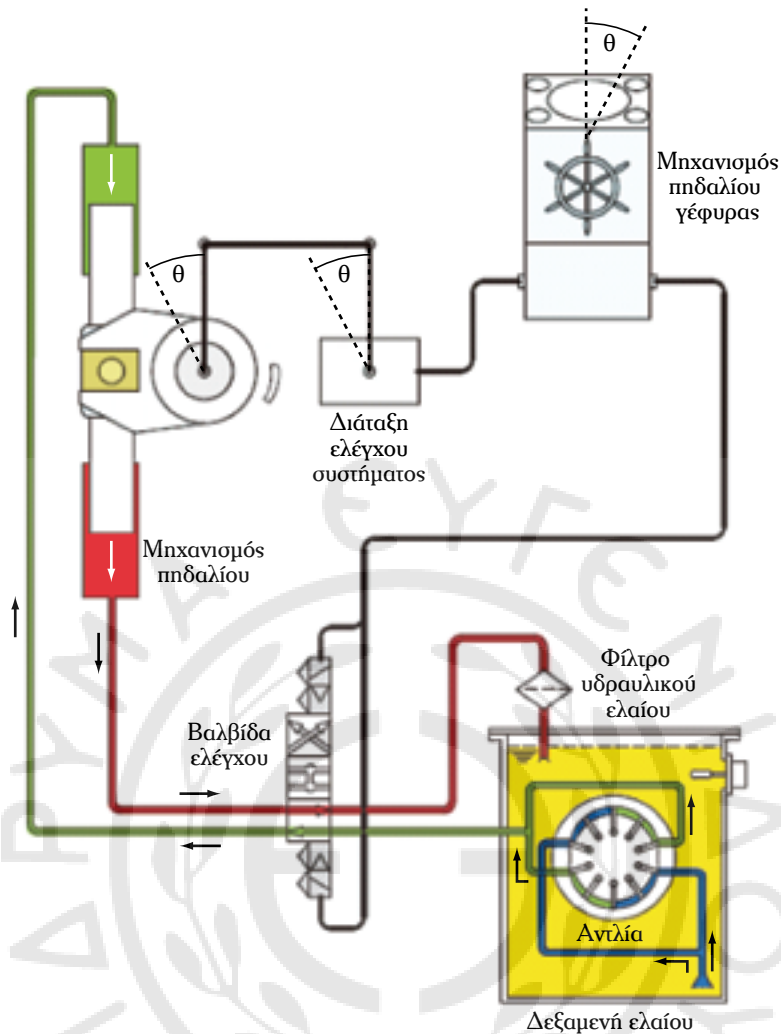
Πίνακας 14.12.2

Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά συστήματος περιστροφικού πτερυγιοφόρου ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου της HATLAPA.

Τύπος		130	200	300	450
Ροπή λειτουργίας συστήματος	kNm	130	200	300	450
Διάμετρος άξονα πηδαλίου	mm	150 / 160 / 170 / 180 / 190 / 200 / 210 / 215	190 / 200 / 210 / 220 / 230 / 240 / 250	220 / 230 / 240 / 250 / 260 / 270 / 280	250 / 260 / 270 / 280 / 290 / 300 / 310 / 320
Βάρος εγκατάστασης κατά προσέγγιση	kg	682	1003	1480	2198
Διαστάσεις (διάμετρος-ύψος)	mm	640×660	740×740	830×820	940×930
Κατανάλωση ισχύος	kW	2×11	2×18	2×24	2×32

Τύπος		600	800	1000	1250
Ροπή λειτουργίας συστήματος	kNm	545	725	915	1100
Διάμετρος άξονα πηδαλίου	mm	280 / 290 / 300 / 310 / 320 / 330 / 340 / 350 / 354	310 / 320 / 330 / 340 / 350 / 360 / 370 / 380 / 390	340 / 350 / 360 / 370 / 380 / 390 / 400 / 410 / 420	370 / 380 / 390 / 400 / 410 / 420 / 430 / 440 / 446
Βάρος εγκατάστασης κατά προσέγγιση	kg	2832	3918	4726	5874
Διαστάσεις (διάμετρος-ύψος)	mm	1030×1110	1130×1170	1220×1170	1290×1260
Κατανάλωση ισχύος*	kW	2×40	2×50	2×76	2×95

*σύμφωνα με τον IEC 92-204: duty S6-25%



Σχ. 14.13α

Ηλεκτροϋδραυλική διάταξη ελέγχου του πηδαλίου.

Η εφαρμογή των ηλεκτροϋδραυλικών πηδαλίων είναι ο συνηθέστερος τρόπος συστημάτων πηδαλιουχίας των σημερινών πλοίων. Η αξιοπιστία, η γρήγορη ανταπόκριση των επιθυμητών κινήσεων και η ανθεκτική κατασκευή είναι ορισμένοι λόγοι, για τους οποίους είναι διαδεδομένα στις εγκαταστάσεις των μεγάλων πλοίων.

Η εγκατάσταση του συστήματος ενός ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου αποτελείται από:

α) Το **σύστημα τηλεκινήσεως** (telemotor ή remote control), διά του οποίου, μεταδίδονται από τη γέφυρα οι κινήσεις του πηδαλιούχου μέσω του οιακοστροφίου, προς το μηχανήμα του πηδαλίου.

β) Τον **μηχανισμό κινήσεως** του πηδαλίου, το οποίο δέχεται τις κινήσεις μέσω της τηλεκινήσεως απ' το οιακοστρόφιο και σύμφωνα με αυτές λειτουργεί,

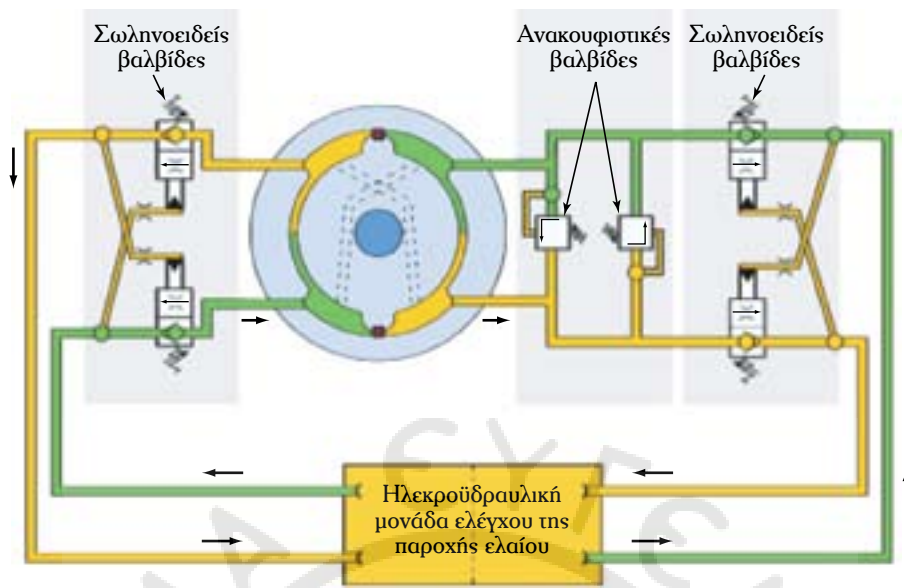
παρέχοντας την κίνηση στον μηχανισμό στρέψεως για τον άξονα του πηδαλίου.

γ) Τον **μηχανισμό στρέψεως** του πηδαλίου, μέσω του οποίου, με κατάλληλη διάταξη, μεταφέρεται η ροπή στρέψεως στο περύγιο του πηδαλίου.

Στο σχήμα 14.13β, παρουσιάζεται η διάταξη πηδαλιουχίας με περιστροφικό περυγιοφόρο ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο, ενώ στο σχήμα 14.13γ παρουσιάζεται το σύστημα μεταδόσεως κινήσεως στο πηδάλιο με δύο πίνακες ελέγχου και δύο συστήματα υδραυλικών αντλιών.

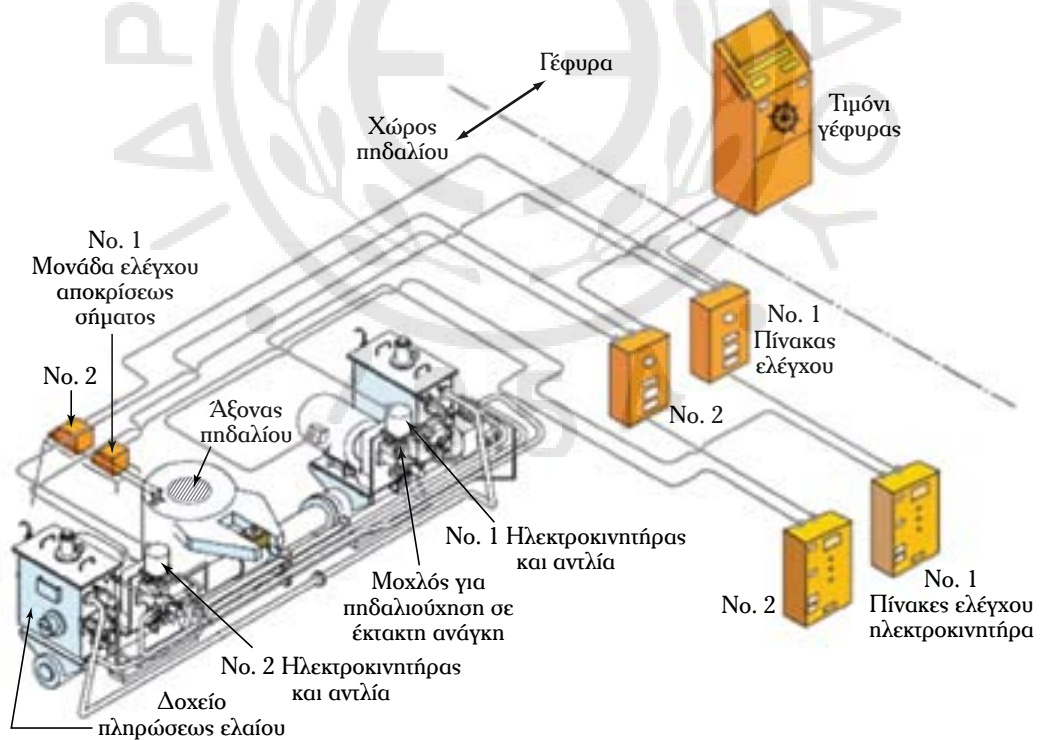
– **Ο μηχανισμός κινήσεως του ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου.**

Οι αντλίες ελαίου, τα έμβολα και οι διατάξεις ελέγχου αποτελούν την εγκατάσταση ενός ηλεκτροϋδραυλικού συστήματος για την κίνηση του πηδαλίου.



Σχ. 14.13β

Περιστροφικό περυγιοφόρο ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο.



Σχ. 14.13γ

Διάταξη μεταδόσεως κινήσεως στο πηδάλιο, με δύο πίνακες ελέγχου και δύο συστήματα υδραυλικών αντλιών.

Με τις αντλίες παρέχεται το έλαιο στα έμβολα, και αυτά με τη σειρά τους, ενεργώντας στον μηχανισμό στρέψεως, μετατοπίζουν το πηδάλιο στην επιθυμητή θέση.

Στα ηλεκτροϋδραυλικά πηδάλια, οι αντλίες που χρησιμοποιούνται για την παροχή του ελαίου στα έμβολα είναι μεταβλητής καταθλίψεως.

Ο όρος μεταβλητή κατάθλιψη δηλώνει τη δυνατότητα μιας αντλίας να μετατρέπει κατ' επιλογή με την επίδραση ενός μηχανισμού ελέγχου την αναρρόφηση της αντλίας σε κατάθλιψη και αντίθετα, δίκως να διακοπεί η λειτουργία της.

Οι αντλίες αυτές, συνήθως, είναι δύο στην εγκατάσταση του πηδαλίου ενός πλοίου, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής ναυσιπλοΐα σε περίπτωση βλάβης στη μία από αυτές, καθώς και να διατηρείται η ικανότητα πηδαλιουχίας του πλοίου όταν πραγματοποιούνται εργασίες συντηρήσεως σε μία από τις δύο αντλίες. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να εργάζονται χωριστά και παράλληλα, αυξάνοντας την ταχύτητα ανταποκρίσεως των κινήσεων του πηδαλίου.

Για κάθε τύπο από τις αντλίες αυτές, επηρεάζοντας με διαφορετικό τρόπο τη διαδρομή των εμβόλων της χωρίς να απαιτείται η διακοπή της λειτουργίας της, η ποσότητα του ελαίου που εκτοπίζεται από την αντλία μπορεί να μεταβάλλεται από μηδενική έως μέγιστη. Με αυτόν τον τρόπο καταθλίβει την ποσότητα που προβλέπεται, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της κατασκευής της.

Μεγάλος αριθμός τύπων αντλιών μεταβλητής καταθλίψεως που χρησιμοποιούνται για την παροχή ελαίου στα έμβολα είναι διαθέσιμος.

Οι κυριότεροι από αυτούς τους τύπους είναι:

- α) Κινούμενης στεφάνης (floating ring).
- β) Λεκάνης μεταβαλλόμενης κλίσεως (swash plate), και
- γ) ολισθηρών επιθεμάτων-ελασμάτων (slipper-pad).

14.14 Ο μηχανισμός επαναφοράς του πηδαλίου.

Στις δύο αντλίες αξονικής και ακτινικής κινήσεως τύπου Waterbury και Hele-Shaw ή άλλων κατασκευαστών, η θέση της λεκάνης ή της στεφάνης ολισθήσεως ρυθμίζεται από τον πηδαλιούχο όταν στρέφει το οιακοστρόφιο μέσω του συστήματος τηλεκινήσεως, επενεργώντας στον άξονα ελέγχου της λεκάνης ή της στεφάνης της αντλίας.

Στο τέλος όμως κάθε ενέργειας προς την επιθυμητή θέση του πηδαλίου είναι αναγκαίο να διακόπεται η

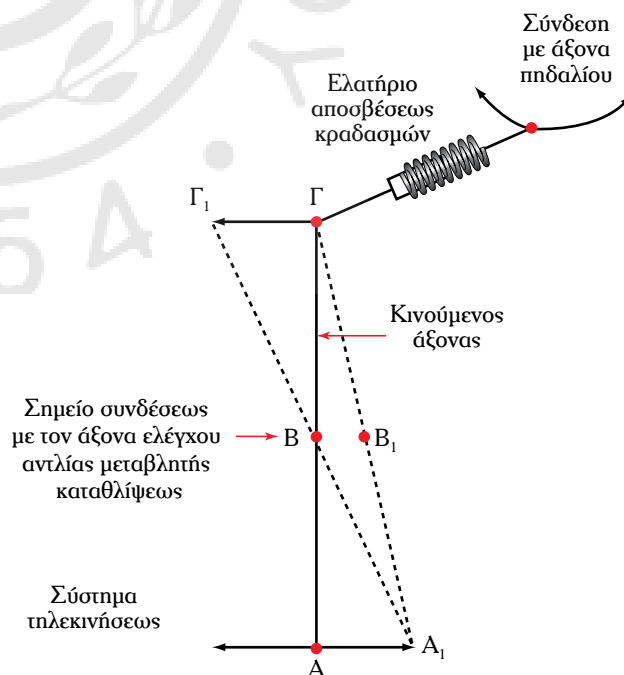
κατάθλιψη του ελαίου στον μηχανισμό κινήσεως του πηδαλίου, μέχρι την επόμενη επιθυμητή μεταβολή.

Γι' αυτόν τον λόγο ένα μηχανικό σύστημα με οδοντωτούς άξονες και γρανάζια ή ελατηρίου ενεργοποιείται για την ομαλή επαναφορά του άξονα ελέγχου της αντλίας μεταβλητής καταθλίψεως στη μέση θέση, ώστε να διακοπεί η κυκλοφορία ελαίου στο δίκτυο. Η εντολή για την κίνηση του άξονα ελέγχου, προκειμένου η λεκάνη ολισθήσεως ή η στεφάνη να επανέλθει στη μέση θέση, μεταδίδεται από βραχίονα, που συνδέεται με τον άξονα πηδαλίου του πλοίου.

Μία απλή διάταξη, όπου φαίνεται η λειτουργία μηχανισμού επαναφοράς του άξονα ελέγχου της αντλίας στη μέση θέση παρουσιάζεται στο σχήμα 14.14α έτσι, ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του.

Τα τρία σημεία A, B, Γ είναι τα σημεία συνδέσεως στον κινούμενο άξονα, που σχετίζεται με τον μηχανισμό επαναφοράς όταν δεν υπάρχει κίνηση από οιακοστρόφιο. Το A είναι το σημείο όπου συνδέεται το σύστημα τηλεκινήσεως με τον κινούμενο άξονα του μηχανισμού. Το B είναι το σημείο όπου συνδέεται ο άξονας ελέγχου της αντλίας μεταβλητής καταθλίψεως και το Γ είναι το σημείο συνδέσεως με τον άξονα πηδαλιουχίας του πλοίου. Τα A₁, B₁, Γ₁ είναι οι νέες θέσεις του άξονα μετά την εντολή στρέψεως του πηδαλίου.

Ο μεταδότης, ενεργώντας από τη γέφυρα ή από άλλη θέση πηδαλιουχίας με τηλεκίνηση στη μία



Σχ. 14.14α

Μηχανισμός επαναφοράς του πηδαλίου.

άκρη του άξονα στο σημείο συνδέσεως Α, μετατοπίζει τον άξονα στη νέα θέση Α₁. Ως συνέπεια παρασύρεται ο άξονας ελέγχου της αντλίας που συνδέεται στον κινούμενο άξονα στο σημείο Β στη νέα θέση Β₁. Η αντλία που βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία αρχίζει να τροφοδοτεί με έλαιο τον μηχανισμό στρέψεως του πηδαλίου, ο οποίος βρίσκεται σε ισορροπία. Τότε το πηδάλιο αρχίζει να κινείται προς την επιθυμητή φορά (δεξιά ή αριστερά).

Μέσω του συστήματος μεταδόσεως που παίρνει κίνηση από το πηδάλιο και ενώνεται στον άξονα επαναφοράς στο σημείο Γ, η άκρη του άξονα μετακινείται στη νέα θέση Γ₁ προκαλώντας την επαναφορά του άξονα ελέγχου της αντλίας στην αρχική θέση Β. Στο σημείο αυτό διακόπεται η παροχή ελαίου από την αντλία και το πηδάλιο παραμένει σε αυτήν τη θέση μέχρι την επόμενη μεταβολή από τον πηδαλιούχο.

Σε αντίξοες καιρικές συνθήκες, οι τάσεις που αναπτύσσονται στο πηδάλιο μειώνονται με τον ίδιο τρόπο, αλλά η μεταβολή προκαλείται από τις **ανακουφιστικές βαλβίδες** (relief valves) και όχι από το οιακοστρόφιο πηδαλιουχίας.

Το σχήμα 14.14α αφορά στις κινήσεις επαναφοράς για μία κίνηση του οιακοστρόφιου. Αν το οιακοστρόφιο μετακινηθεί και οι συνδέσεις στον κινούμενο άξονα επαναφοράς από τον άξονα ελέγχου της αντλίας ελαίου ή του άξονα του πηδαλίου ολισθαίνουν σε αυλάκι, τότε τα διαγράμματα για την επαναφορά του πηδαλίου παρουσιάζονται στο σχήμα 14.14β.

14.15 Επιθεωρήσεις – Έλεγχοι.

Το σύστημα ελέγχου πηδαλίου υπόκειται στα

πλαίσια του επίσιου ελέγχου και της ανανεώσεως του **πιστοποιητικού ασφαλούς κατασκευής του πλοίου** (cargo ship safety construction certificate), σύμφωνα με τον κανονισμό 10, παράγραφο Β1 της SOLAS. Το σύστημα του πηδαλίου ελέγχεται από τον επιθεωρητή του νηογνώμονα και, εάν απαιτηθεί, από τον **επιθεωρητή της σημαίας του πλοίου** (flag surveyor).

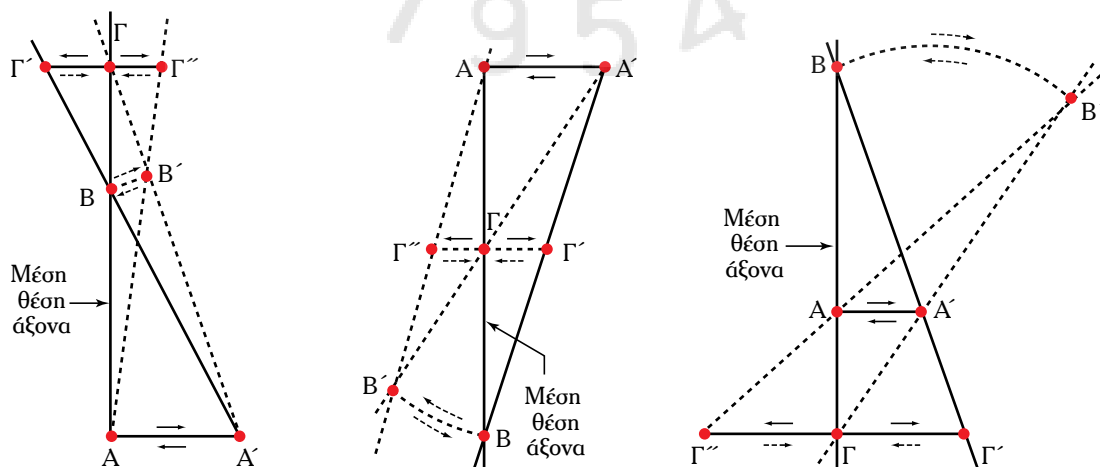
Για όλους τους ελέγχους που γίνονται από το πλήρωμα του πλοίου πρέπει να τηρούνται αρχεία, σύμφωνα με τον Κώδικα Ασφαλούς Διαχειρίσεως του πλοίου (International Safety Management– ISM).

Οι προδιαγραφές κατασκευής του μηχανισμού πηδαλίου αναφέρονται στο Κεφάλαιο II της SOLAS 2004, στους κανονισμούς 29 (Μηχανισμός Πηδαλίου, Steering Gear) και 30 [Πρόσθετες Απαιτήσεις για Ηλεκτρικούς και Ηλεκτροϋδραυλικούς Μηχανισμούς Πηδαλίων (Additional requirements for electric and electrohydraulic steering gear)].

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 26 του Κεφαλαίου V της SOLAS 2004 Μηχανισμός Πηδαλίου: Έλεγχοι και Γυμνάσια (Steering gear: testing and drills), πρέπει να ακολουθούνται οι παρακάτω βασικοί έλεγχοι και ενέργειες για τον μηχανισμό πηδαλίου από το πλήρωμα του πλοίου:

α) Εντός 12 ωρών πριν την αναχώρηση του πλοίου, ο μηχανισμός πηδαλίου θα ελέγχεται και θα πραγματοποιείται δοκιμή στρέψεως του πηδαλίου. Η δοκιμαστική κίνηση ελέγχου θα πραγματοποιείται μεταξύ άλλων και στα παρακάτω συστήματα:

- Στο κύριο σύστημα μηχανισμού πηδαλίου.
- Στο βοηθητικό σύστημα πηδαλίου.
- Στο σύστημα ελέγχου.



Σχ. 14.14β

Μηχανισμός επαναφοράς του πηδαλίου κινουμένων σημείων συνδέσεως.

- Στην σωστή ένδειξη της γωνίας στρέψεως σε σχέση με την πραγματική γωνία του πηδαλίου.
- Στα ηχητικά και οπτικά συστήματα, όταν το κύριο σύστημα τίθεται εκτός λειτουργίας.
- Στους διάφορους αυτοματισμούς του συστήματος πηδαλίου.

β) Οι περιοδικοί έλεγχοι και τα γυμνάσια που πραγματοποιούνται από το πλήρωμα του πλοίου πρέπει να περιλαμβάνουν τις ακόλουθες διαδικασίες:

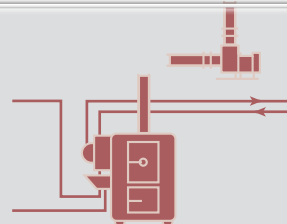
- Την πλήρη περιστροφή του πηδαλίου, σύμφωνα με τη διάταξη του συστήματος χειρισμού του πηδαλίου.
- Οπτικό έλεγχο του συστήματος στρέψεως και όλων των υδραυλικών συστημάτων για διαρροές ελαίου.

- Δοκιμή του συστήματος επικοινωνίας μεταξύ της γέφυρας του πλοίου και του διαμερίσματος του μηχανισμού πηδαλίου.

γ) Επιπρόσθετα με τους παραπάνω ελέγχους πρέπει να πραγματοποιούνται γυμνάσια, τουλάχιστον μία φορά κάθε τρεις μήνες, προκειμένου το πλήρωμα να εξασκείται στη χρήση και λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων του μηχανισμού του πηδαλίου.

Τα γυμνάσια πρέπει να περιλαμβάνουν τη λειτουργία του πηδαλίου από το διαμέρισμα του μηχανισμού πηδαλίου με ταυτόχρονη χρήση των συστημάτων επικοινωνίας με τη γέφυρα και όπου είναι δυνατόν με χρήση των εφεδρικών συστημάτων παραγωγής ισχύος.





15.1 Εισαγωγή στη Σύμβαση MARPOL 73/78.

Μία από τις σημαντικότερες Διεθνείς Συμβάσεις (ΔΣ) για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι η MARPOL 73/78. Έχει συνταχθεί με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ρυπάνσεως των θαλασσών από την απόρριψη πετρελαιοειδών, υλικών συσκευασίας ή στοιβασίας, απορριμμάτων, και της ρυπάνσεως από καυσαέρια. Εκπονήθηκε στις 17 Φεβρουαρίου του 1973, τέθηκε όμως σε ισχύ από τις 2 Οκτωβρίου του 1983.

Ως σκοπό έχει τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, με την εξάλειψη της ρυπάνσεως από πετρέλαιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες, καθώς και την ελαχιστοποίηση της τυχαίας απορρίψεως αυτών των ουσιών που συνδέονται με τα ατυχήματα των πλοίων.

Η MARPOL 73/78 είναι μία σύμβαση-πλαίσιο, με έξι Παραρτήματα, που περιέχουν λεπτομερείς κανονισμούς σχετικά με τις επιτρεπόμενες απορρίψεις, τον εξοπλισμό των πλοίων κ.λπ.. Τα Παραρτήματα αυτά είναι τα ακόλουθα:

α) Το **Παράρτημα I** (ANNEX I), που περιλαμβάνει ρυθμίσεις για τον τρόπο που πρέπει να είναι κατασκευασμένα τα Δ/Ξ και άλλα πλοία, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ρυπάνσεως. Περιλαμβάνει επίσης τα κριτήρια και τα όρια των επιτρεπόμενων απορρίψεων πετρελαίου και άλλων ελαιωδών καταλοίπων κάτω από ειδικές συνθήκες και τέθηκε σε ισχύ το 1983. Το Παράρτημα αυτό, για πρακτικούς λόγους, είναι δυνατόν να χωριστεί σε δύο ομάδες, που αφορούν:

- Στα ελαιώδη απόβλητα από χώρους των μηχανημάτων που ορίζονται ως **επιχειρησιακά απόβλητα** (operational waste). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και τα νερά των **υδροσυλλεκτών στο κύτος του μηχανοστασίου** (κοινώς νερά σεντινών ή σεντίνες), που μπορεί να είναι μολυσμένα με πετρέλαιο και
- στο έρμα και στο νερό από τον καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου, καθώς και στα **υγρά κατάλοιπα φορτίου** (cargo related waste) από το διαμέρισμα των αντλιών των Δ/Ξ.

β) Το **Παράρτημα II** (ANNEX II), που τέθηκε σε ισχύ το 1987, περιλαμβάνει τους κανονισμούς απορρίψεως και τα μέτρα για τη μείωση της απορρίψεως επιβλαβών υγρών ουσιών (χημικά), που μεταφέρονται χύδην. Σε αυτό έχουν αξιολογηθεί και περιλαμβάνονται περισσότερες από 250 χημικές ουσίες. Η διάθεση αυτών των ουσιών πρέπει να πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο μόνο σε εγκαταστάσεις υποδοχής στην ξηρά. Οι απορρίψεις καταλοίπων, όταν συμβαίνουν, περιέχουν υγρά από τον καθαρισμό των δεξαμενών και τα όρια συγκεντρώσεως των χημικών ουσιών σε αυτά και καθορίζονται έτσι, ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις απορρίψεως. Σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται η απόρριψη κοντά στις ακτές σε απόσταση μικρότερη των 12 ν.μ. σε βάθος μικρότερο των 25 m, ενώ τα όρια και οι απαιτήσεις διαφοροποιούνται στις χαρακτηρισμένες ως ειδικές περιοχές.

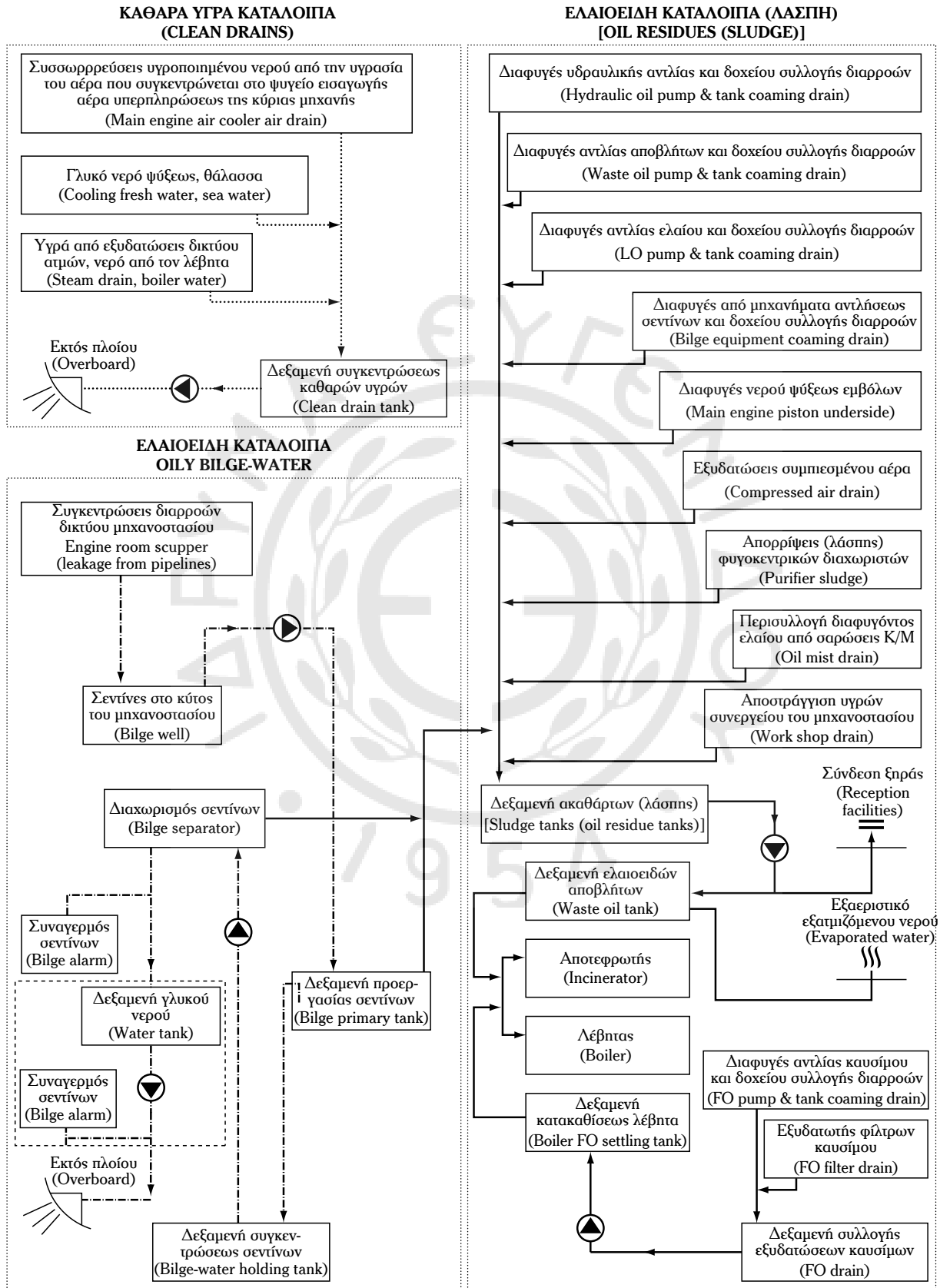
γ) Το **Παράρτημα III** (ANNEX III), που τέθηκε σε ισχύ το 1992, περιλαμβάνει διατάξεις με στόχο την πρόληψη της ρυπάνσεως από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται σε συσκευασμένη μορφή, όπως εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές κ.λπ.. Επίσης, περιλαμβάνει γενικές απαιτήσεις με την έκδοση λεπτομερών οδηγιών, που αφορούν στη συσκευασία, στη σήμανση, στην αποθήκευση, στα όρια για το μέγεθος κ.ά..

δ) Το **Παράρτημα IV**, (ANNEX IV), που περιλαμβάνει διατάξεις για την πρόληψη της ρυπάνσεως από την **απόρριψη λυμάτων από τα πλοία** (sewage) και τέθηκε σε ισχύ το 2003.

ε) Το **Παράρτημα V** (ANNEX V), που τέθηκε σε ισχύ το 1988, περιλαμβάνει διατάξεις για την πρόληψη της ρυπάνσεως από την απόρριψη λειτουργικών ή οικιακών αποβλήτων και άλλων στερεών. Σε αυτό ορίζονται τα διάφορα είδη αποβλήτων, που πρέπει να θεωρούνται ως σκουπίδια, ο τρόπος και η απόσταση απορρίψεως αυτών από την ξηρά.

στ) Το **Παράρτημα VI** (ANNEX VI), το οποίο εγκρίθηκε τον Σεπτέμβριο του 1997 και αποσκοπεί στον περιορισμό της εκπομπής καυσαερίων (αερίων ρύπων) από τα πλοία. Καθορίζει τα όρια εκπομπής

Πίνακας 15.1
Διάγραμμα ροής Ολοκληρωμένου Συστήματος Επεξεργασίας Αποβλήτων
(Integrated Bilge Water Treatment System –IBTS).



τους, τη διαχείριση και την επεξεργασία τους. Τέθηκε σε ισχύ το 2005.

Εκτός από τις λεπτομερείς ρυθμίσεις των Παραρτημάτων, η MARPOL 73/78 περιλαμβάνει μία σειρά κανονισμών σχετικά με τις επιθεωρήσεις των πλοίων και τους κανονισμούς για την υποχρεωτική τήρηση ημερολογίων φορτίου και αποβλήτων. Ο στόχος είναι η διευκόλυνση των αρχών στον έλεγχο για τη συμμόρφωση κατά τη διαχείριση των πλοίων με τις απαιτήσεις της ΔΣ και παράλληλα ο έλεγχος για τυχόν παραβάσεις των κανονισμών απορρίψεως.

Για την εφαρμογή των κανονισμών, τα πλοία είναι εφοδιασμένα με συστήματα επεξεργασίας και ελέγχου των αναγκαστικά παραγομένων αποβλήτων που δημιουργούνται από τις διαφυγές των μηχανημάτων στο μηχανοστάσιο ή από τις εργασίες συντηρήσεως (επισκευές, αλλαγές λαδιών κ.λπ.), είτε ως κατάλοιπα από τη μεταφορά φορτίου και τον καθαρισμό των δεξαμενών στα Δ/Ξ, είτε ως βιολογικά λύματα από τη λειτουργία των πλοίων. Τα συστήματα επεξεργασίας και ελέγχου είναι οι διαχωριστές ελαίου σεντίνων, τα συστήματα ελέγχου απορρίψεως ελαίου, οι αποτεφρωτές και τα συστήματα επεξεργασίας βιολογικών λυμάτων.

Η τυπική διάταξη Ολοκληρωμένου Συστήματος Επεξεργασίας Αποβλήτων (Integrated Bilge Water Treatment System-IBTS) παριστάνεται στον πίνακα 15.1.

15.2 Διαχωριστές ελαίου νερού σεντίνων.

Διαχωριστές ελαίου νερού σεντίνων (bilge oil water separators) ονομάζονται τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των σεντίνων του πλοίου. Οι σεντίνες αποτελούν ένα σχεδόν αναπόφευκτο προϊόν από τη λειτουργία του πλοίου. Πρόκειται για ένα υγρό μείγμα που συλλέγεται στο κύτος του μηχανοστασίου και αποτελείται από θάλασσα, γλυκό νερό, πετρέλαιο, διάφορα λιπαντικά που διαφεύγουν από μικροδιαρροές των μηχανών, των βοηθητικών μηχανημάτων και των δικτύων. Το μείγμα των σεντίνων επίσης ενδέχεται να περιέχει μικρά οργανικά και ανόργανα σωματίδια, καθώς και διάφορα χημικά που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των μηχανημάτων.

Ένα μέρος αυτού του νερού είναι αναγκαίο να απορριφθεί στη θάλασσα. Για την προστασία όμως του περιβάλλοντος και σύμφωνα με τους αυστηρούς κανόνες που έχουν θεσπίσει οι ΔΣ (conventions), απαγορεύεται η απόρριψή του στη θάλασσα πριν την επεξεργασία του. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται

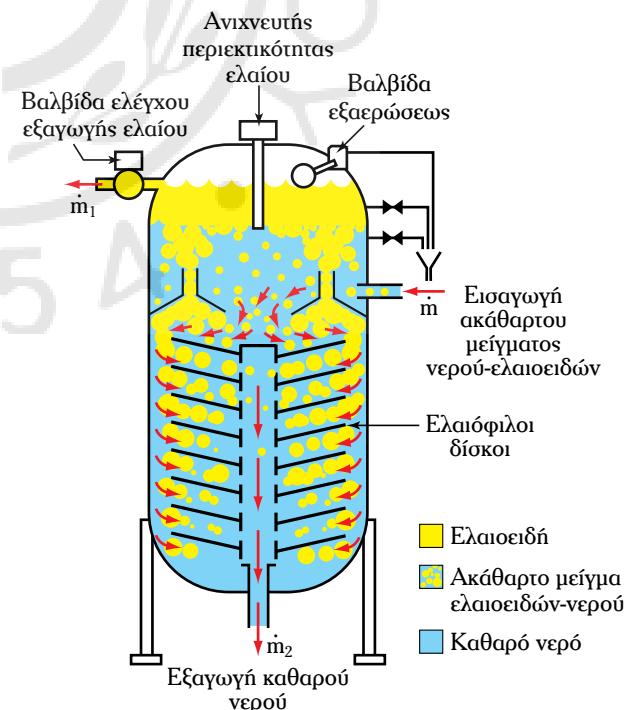
με διαχωρισμό του ελαίου από το νερό, ώστε η περιεκτικότητά του σε ρυπογόνα πετρελαιοειδή και έλαια να μην υπερβαίνει τα 15 ppm (parts per million) (δηλ. σε ένα εκατομμύριο λίτρα νερού μόνο 15 lt επιτρέπεται να είναι έλαιο).

Στα συστήματα διαχωρισμού με βαρύτητα, η περιεκτικότητα του εξερχόμενου νερού φτάνει μόνο τα 100 ppm, οπότε είναι απαραίτητη η περαιτέρω επεξεργασία, που πραγματοποιείται μέσω φίλτρων. Έτσι σχεδιάστηκαν οι διαχωριστές ελαίου σεντίνων, χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους, όπως το φιλτράρισμα και τον φυγοκεντρικό διαχωρισμό. Αυτές οι μέθοδοι επιτυγχάνουν τον στόχο των 15 ppm πριν την απόρριψη οποιασδήποτε ποσότητας νερού σεντίνων στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι διαχωριστές, ανάλογα με τη διεργασία που ακολουθείται, χαρακτηρίζονται ως μηχανικοί διαχωριστές, διαχωριστές με φίλτρα, διαχωριστές με μεμβράνη και διαχωριστές με φυγοκέντριση.

15.2.1 Μηχανικοί διαχωριστές.

Οι μηχανικοί διαχωριστές υγρών των σεντίνων (mechanical bilgewater separators), αποτελούνται από σταθερούς ελαιόφιλους δίσκους (σχ. 15.2α), με μεγάλη επιφάνεια. Εκεί προσκολλώνται το έλαιο και το πετρέλαιο, τα οποία στη συνέχεια αφαιρούνται και



Σχ. 15.2α

Μηχανικός διαχωριστής υγρών σεντίνων με σταθερούς ελαιόφιλους δίσκους.

απομακρύνονται είτε με κάποιο μηχανισμό συλλογής, είτε με εξάρμοση και καθαρισμό των δίσκων.

Το μείγμα νερού των σεντίνων εισέρχεται στη μονάδα καθαρισμού με τη βοήθεια αντλίας πάνω από τους δίσκους. Το πετρέλαιο με το έλαιο, λόγω της διαφοράς ειδικού βάρους, συλλέγονται στο επάνω μέρος του θαλάμου, ενώ το νερό, διερχόμενο από τους δίσκους, διαχωρίζεται από το υπόλοιπο έλαιο και στη συνέχεια καταθλίβεται στη θάλασσα μέσω μονάδας ελέγχου της ποιότητας του νερού εξαγωγής. Όταν το μείγμα πετρελαίου και ελαίου αυξηθεί, στο επάνω μέρος του θαλάμου, καταθλίβεται μέσω ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας ελέγχου εξαγωγής ελαίου σε δεξαμενή παραμένοντας εκεί μέχρι την περαιτέρω επεξεργασία του, την καύση του στον **αποτεφρωτή** (incinerator) ή την παράδοσή του σε εγκαταστάσεις αποβλήτων στην ξηρά.

15.2.2 Διαχωριστές με φίλτρα.

Οι διαχωριστές υγρών των σεντίνων με φίλτρα (filter bilge water separators) αποτελούνται από ειδικά κατασκευασμένους κυλινδρικούς θαλάμους που περιέχουν ειδικά φίλτρα (σχ. 15.2β).

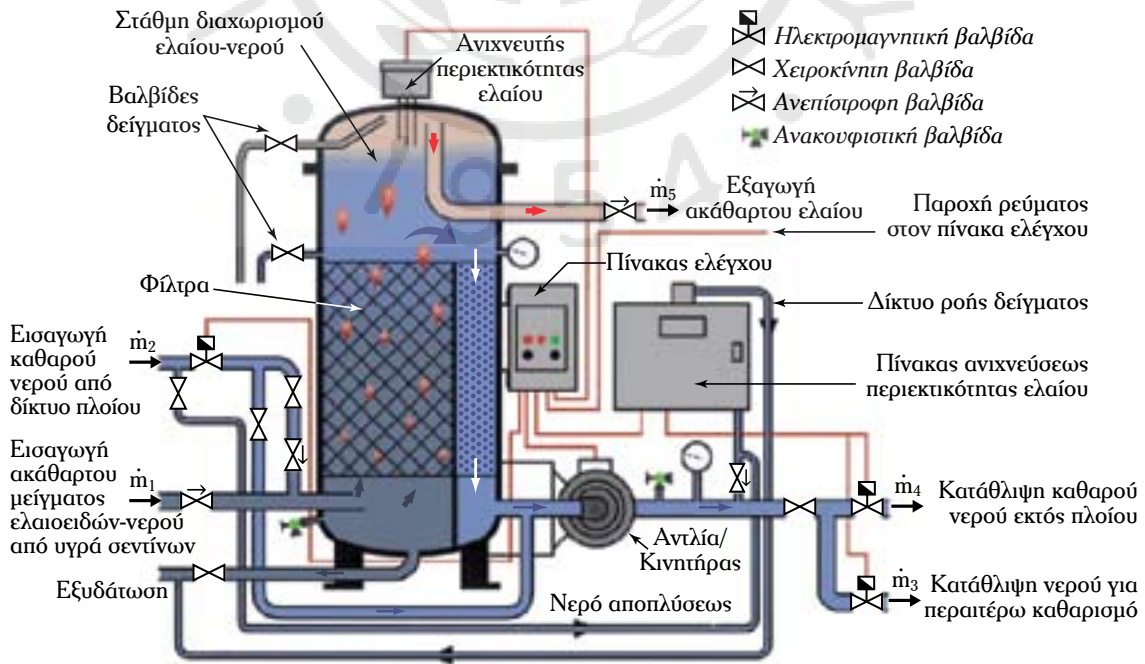
Τα φίλτρα αυτά συγκρατούν το έλαιο και το πετρέλαιο από το διερχόμενο νερό των σεντίνων, απομακρύνοντας τις ρυπογόνες προσμείξεις, ακόμη και αν το πετρέλαιο ή το έλαιο έχει γίνει γαλάκτωμα με το νερό.

Στις εγκαταστάσεις των πλοίων συνήθως χρησιμοποιούνται συστήματα διαχωρισμού ελαίου σεντί-

νων (σχ. 15.2γ), στα οποία ο καθαρισμός πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Το πρώτο αποτελείται από τον θάλαμο με ελαιόφιλους δίσκους, διαχωρίζοντας τη μεγάλη ποσότητα των πετρελαιοειδών και ελαίου. Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται περαιτέρω διαχωρισμός, με το μείγμα να διέρχεται μέσω φίλτρων και στη συνέχεια να καταθλίβεται στη θάλασσα μέσω του ελεγκτή περιεκτικότητας ελαίου (Oil Content Discharge Monitor – OCDM).

Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού στην κατάθλιψη επιτυγχάνεται με συνεχή δειγματοληψία από τον σωλήνα εξαγωγής. Το δείγμα διέρχεται από φωτοκύτταρο, ώστε αν η περιεκτικότητά του σε ελαιώδη κατάλοιπα υπερβεί τα 15 ppm, δίδεται εντολή να διακοπεί η κατάθλιψη προς τη θάλασσα μέσω του πίνακα ελέγχου του συστήματος σε τρίοδο βαλβίδα (three way valve) του δικτύου, στην εξαγωγή από τη μονάδα. Τότε, το νερό που εξέρχεται από τον διαχωριστή, είτε επιστρέφει ξανά στη μονάδα διαχωρισμού, είτε στη δεξαμενή αποθηκεύσεως. Η στάθμη του συγκεντρωμένου ελαίου στους θαλάμους των δύο σταδίων ελέγχεται από αυτοματισμό, που ανοίγει τη βαλβίδα εξαγωγής ελαίου απομακρύνοντας το έλαιο προς τη δεξαμενή συγκεντρώσεως ακαθάρτων ελαιοειδών (wastetank).

Με τη μέθοδο επεξεργασίας των δύο σταδίων, επιτυγχάνεται ο αποτελεσματικός καθαρισμός των υγρών που συλλέγονται από τις σεντίνες του πλοίου, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η διάρκεια χρήσεως των φίλτρων πριν ανικατασταθούν.



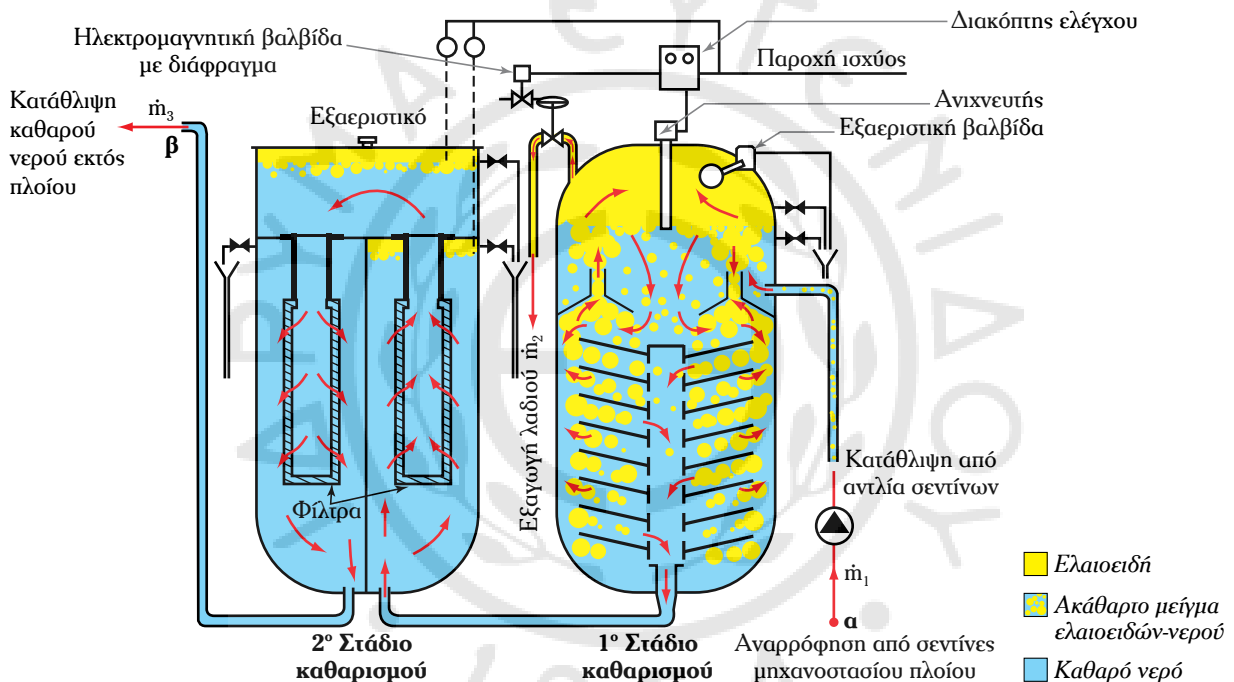
Σχ. 15.2β
Διαχωριστής με φίλτρα.

Για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της διεργασίας καθαρισμού σε μερικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται επί πλέον και μεμβράνες. Έτσι, μετά τη διέλευση από τα φίλτρα όπου περιορίζεται σημαντικά η περιεκτικότητα του ελαίου, το υγρό οδηγείται στις μεμβράνες. Αυτή η διαδικασία καθαρισμού έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται, εκτός από τη συχνότητα καθαρισμού των φίλτρων, και η συχνότητα καθαρισμού των μεμβρανών παρέχοντάς τους μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

15.2.3 Διαχωριστές με μεμβράνη.

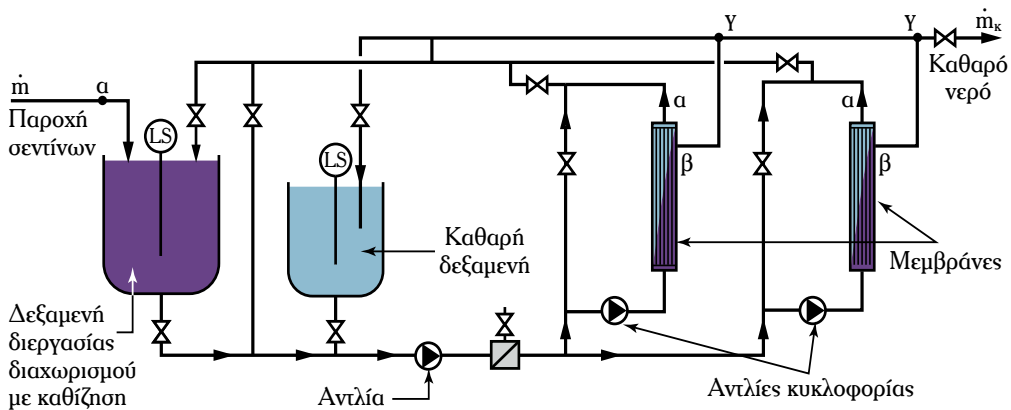
Στα συστήματα με διαχωριστές που αποτελούνται

μόνο από μεμβράνες (membrane oily bilge water seperators) επιτυγχάνεται υψηλότερο επίπεδο καθαρισμού και διαχωρισμού του νερού από τα υγρά των σεντίνων. Αυτά τα συστήματα είναι σε θέση να αφαιρέσουν όλο το πετρέλαιο που είναι αναμεμιγμένο με το νερό, συμπεριλαμβανομένων μηχανικών ή χημικών γαλακτωμάτων. Το νερό που προκύπτει, έχει μηδενική περιεκτικότητα σε πετρελαιοειδή (0 ppm). Το μειονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι η δαπανηρή κατασκευή και λειτουργία τους, πλεονεκτούν όμως στην ποιότητα του επεξεργασμένου νερού. Το διάγραμμα και η διάταξη επεξεργασίας ενός συστήματος με μεμβράνες εικονίζεται στα σχήματα 15.2δ και 15.2ε.



Σχ. 15.2γ

Διαχωριστής ελαίου με δίσκους και φίλτρα.



Σχ. 15.2δ

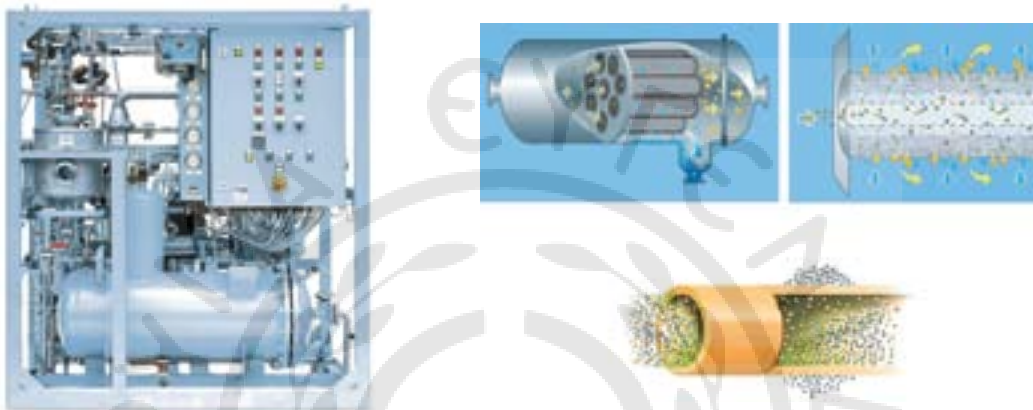
Διάγραμμα επεξεργασίας διαχωριστή με μεμβράνες.

15.2.4 Διαχωριστές με φυγοκέντριση.

Η επεξεργασία του νερού που συλλέγεται στις σεντίνες πραγματοποιείται από φυγοκεντρικούς διαχωριστές, που έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας με τους διαχωριστές για τον καθαρισμό των καυσίμων και του ελαίου λιπάνσεως.

Με αυτήν τη μέθοδο (σχ. 15.2στ), στο σύστημα καθαρισμού των σεντίνων δεν απαιτούνται μεγάλες δεξαμενές για την αποθήκευσή τους πριν την επεξεργασία τους, αυξάνοντας μ' αυτόν τον τρόπο την ωφέλιμη μεταφορική ικανότητα του πλοίου. Επίσης,

μειώνονται οι δαπάνες λειτουργίας από τους καθαρισμούς των φίλτρων με χημικά ή από την αντικατάσταση των φίλτρων, παρέχοντας υψηλή απόδοση σε μεγάλη παροχή υγρών. Η ποιότητα του υγρού που καταθλίβεται εκτός πλοίου κυμαίνεται κάτω από τα 5 ppm. Κατά την επεξεργασία, τα υγρά των σεντίνων με αντλία συλλέγονται σε κατάλληλη δεξαμενή, όπου συγκεντρώνονται και τα υγρά από τα **μπλοφάρια**¹ των φυγοκεντρικών καθαριστών και τα ακάθαρτα υγρά από τα μηχανήματα του μηχανοστασίου. Στη συνέχεια, από τη δεξαμενή συγκεντρώ-



Σχ. 15.2ε

Διάταξη επεξεργασίας σεντίνων με μεμβράνες.



Σχ. 15.2στ

Διαχωρισμός με φυγοκεντρική διεργασία.

¹ Μπλοφάρια είναι η διαδικασία αποπλύσεως με νερό του φυγοκεντρικού διαχωριστή για την απομάκρυνση των συγκεντρωμένων στις επιφάνειές του ακαθαρσιών που περιέχονται στο υπό επεξεργασία υγρό.

σεως διέρχονται από τον διαχωριστή και το καθαρό νερό απορρίπτεται στη θάλασσα.

15.3 Συστήματα ελέγχου απορρίψεως ελαίου (Oil Discharge Monitoring Systems–ODM).

Η ευστάθεια και η ασφαλής ναυσιπλοΐα των Δ/Ξ επιτυγχάνεται με την πλήρωση των δεξαμενών κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώνεται η κόπωση και οι τάσεις που δημιουργούνται από το βάρος του φορτίου στη μεταλλική κατασκευή του σκάφους. Όταν όμως το πλοίο βρίσκεται σε **άφορη κατάσταση** (ballast) ή μεταβάλλεται η κατανομή φορτίου στις δεξαμενές λόγω των πολλών τύπων φορτίων, που μπορεί να μεταφέρονται στα διάφορα λιμάνια, η ευστάθεια επιτυγχάνεται πληρώνοντας μερικές από τις δεξαμενές με θαλασσινό νερό.

Ένας από τους στόχους των κανονισμών για την πρόληψη της ρυπάνσεως από πετρέλαιο, που τέθηκε σε ισχύ τον Οκτώβριο του 1983, είναι να μειωθεί η πρακτική της εναλλακτικής χρήσεως των δεξαμενών φορτίου ως δεξαμενές έρματος θαλασσινού νερού.

Γι' αυτό σε παλαιότερα πλοία, κυρίως στα μεγάλα Δ/Ξ, ως προσωρινό μέτρο έχει επιτραπεί να χρησιμοποιούνται ορισμένες δεξαμενές φορτίου μόνο για ερματισμό, οι οποίες ονομάζονται **δεξαμενές καθαρού έρματος** (clean ballast tanks). Όμως, το δίκτυο που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του έρματος είναι το ίδιο με το δίκτυο του φορτίου.

Στα νέα μεγάλα Δ/Ξ απαιτείται από την κατασκευή τους να διαθέτουν επαρκή αριθμό δεξαμενών, που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον ερματισμό και ονομάζονται **διαχωριστικές δεξαμενές έρματος** (segregated ballast tanks). Έτσι, υπό κανονικές συνθήκες, το θαλασσινό νερό δεν πρέπει να μεταφέρεται σε δεξαμενές φορτίου. Η διαχείριση του έρματος και η κατάθλιψή του στη θάλασσα, πραγματοποιείται μέσω διαφορετικού δικτύου και αντλιών απ' αυτό του φορτίου, ώστε να αποκλείεται η πιθανότητα αναμείξεως και μόλυνσεως του έρματος με τα υπολείμματα φορτίου των δεξαμενών.

Οι νέες μέθοδοι λοιπόν και οι διαδικασίες που ακολουθούνται, έχουν μειώσει σημαντικά τις πιθανότητες ρυπάνσεως από την απόρριψη ακάθαρτου έρματος. Όμως, λόγω των εργασιών που πραγματοποιούνται στο πλοίο, όπως το πλύσιμο των δεξαμενών με θάλασσα ή σε περιπτώσεις κακοκαιρίας που αναπόφευκτα κάποιες δεξαμενές πληρώνονται από θάλασσα, μία ποσότητα θάλασσας συλλέγεται στο πλοίο και πρέπει να απορριφθεί ξανά στο περιβάλλον.

Για την απόρριψη αυτού του έρματος, όπως και του

νερού που βρίσκεται στις δεξαμενές καταλοίπων μετά το πλύσιμο των δεξαμενών φορτίου, τα πλοία εφοδιάζονται με μία συσκευή παρακολούθησεως απορρίψεως ελαίου ελέγχοντας συνεχώς την ποιότητα του έρματος που απορρίπτεται.

Όπως αναφέρεται στο Παράρτημα Ι της MARPOL 73/78, όλα τα Δ/Ξ άνω των 150 GT είναι υποχρεωμένα να διαθέτουν εγκεκριμένο σύστημα ελέγχου απορρίψεως του ελαίου, που πρέπει να λειτουργεί αυτόματα, αλλά και με δυνατότητα χειροκίνητης λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης. Η εγκατάσταση αυτή πρέπει να διαθέτει σύστημα καταγραφής συγκεκριμένων στοιχείων, που είναι:

- α) Ο ρυθμός απορρίψεως έρματος.
- β) Η θέση του πλοίου κατά την απόρριψη.
- γ) Η ημερομηνία και η χρονική διάρκεια της απορρίψεως.
- δ) Η ολική ποσότητα έρματος που απορρίφθηκε, και
- ε) η περιεκτικότητα σε πετρελαιοειδή, εκφρασμένη σε ppm.

Η απόρριψη μέσω του ODM πρέπει να πραγματοποιείται, ενώ το πλοίο ταξιδεύει μακριά από ειδικές περιοχές και σε απόσταση τουλάχιστον 50 ν.μ. από τις ακτές. Η περιεκτικότητα του φορτίου από τις δεξαμενές στις οποίες περιέχεται στο έρμα που απορρίπτεται δεν πρέπει σιγαμάι να υπερβαίνει τα 30 l/v.μ.. Η ολική ποσότητα καταθλίψεως είναι το 1/30.000 της συνολικής ποσότητας του συγκεκριμένου φορτίου απ' το οποίο σχηματίζονται τα κατάλοιπα. Τέλος πρέπει να αποκλείεται η πιθανότητα αναμείξεως και μόλυνσεως του έρματος με τα υπολείμματα φορτίου των δεξαμενών.

Η συνήθης εγκατάσταση του συστήματος ελέγχου απορρίψεως ελαίου (σχ. 15.3α) αποτελείται από:

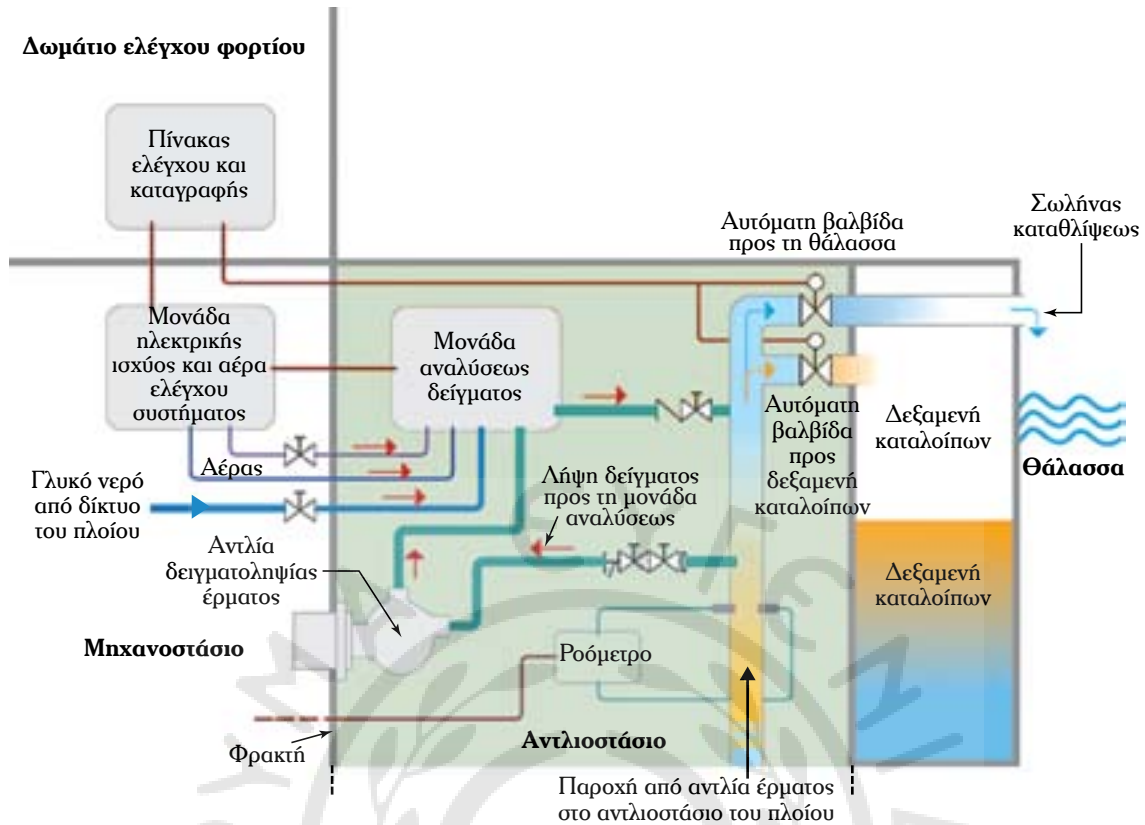
α) Τη **μονάδα υπολογιστή**, η οποία υπολογίζει την απόρριψη διαλυμένου φορτίου l/v.μ. καταγράφοντας την ολική ποσότητα που απορρίφθηκε μαζί με την ημερομηνία, την ώρα και τη θέση του πλοίου, εγκατεστημένη στο **δωμάτιο ελέγχου του φορτίου** (cargo control room).

β) Τη **μονάδα ηλεκτρικής ισχύος και παροχής αέρα ελέγχου** για τη λειτουργία του συστήματος εγκατεστημένη στο μηχανοστάσιο.

γ) Τη **μονάδα αναλύσεως δείγματος**, που τοποθετείται στο αντλιοστάσιο και αναλύει τη διαλυμένη ποσότητα του φορτίου στο έρμα.

δ) Την **αντλία δειγματοληψίας έρματος** εγκατεστημένη στο αντλιοστάσιο.

ε) Τον **μετρητή ροής του έρματος**, το ροόμετρο που απορρίπτεται πάνω στον σωλήνα εξαγωγής.



Σχ. 15.3α

Εγκατάσταση δικτύου συστήματος ελέγχου απορρίψεως ελαίου.

στ) Την **αυτόματη βαλβίδα** προς τη θάλασσα που τοποθετείται στην εξαγωγή του πλοίου και διακόπτει την απόρριψη του έρματος, όταν η περιεκτικότητα αυξηθεί πάνω από το επιτρεπόμενο όριο, στέλοντας το έρμα στη δεξαμενή καταλοίπων μέσω αυτόματης βαλβίδας προς τη δεξαμενή.

Οι **μέθοδοι** που χρησιμοποιούνται στον μετρητή περιεκτικότητας στην ανάλυση της διαλυμένης ποσότητας του φορτίου στο έρμα που απορρίπτεται εκτός πλοίου είναι:

α) Με δειγματοληψία από τον σωλήνα εξαγωγής και ανάλυση με υπεριώδη ακτινοβολία.

β) Με αισθητήρες που βασίζονται στην τεχνολογία laser και υπεριώδους ακτινοβολίας (σχ. 15.3β).

Όλες οι καταγραφές από τις απορρίψεις έρματος είναι υποχρεωτικό να διατηρούνται στο πλοίο από την ημερομηνία απορρίψεως και για χρόνο που ορίζεται από τη ΔΣ MARPOL 73/78.

Ανάλογη συσκευή ελέγχου περιεκτικότητας ελαίου (σχ. 15.3γ), τοποθετείται και στους διαχωριστές ελαίου σεντίνων για τον έλεγχο του νερού που απορρίπτεται από το μηχανοστάσιο στη θάλασσα. Λαμβάνει δείγμα από την έξοδο του διαχωριστή, το οποίο



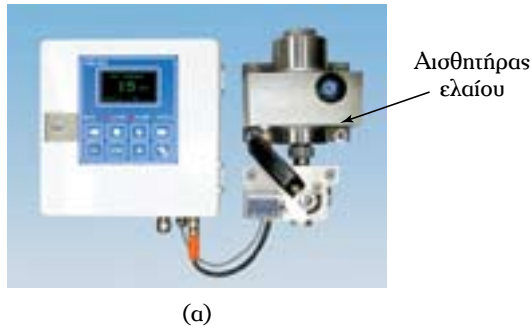
Σχ. 15.3β

Αισθητήρας που βασίζεται στην τεχνολογία laser.

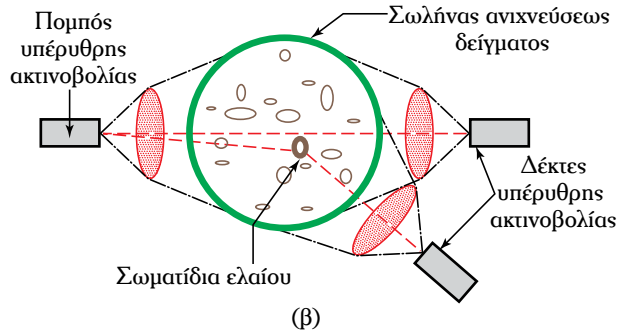
ελέγχεται από **αισθητήρα ελαίου** (oil sensor), που λειτουργεί με λυχνία εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας.

15.4 Αποτεφρωτές (incinerators).

Η αυστηρή νομοθεσία που αφορά στη ρύπανση της θάλασσας και στα όρια που έχουν θεσπισθεί απαγορεύει εντελώς την απόρριψη ανεπεξεργαστων λυμάτων, απορριμμάτων χρησιμοποιημένων



(α)



(β)

Σχ. 15.3γ

(α) Συσκευή ελέγχου περιεκτικότητας ελαίου για διαχωριστές σεντίνων μηχανοστασίου και (β) το σύστημα εκπομπής και δεκτών υπέρυθρης ακτινοβολίας του αισθητήρα του ελαίου.

ορυκτελαίων, λάσπης πετρελαίου και ελαίου από το μπλοφάρισμα των φυγοκεντρικών διαχωριστών και ακαθάρτων υπολειμμάτων των σεντίνων από τους διαχωριστές.

Η τελική απαλλαγή από αυτά επιτυγχάνεται με τη χρήση του αποτεφρωτή (σχ. 15.4α), ο οποίος, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, αποτελεί ένα πλήρες σύστημα διαθέσεως αποβλήτων.

Ένας αποτεφρωτής αποτελείται από:

α) Τον θάλαμο καύσεως με επένδυση από πυρίμαχο υλικό.

β) Έναν βοηθητικό καυστήρα πετρελαίου ντίζελ, για την αρχική ανάφλεξη της λάσπης πετρελαίου και ελαίου, που είναι ρυθμισμένος να ελαχιστοποιεί την κατανάλωση του καυσίμου.

γ) Έναν καυστήρα λάσπης πετρελαιοειδών, που ψεκάζει μέσα στον θάλαμο καύσεως τα κατάλοιπα, τα οποία συλλέγονται στις δεξαμενές και λειτουργεί σε συνδυασμό με τον βοηθητικό καυστήρα.

δ) Τον ανεμιστήρα, που παρέχει τον αέρα για την καύση στον θάλαμο με πίεση, μέσω ενός διασκορπιστή, ώστε ο εισερχόμενος αέρας να στροβιλίζεται με το καύσιμο επιτυγχάνοντας καλύτερη ανάμειξη στην καύση των πετρελαιοειδών ή καλύτερη καύση των στερεών υλικών.

ε) Την πόρτα εισαγωγής των στερεών υλικών στον θάλαμο καύσεως του αποτεφρωτή και την πόρτα για τον καθαρισμό της τέφρας που συλλέγεται. Η πόρτα εισαγωγής ασφαλιζεται παραμένοντας κλειστή κατά τη λειτουργία του αποτεφρωτή, ενώ τοποθετείται κατάλληλη διάταξη διακοπής της λειτουργίας του ανεμιστήρα όταν είναι ανοικτή.

στ) Τον πίνακα ελέγχου με τους διακόπτες επιλογής της λειτουργίας των καυστήρων, δηλαδή αν λειτουργεί ο βοηθητικός καυστήρας κατά την εκκίνηση,



Σχ. 15.4α

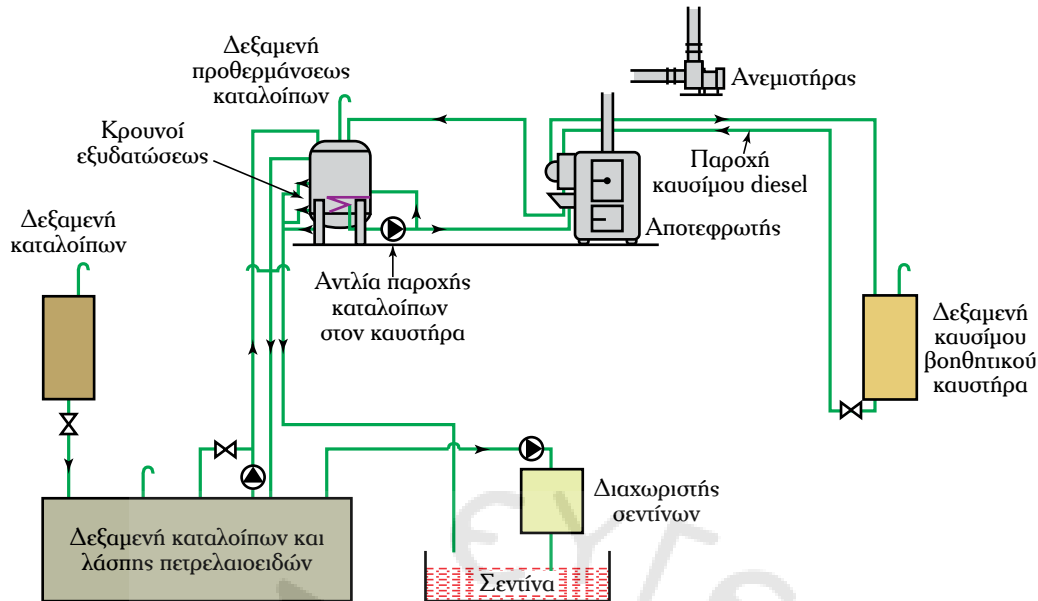
Σύστημα αποτεφρωτή πλοίου.

ή αν λειτουργούν παράλληλα οι δύο καυστήρες, ο βοηθητικός και ο καυστήρας λυμάτων ή μόνο ο καυστήρας λυμάτων.

Προκειμένου να διευκολυνθεί η καύση των πετρελαιοειδών αποβλήτων, λόγω της λασπώδους υφής τους, προθερμαίνονται στην ιδιαίτερη δεξαμενή πριν την καύση τους στον αποτεφρωτή (σχ. 15.4β). Με τη θέρμανση στη δεξαμενή επιτυγχάνεται ο αρχικός διαχωρισμός από την υγρασία που περιέχουν και το νερό που συγκεντρώνεται στον πυθμένα της δεξαμενής απομακρύνεται με κατάλληλα τοποθετημένο κρουνό εξυδατώσεως.

Η παροχή του καυσίμου στον καυστήρα της λάσπης πραγματοποιείται από ξεχωριστή αντλία. Στο δίκτυο της αντλίας τοποθετούνται βαλβίδες επανακυκλοφορίας, για να μην παγώνει και εγκλωβίζεται το καύσιμο στο δίκτυο.

Εκτός των πετρελαιοειδών, από τους κανονισμούς ορίζεται ότι η καύση υλικών από πολυβινυλοκλωρί-



Σχ. 15.4β

Τυπική εγκατάσταση και δίκτυο αποτεφρωτή.

διο (PVC) επιτρέπεται μόνο όταν η θερμοκρασία καύσεως είναι πάνω από 750°C , ώστε να επιτυγχάνεται η ολική αποτέφρωση των υλικών.

Η τέφρα που απομένει στον θάλαμο καύσεως συλλέγεται στο πλοίο και απορρίπτεται στη θάλασσα μόνο όταν δεν έχουν αποτεφρωθεί συνθετικά υλικά. Διαφορετικά διατίθεται στην ξηρά μαζί με απορρίμματα που απαγορεύεται να απορριφθούν στη θάλασσα. Οι αποτεφρωτές απαγορεύεται να λειτουργούν κοντά στις ακτές, ενώ διατηρείται ημερολόγιο με τον χρόνο και τη θέση του πλοίου κατά τη λειτουργία τους.

15.5 Συστήματα επεξεργασίας βιολογικών λυμάτων (sewage treatment system).

Η φυσική διάλυση των λυμάτων πραγματοποιείται με την απορρόφηση οξυγόνου σε ποσότητες που θα ήταν καταστρεπτικές για το θαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης, τα βακτήρια που υπάρχουν σε αυτά δημιουργούν έντονη μυρωδιά και αναθυμιάσεις λόγω της παραγωγής υδρόθειου. Γι' αυτό, η απόρριψη ανεπεξεργάστων βιολογικών λυμάτων σε ειδικές περιοχές ή κοντά στις ακτές απαγορεύεται με νομοθεσία, ενώ τυχόν απόρριψη καλύπτεται σε καθορισμένη απόσταση από την ξηρά.

Προκειμένου να ανταποκρίνονται τα πλοία στα διεθνή πρότυπα, διαθέτουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένη μέθοδο, χημική ή βιολογική. Το δίκτυο αποχετεύσεως στα πλοία μπορεί να λειτουργεί με αντλίες κενού και

τζιφάρια, ενώ πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο εγκαταστάσεώς του, ώστε να αποτρέπεται η δημιουργία περιοχών που εμποδίζουν τη ροή των λυμάτων.

15.5.1 Σύστημα χημικής επεξεργασίας.

Η χημική μέθοδος αποτελείται από ένα σύστημα που ελαχιστοποιεί τη συλλογή λυμάτων. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια δεξαμενή επεξεργασίας και αποθηκεύσεως των στερεών σωματιδίων λυμάτων, μέχρι τη στιγμή που είτε θα απορριφθούν σε περιοχές που επιτρέπεται, είτε θα παραδοθούν σε εγκαταστάσεις συλλογής στην ξηρά. Για τη μείωση της ποσότητας που συλλέγεται, τα υγρά από τους νιπτήρες και τα μπάνια απορρίπτονται απ' ευθείας στη θάλασσα, ενώ οποιαδήποτε άλλα λύματα (π.χ. τουαλέτες) απομονώνονται από το αποχετευτικό δίκτυο και συγκρατούνται.

Το σύστημα αποτελείται από τη δεξαμενή επεξεργασίας των λυμάτων και από δεξαμενές ιζήματος, των οποίων ο αριθμός ποικίλλει ανάλογα με τον κατασκευαστή και το μέγεθος της εγκαταστάσεως. Η τυπική διάταξη ενός συστήματος χημικής επεξεργασίας παρουσιάζεται στο σχήμα 15.5α.

Τα ακατέργαστα λύματα από τις τουαλέτες με τη βαρύτητα ή με αντλία εισέρχονται στη δεξαμενή επεξεργασίας, όπου προστίθεται υλικό για τη χλωρίωσή τους και διαλύονται βοηθώντας τη χημική επεξεργασία.

Περαιτέρω διάσπαση των λυμάτων σε μικρά

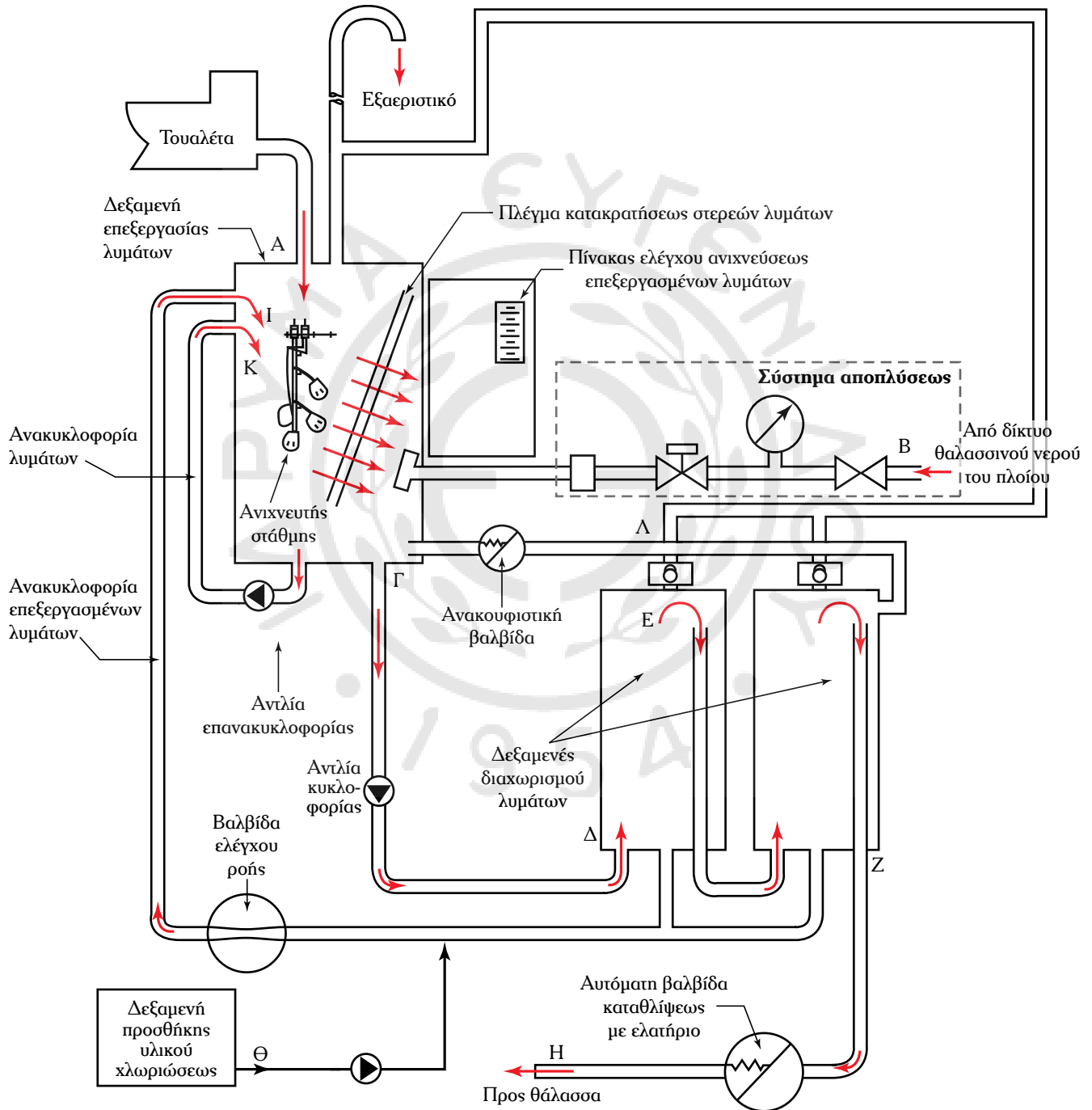
σωματίδια επιτυγχάνεται με την αντλία επανακυκλοφορίας, που βρίσκεται στη δεξαμενή. Στη συνέχεια, διέρχονται μέσω δικτυωτού πλέγματος στο επόμενο στάδιο των δεξαμενών ιζηματος και σταδιακά καταθλίβονται εκτός πλοίου.

Από τον πυθμένα κάθε δεξαμενής ιζηματος, τα μεγαλύτερα σωματίδια επιστρέφουν μέσω δικτύου

στη δεξαμενή επεξεργασίας για περαιτέρω διάλυση, ενώ στο δικτυωτό πλέγμα παρέχεται νερό **με αντίθετη ροή** (back wash), αποτρέποντας τη δημιουργία επικαθίσεων σε αυτό.

15.5.2 Σύστημα βιολογικής επεξεργασίας.

Με τη βιολογική μέθοδο, τα λύματα υφίστανται



Σχ. 15.5α

Διάταξη συστήματος χημικής επεξεργασίας βιολογικών λυμάτων.

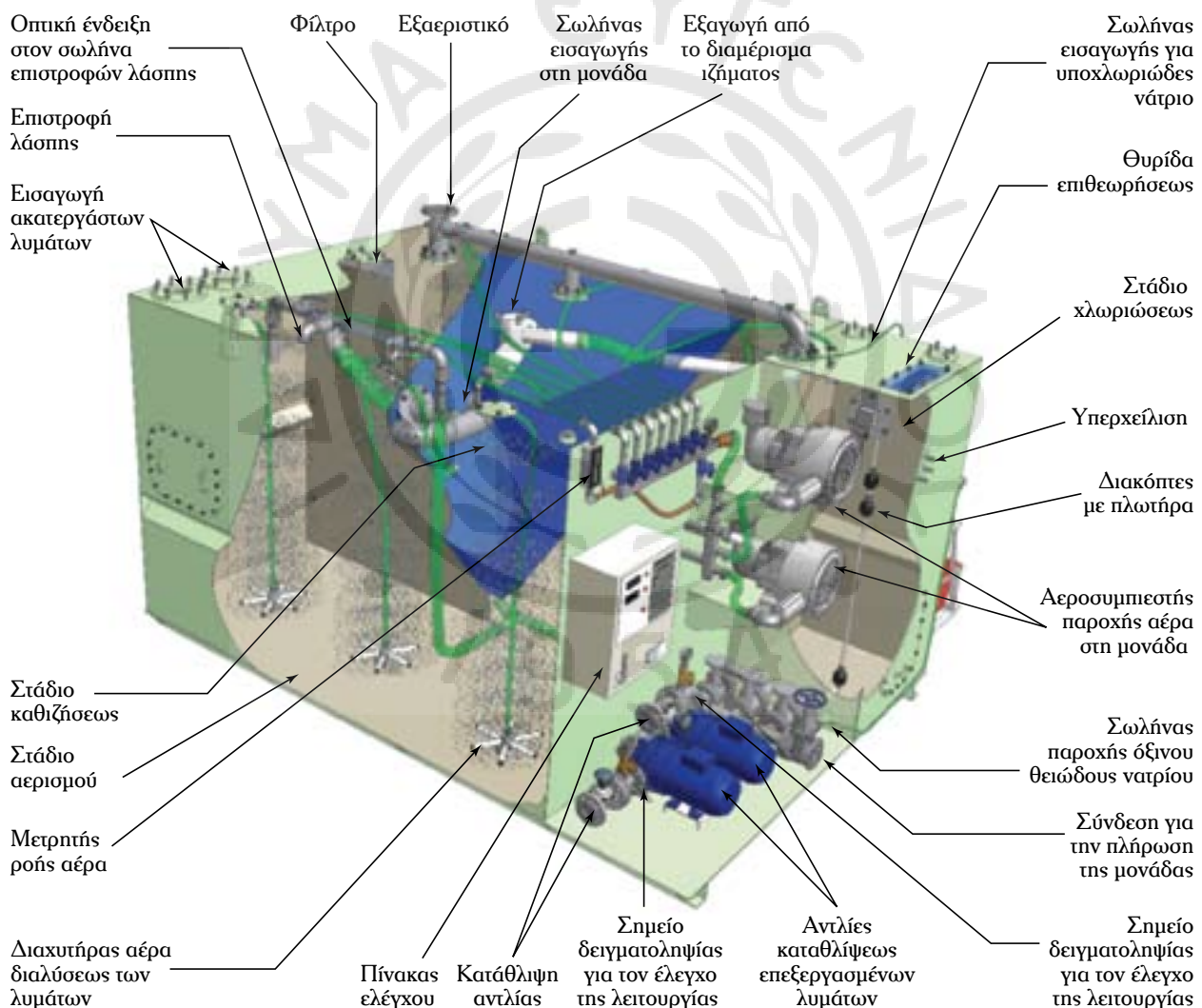
επεξεργασία με τέτοιον τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η απόρριψή τους ακόμα και στις παράκτιες περιοχές.

Με τη μέθοδο αυτή, μία δεξαμενή είναι χωρισμένη σε τρία διαδοχικά στάδια, το **στάδιο αερισμού**, το **στάδιο καθιζήσεως** και το **στάδιο χλωρίωσης** (σχ. 15.5β).

Στο πρώτο στάδιο με εκτεταμένη παροχή αέρα από τον αεροσυμπιεστή της μονάδας τα λύματα αναδευούνται, ενώ δημιουργείται κλίμα πλούσιο σε οξυγόνο, ώστε τα αερόβια βακτηρίδια και οι μικροοργανισμοί να αναπτύσσονται και να πολλαπλασιάζονται διαλύοντας τα λύματα που μετατρέπονται σε λάσπη. Στη συνέχεια, το ρευστό από τα διαλυμένα λύματα ρέει στο δεύτερο στάδιο καθιζήσεως, όπου

χωρίζεται το υγρό από τη λάσπη. Το υγρό ρέει προς το τρίτο στάδιο της χλωρίωσης, όπου εξοντώνονται τα βακτηρίδια που έχουν απομείνει, και τελικά μέσω αντλίας απορρίπτονται απ' το πλοίο. Το στάδιο της χλωρίωσης πραγματοποιείται με υγρό, μέσω δοσομετρικής αντλίας ή με ταμπλέτες σε κατάλληλη υποδοχή του συστήματος. Η λάσπη παραμένει στη μονάδα και ανακυκλώνεται συνεχώς, ενώ κάθε δύο-τρεις μήνες απορρίπτεται σε περιοχές, πάντα μακριά από τις ακτές, όπου επιτρέπεται η απόρριψη αυτών των λυμάτων.

Στο στάδιο της καταθλίψεως μπορεί να πραγματοποιείται και αποχλωρίωση του υγρού που απορρίπτεται.



Σχ. 15.5β

Σύστημα βιολογικού καθαρισμού λυμάτων.