



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ
ΜΗΧΑΝΕΣ

ΤΟΜΟΣ Γ'



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρωύμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφύλληδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής ΣΠ. Δευτ. Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Αγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπετσιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηώαννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χριστόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρουάσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταματίου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Σωτ. Γκλαβάς (1989-1993) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

I Δ P Y M A E Y G E N I Δ O Y
B I B L I O Θ H K H T O Y T E X N I K O Y

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Φ. ΔΑΝΙΗΛ

ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ (Τ) ε. α.

Πρώην καθηγητού Σχολής Ν. Δοκίμων
(Μηχανικών) και Σχολής Δοκίμων
Σημαιοφόρων Λιμ. Σώματος

ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΥ Κ. ΡΕΒΙΔΗ

ΑΝΤΙΠΛΟΙΑΡΧΟΥ (Τ) ε. α.

K I N H T H R I E S

M H X A N E S

ΤΟΜΟΣ ΤΡΙΤΟΣ



AΘΗΝΑ
1998



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι κινητήριες μηχανές, όπως τονίσθηκε και στους προλόγους των προηγουμένων τόμων, αποτελούν κατηγορία μηχανών ιδιαίτερης σημασίας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κινητικής ενέργειας από την ενέργεια άλλων μορφών.

Στον τρίτο αυτόν τόμο εκτίθενται κατά τρόπο κατάλληλο για τους τεχνικούς, για τους οποίους και προορίζεται, όσα αφορούν τους αεριοστρόβιλους, αεροσυμπιεστές, υδραυλικούς κινητήρες και αντλίες, ψυκτικές μηχανές, κεντρικές θερμάνσεις και τις ειδικές εγκαταστάσεις και μηχανήματα των πλοίων.

Από όλα αυτά οι αεριοστρόβιλοι και οι υδραυλικοί κινητήρες ανήκουν προφανώς στις κινητήριες μηχανές. Αντιθέτως οι αεροσυμπιεστές, οι αντλίες, οι ψυκτικές μηχανές και οι εγκαταστάσεις θερμάνσεως χαρακτηρίζονται ως εργομηχανές, οι οποίες ουσιαστικά καταναλώνουν κινητική ενέργεια είτε για την παραγωγή πεπιεσμένου αέρα ή για την άντληση υγρών, είτε τέλος για την παραγωγή ψύξεως ή θερμάνσεως. Κρίθηκε όμως σκόπιμο, να περιληφθούν στα περιεχόμενα αυτού του βιβλίου, δεδομένου ότι η χρήση τους είναι στενά και κάτω από ποικίλες μορφές συνδεδεμένη με τη χρήση των κυρίων κινητηρίων μηχανών.

Στο τελευταίο, 11ο Μέρος του βιβλίου, εξετάζονται σύντομα δύο αφορούντα στις ειδικές εγκαταστάσεις και μηχανήματα των πλοίων. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο, διότι σε συνδυασμό με τις γνώσεις από τα δέκα προηγούμενα Μέρη του βιβλίου, είναι δυνατόν να επιτευχθεί, δύοι επιθυμούνταν από τους τεχνικούς να γίνουν ικανοί να ανταπεξέλθουν στις ανάλογες γι' αυτούς απαιτήσεις της ναυπηγικής και της επισκευαστικής βιομηχανίας των πλοίων της χώρας μας.

Οι εφευρέτες και οι κατασκευαστές των κινητηρίων μηχανών και των εργομηχανών καταβάλλουν συνεχείς προσπάθειες, ώστε δύο είναι δυνατό:

- Ο βαθμός αποδόσεώς τους να είναι μεγαλύτερος.
- Να έχουν μεγαλύτερη αντοχή και διάρκεια ζωής.

– Να υπόκεινται σε λιγότερες και σπανιότερες βλάβες, δεδομένου ότι οι τρεις αυτοί παράγοντες συνιστούν ακριβώς την ποιότητα των μηχανών.

Είναι προφανές ότι οι παράγοντες αυτοί εξαρτώνται κυρίως από την καλή κατασκευή των μηχανών αλλά σε μεγάλο βαθμό και από τον τρόπο χρήσεως και συντηρήσεως τους, τη δε ευθύνη καλής λειτουργίας και συντηρήσεως έχουν στην προκειμένη περίπτωση οι τεχνικοί. Πρέπει επομένως αυτοί να γνωρίζουν καλά τη δομή όλης της μηχανής, κινητήριας ή εργομηχανής, όπως και κάθε οργάνου τους, το σκοπό που αυτό εκπληρώνει και τον τρόπο λειτουργίας του. Γι' αυτό πρέπει ο σπουδαστής να προσπαθήσει να κατανοήσει τελείως όσα εκτίθενται στο βιβλίο, διότι η απλή απομνημόνευση δεν θα του χρησιμεύσει στην πράξη σε τίποτα.

Η αναλυτική ύλη και αυτού του τόμου ανταποκρίνεται στην ύλη που το Υπουργείο Παιδείας έχει προδιαγράψει ως διδακτέα στους τεχνικούς βοηθούς.

Αποφεύχθηκαν κατά τη συγγραφή οι γενικές θεωρίες, οι οποίες σε κάποιο βαθμό παρουσιάζουν δυσκολίες στους μαθητές. Όσες δύμας από αυτές, κρίθηκαν αναγκαίες για την πλήρη κατανόηση ενός θέματος, και ταυτόχρονα για την προαγωγή του αποθέματος γνώσεων των μαθητών, αναπτύχθηκαν κατά τον απλούστερο δυνατό τρόπο, και συνδέθηκαν κατάλληλα με τις γενικές γνώσεις από τη Φυσική και τη Χημεία.

Ο μεγάλος αριθμός σχημάτων και εικόνων έχει σκοπό τη διευκόλυνση της κατανοήσεως των περιγραφών και των θεωριών που αναπτύσσονται.

Νομίζουμε ότι και ο Γ' Τόμος των Κινητηρίων Μηχανών πέρα από την κατ' εξοχήν σχολική διδασκαλία, μπορεί να αποτελέσει και εγχειρίδιο χρήσιμο για τη μετέπειτα επαγγελματική σταδιοδρομία των μαθητών. Έτσι θα συνεισφέρει ουσιαστικά στην προαγωγή των γνώσεων των τεχνικών σε βαθμό, ώστε να αποτελέσουν ενεργό παράγοντα για την τεχνική εξέλιξη και βιομηχανική πρόοδο της χώρας μας. Αυτό συνιστά και τη βασική επιδίωξη όλης της συγγραφής, η επίτευξη του δε θα αποτελέσει για εμάς τη μεγαλύτερη ικανοποίηση.

Οι Συγγραφείς

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 96
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

96.1 Γενικά.

Οι αεριοστρόβιλοι γενικά κατατάσσονται στις ΜΕΚ και είναι περιστροφικές μηχανές που αντιστοιχούν στους ατμοστρόβιλους.

Οι αεριοστρόβιλοι ως προς τη μορφή και τρόπο λειτουργίας μοιάζουν γενικά με τους ατμοστρόβιλους, διαφέρουν όμως από αυτούς βασικά ως προς την εργαζόμενη ουσία, που στους ατμοστρόβιλους είναι το νερό-ατμός, ενώ στους αεριοστρόβιλους χρησιμοποιείται, όπως θα δούμε και στα επόμενα, είτε αέρας, ο οποίος με την καύση μετατρέπεται σε καυσαέρια υψηλής πιέσεως και θερμοκρασίας, που ενεργούν σε «ανοικτό κύκλωμα λειτουργίας», είτε πάλι ατμοσφαιρικός αέρας (ή άλλο κατάλληλο αέριο, όπως αργό, κρυπτό, ξένο ή άλλα από τα λεγόμενα αδρανή αέρια) σε υψηλή επίστης πίεση και θερμοκρασία, που ενεργεί σε «κλειστό κύκλωμα» αντίστοιχα.

Και στις δύο περιπτώσεις οι αεριοστρόβιλοι εφοδιάζονται απαραίτητα με ένα **αεροσυμπιεστή**, ο οποίος συμπιέζει τον αέρα, είτε αυτός πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως εργαζόμενη ουσία και ως καυσιγόνος για την παραγωγή των καυσαερίων του ανοικτού κυκλώματος, είτε πάλι πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μόνο ως εργαζόμενη ουσία των αεριοστροβίλων του κλειστού κυκλώματος λειτουργίας.

Ο αεροσυμπιεστής είναι ουσιώδες και απαραίτητο μηχάνημα των αεριοστροβίλων, όπως θα δούμε στα επόμενα.

Οι αεριοστρόβιλοι άρχισαν να κατασκευάζονται μετά το β' παγκόσμιο πόλεμο, γιατί παλαιότερα δεν ήταν δυνατό να παραχθούν κράματα μετάλλων ανθεκτικά στις πολύ υψηλές θερμο-

κρασίες, κάτω από τις οποίες λειτουργούν τα εσωτερικά μέρη του αεριοστρόβιλου. Σήμερα οι αεριοστρόβιλοι συνεχώς βελτιώνονται, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στις εγκαταστάσεις ξηράς, πλοίων και ιδιαίτερα στα αεροπλάνα.

Ο αεριοστρόβιλος προβλέπεται ότι θα τελειοποιηθεί ακόμα από πλευράς βαθμού αποδόσεως, οπότε και θα επικρατήσει στα περισσότερα πεδία εφαρμογών της Τεχνικής και θα εκποτίσει αισθητά και τους ατμοστρόβιλους και τις εμβολοφόρες MEK, γιατί δεν χρειάζεται λέβητες, ψυγείο και όλα τα άλλα βοηθητικά μηχανήματα των ατμοστροβίλων και διότι είναι πολύ απλούστερη μηχανή από τις εμβολοφόρες MEK. Επίσης κοστίζει φθηνότερα και απαιτεί πολύ λιγότερες φροντίδες για τη συντήρηση και τη λειτουργία του.

Οι αεριοστρόβιλοι διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με το θερμικό κύκλο που ακολουθούν κατά τη λειτουργία τους, όπως και οι εμβολοφόρες MEK:

- 1) αεριοστρόβιλοι με καύση κάτω από «σταθερό όγκο» και
- 2) αεριοστρόβιλοι μα καύση κάτω από «σταθερή πίεση».

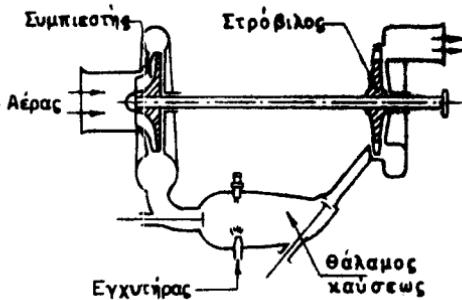
96.2 Αεριοστρόβιλος σταθερού όγκου.

Το σχήμα 96.2α παριστάνει ένα αεριοστρόβιλο «σταθερού όγκου» στην απλούστερή του μορφή και διάταξη. Αποτελείται:

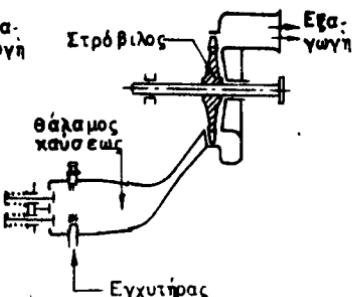
- α) Από **αεροσυμπιεστή** εξαρτημένο από τον άξονα του στροβίλου. Ο αεροσυμπιεστής συμπιέζει και καταθλίβει τον αέρα στο θάλαμο καύσεως.
- β) Από το **θάλαμο καύσεως**, ο οποίος εφοδιάζεται με **βαλβίδα εισαγωγής** του αέρα, **εγχυτήρα** του καυσίμου, **σπινθήρα στή** και **βαλβίδα εξαγωγής** των καυσαερίων, και
- γ) από το **στρόβιλο**, μέσα στον οποίο τα αέρια της καύσεως αποδίδουν το έργο τους.

Ο στρόβιλος αυτός έχει συνηθέστερα περισσότερους από ένα θαλάμους καύσεως, που έχουν βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής του αέρα.

Στους θαλάμους ο συμπιεστής καταθλίβει τον αέρα, κατά τη σειρά που ανοίγουν οι βαλβίδες εισαγωγής, με τη βοήθεια κατάλληλου συστήματος διανομής. Αφού γεμίσει κάθε θάλαμος με συμπιεσμένο αέρα, κλείνεται η βαλβίδα εισαγωγής του και χύνεται μέσα η αναγκαία ποσότητα καυσίμου από τον καυστήρα. Το καύσιμο αναφλέγεται με τη βοήθεια σπινθήρα που παρά-



Σχ. 96.2α.



Σχ. 96.2β.

γει κατάλληλος σπινθηριστής. Κατ' αυτό τον τρόπο μέσα στο θάλαμο καύσεως η πίεση ανεβαίνει απότομα και αμέσως μόλις ανοίξει η βαλβίδα εξαγωγής,. βγαίνει από αυτόν δέσμη καυσαερίων, η οποία και προσβάλλει τα πτερύγια του στροφείου με μεγάλη ταχύτητα, προκαλώντας έτσι την περιστροφή του. Μόλις μέσα στο θάλαμο καύσεως η πίεση κατέβει πάλι περίπου στην ατμοσφαιρική, η βαλβίδα εξαγωγής κλείνεται με τη βοήθεια του ίδιου μηχανισμού διανομής, όπως προηγουμένως.

Κατά τον τρόπο αυτόν τα καυσαέρια προσβάλλουν διαδοχικά τα πτερύγια του στροβίλου με διακοπτόμενες δέσμες μέσω περιφερειακά τοποθετημένων προφυσίων.

Όλη η διάταξη του παραπάνω αεριοστρόβιλου μπορεί να παρομοιασθεί με εμβολοφόρο κινητήρα με στρόβιλο που λειτουργεί με καυσαέρια. Στην προκειμένη περίπτωση το συγκρότημα συμπιεστή και θαλάμου καύσεως αντιστοιχεί με τον εμβολοφόρο κινητήρα, ενώ ο αεριοστρόβιλος με το στρόβιλο καυσαερίων.

Ο αεριοστρόβιλος σταθερού όγκου μπορεί επίσης να λειτουργήσει και χωρίς συμπιεστή (σχ. 96.2β).

Στην περίπτωση αυτή μίγμα αέρα και καυσίμου εισέρχεται μέσα στο θάλαμο καύσεως μέσω αυτομάτων βαλβίδων και αναφλέγεται από ένα σπινθηριστή. Η καύση προσεγγίζει την αλλαγή κάτω από σταθερό όγκο και κατ' αυτή υψώνεται η πίεση, η οποία και προκαλεί την έξοδο των καυσαερίων από το ακροφύσιο προς τα πτερύγια του στροβίλου. Η ορμή των εξερχομένων καυσαερίων προκαλεί μέσα στο ακροφύσιο αναρρόφηση, που με τη σειρά της δημιουργεί στο θάλαμο καύσεως υποπίεση. Χάρη στην τελευταία και όταν η πίεση κατέβει στην ατμοσφαι-

ρική, πραγματοποιείται η εισαγωγή νέας ποσότητας μίγματος.

Στο στρόβιλο «σταθερού όγκου» θεωρητικά επιτυγχάνεται η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου μέσα στο θάλαμο καύσεως, είναι δε αυτή πολύ υψηλότερη από τη μέγιστη θερμοκρασία του στροβίλου σταθερής πιέσεως και συνεπώς η απόδοση του κύκλου, απ' όσα γνωρίζομε, είναι επίσης υψηλότερη.

Στην πράξη όμως το σύστημα του στροβίλου σταθερού όγκου παρουσιάζει πολλές αδυναμίες, ιδίως μηχανικής φύσεως, που οφείλονται στις βαλβίδες. Επίσης παρουσιάζει ελαττώματα που σχετίζονται με την αεροδυναμική ροή των αερίων κατά την πορεία τους προς τα πτερύγια του στροβίλου.

Για τους λόγους αυτούς ο τύπος στροβίλου που αναφέρθηκε δεν βρήκε παρά ελάχιστες μόνο εφαρμογές, πειραματικού ως επί το πλείστον χαρακτήρα, και επομένως δεν θα μας απασχολήσει περισσότερο.

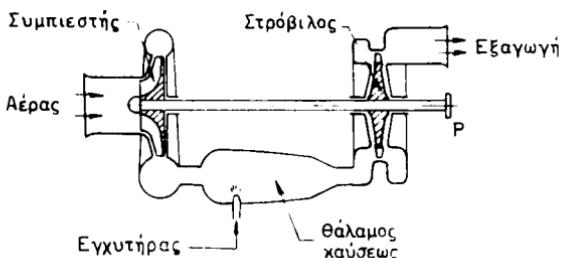
Η περιγραφή του, πολύ ενδιαφέρουσα προφανώς, υπήρξε αναγκαία εδώ, για να έχομε ολοκληρωμένη εικόνα της προσπάθειας που καταβλήθηκε, και εξακολουθεί να καταβάλλεται, προς την κατεύθυνση της εφαρμογής των αεριοστροβίλων γενικά στη βιομηχανία και τις άλλες χρήσεις, όπου απαιτείται η παραγωγή μηχανικού έργου από τη θερμότητα.

Σήμερα όλοι οι σχεδόν οι αεριοστροβίλοι που χρησιμοποιούνται είναι στροβίλοι «σταθερής πιέσεως», που η γενική περιγραφή λειτουργίας και ο θερμικός κύκλος τους παρατίθενται πιο κάτω.

96.3 Αεριοστρόβιλοι σταθερής πιέσεως.

1) Στοιχειώδης λειτουργία του αεριοστρόβιλου σταθερής πιέσεως.

Ένας αεριοστρόβιλος αυτής της κατηγορίας παριστάνεται στο σχήμα 96.3α στην απλή του μορφή και διάταξη.



Σχ. 96.3α.

Βασικά αποτελείται από τον **αεροσυμπιεστή**, το **θάλαμο καύσεως** και το **στρόβιλο**.

Ο αέρας εισέρχεται στον αεροσυμπιεστή και από αυτόν ωθείται με την πίεση συμπιέσεως στο θάλαμο καύσεως, μέσα στον οποίο το καύσιμο χύνεται στη συνέχεια από ειδική αντλία. Η καύση, η οποία αρχικά κατά την εκκίνηση παράγεται μέσω της ηλεκτρικής οδού, συνεχίζεται κάτω από σταθερή πίεση, προκαλώντας ισχυρή ανύψωση της θερμοκρασίας και αύξηση του όγκου των αερίων.

Το έργο που παράγουν τα αέρια κατά την εκτόνωσή τους μέσα στα πτερύγια του στροφείου, κατά ένα μέρος απορροφάται από το συμπιεστή και κατά το υπόλοιπο αποδίδεται ως αφέλιμο έργο στον άξονα P.

Τα θερμά καυσαέρια εκτονώνονται μέχρι την ατμοσφαιρική πίεση και στη συνέχεια βγαίνουν στην ατμόσφαιρα.

Το χρακτηριστικό αυτού του αεριοστρόβιλου είναι ότι η καύση είναι **συνεχής** και πραγματοποιείται κάτω από σταθερή πίεση.

Η όλη διάταξη του αεριοστρόβιλου συμπληρώνεται κατάλληλα, για να επιτευχθούν:

- Διαβάθμιση της συμπιέσεως για την πραγματοποίηση ενδιάμεσης ψύξεως.
- Διαβάθμιση της εκτονώσεως για επανάληψη της καύσεως.
- Μερική ανάκτηση της θερμότητας, που περιέχεται στα καυσαέρια της εξαγωγής, τα οποία οδηγούνται σε εναλλακτήρα θερμότητας ή αναθερμαντήρα και τη μεταδίδουν στον αέρα που βγαίνει από το συμπιεστή.

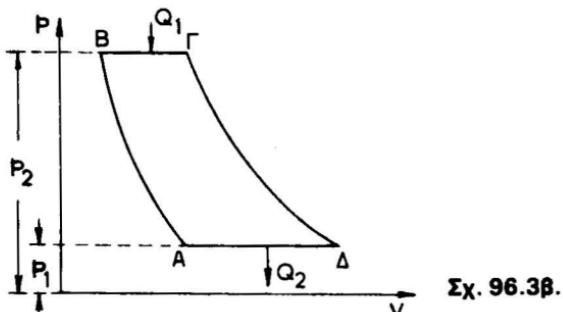
2/ Θερμικός κύκλος του αεριοστρόβιλου σταθερής πίεσεως.

Ο θεωρητικός κύκλος, σύμφωνα με τον οποίο εργάζεται ο αεριοστρόβιλος συνεχούς καύσεως, που περιγράψαμε προηγουμένως, είναι ο κύκλος σταθερής πίεσεως ή κύκλος του Brayton (σχ. 96.3β).

Ο αέρας εισέρχεται στο συμπιεστή με ατμοσφαιρική πίεση και συμπιέζεται αδιαβατικά κατά την αδιαβατική καμπύλη AB από το σημείο A στο B.

Η καύση μέσα στο θάλαμο καύσεως πραγματοποιείται κάτω από σταθερή πίεση από το σημείο B στο Γ κατά τη BG με τη χορήγηση ποσότητας θερμότητας Q_1 , η οποία προκαλεί αύξηση του όγκου της εργαζόμενης ουσίας.

Η εκτόνωση γίνεται μέσα στο στρόβιλο κατά την αδιαβατική



καμπύλη $\Gamma\Delta$ από το σημείο Γ στο Δ .

Στο σημείο Δ τα αέρια της καύσεως βγαίνουν στην ατμόσφαιρα ή ψύχονται κατάλληλα κάτω από σταθερή πίεση κατά τη γραμμή ΔA και επανέρχονται στην αρχική κατάσταση στο σημείο A . Η αλλαγή ΔA κάτω από σταθερή πίεση συντελείται προφανώς με την απαγωγή άλλου ποσού θερμότητας Q_2 , μικρότερου πάντως από το Q_1 .

Κατά τα μέχρι τώρα γνωστά από τη Θερμοδυναμική, το εμβαδό $AB\Gamma\Delta A$ παριστάνει το θεωρητικά ωφέλιμο έργο που αποδίδεται στον άξονα του στροβίλου. Στην πραγματικότητα το ωφέλιμο έργο δεν είναι άλλο παρά η διαφορά μεταξύ του έργου που παράγει ο στρόβιλος και του έργου που απορροφά ο αεριοσυμπιεστής.

Για μία δεδομένη σχέση ή βαθμό συμπιέσεως, το ολικό έργο είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της καύσεως AB κάτω από σταθερή πίεση, από το οποίο άλλωστε εξαρτάται και το μέγεθος του διαγράμματος.

Η απόδοση του θεωρητικού αυτού κύκλου είναι, όπως γνωρίζομε από τη Θερμοδυναμική, ίση με:

$$\eta_{\theta} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Αυτή εξαρτάται από το **βαθμό συμπιέσεως και συμβαδίζει με αυτόν**, δηλαδή **όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπιέσεως, τόσο μεγαλύτερος προκύπτει και ο βαθμός αποδόσεως του κύκλου**.

Τέλος οι αεριοστρόβιλοι μικτού, ή όπως αλλιώς λέγεται **μικτού κλειστού κυκλώματος**, αποτελούν συνδυασμό των δύο κατηγοριών του ανοικτού και του κλειστού κυκλώματος που προαναφέρθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 97

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

Οι αεριοστόβιλοι, ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιεί-
ται η λειτουργία τους, κατατάσσονται σε:

- α) Αεριοστρόβιλους **ανοικτού** κυκλώματος.
- β) Αεριοστρόβιλους **κλειστού** κυκλώματος.
- γ) Αεριοστρόβιλους **μικτού** κυκλώματος.

Οι αεριοστρόβιλοι της πρώτης κατηγορίας βρίσκονται σε γενική χρήση σήμερα, αντίθετα με τους αεριοστρόβιλους της δεύτερης και της τρίτης κατηγορίας, οι οποίοι και αποτελούν συνδυασμό των δύο άλλων, που δεν έχει βρει ευρεία εφαρμογή μέχρι σήμερα.

Πριν περιγράψουμε κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες αεριοστροβίλων, πρέπει να επαναλάβουμε εδώ τι είναι το κύκλωμα λειτουργίας.

Κύκλωμα λειτουργίας στους αεριοστρόβιλους, όπως και στις άλλες θερμικές μηχανές, ονομάζεται η διαδρομή που ακολουθεί η εργαζόμενη ουσία μέσα σε αυτούς.

Στους αεριοστρόβιλους **ανοικτού** κυκλώματος η εργαζόμενη ουσία είναι αέρας, ο οποίος αναρροφάται από την ατμόσφαιρα και όταν συμπιέζεται από το συμπιεστή αποκτά υψηλή πίεση και στη συνέχεια και υψηλή θερμοκρασία. Από τον αέρα και από την καύση του πετρελαίου μέσα σε αυτόν παράγονται τα καυσαέρια, που αποδίδουν το έργο τους στο στρόβιλο και στη συνέχεια βγαίνουν προς την ατμόσφαιρα.

Στους αεριοστρόβιλους **κλειστού κυκλώματος** ως εργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται αέρας (ή άλλο κατάλληλο αέριο από τα λεγόμενα αδρανή αέρια, όπως το αργό, το κρυπτό, το ξένο κλπ.) που κυκλοφορεί μέσα στο συγκρότημα του αεριοστρόβιλου, χωρίς να έρχεται σε επικοινωνία με την ατμόσφαιρα, δηλαδή σε κλειστό κύκλωμα συνεχούς διαδρομής. Αρχικά η εργαζόμενη ουσία θερμαίνεται μέσα σε λέβητα ή θερμαντήρα,

όπου αποκτά υψηλή θερμοκρασία, στη συνέχεια κυκλοφορεί μέσα στο στρόβιλο όπου η ενέργειά της μετατρέπεται σε μηχανικό έργο και τέλος, με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία επιστρέφει προς το συμπιεστή, αφού προηγουμένως ψυχθεί μέχρι τη θερμοκρασία αναρροφήσεως του συμπιεστή.

Κυκλώματα όπως τα παραπάνω γνωρίζομε ήδη από τις περιγραφές των ατμομηχανών και των ΜΕΚ και μπορούμε να πούμε ότι οι αεριοστρόβιλοι ανοικτού κυκλώματος αντιστοιχούν προς τις ΜΕΚ, ενώ οι αεριοστρόβιλοι κλειστού κυκλώματος προς τις ατμομηχανές (παλινδρομικές ή στροβίλους).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 98

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

98.1 Αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος.

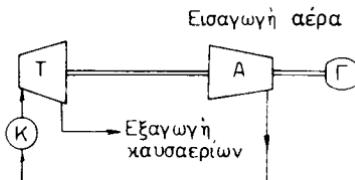
Αυτός σε γενικές γραμμές, αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη (σχ. 98.1α):

α) Τον περιστροφικό **συμπεστή**.

β) Το **θάλαμο καύσεως ή εστία**.

γ) Τον κυρίως **στρόβιλο**.

Εκτός αιτό τα κύρια αυτά μέρη μπορεί να προβλέπεται στην εγκατάσταση και **αναθερμαντήρας** για την προθέρμανση του αέρα, πριν ο τελευταίος μεταβεί στο θάλαμο καύσεως. Ο αέρας στην περίπτωση αυτή προθερμαίνεται από τη θερμότητα, που

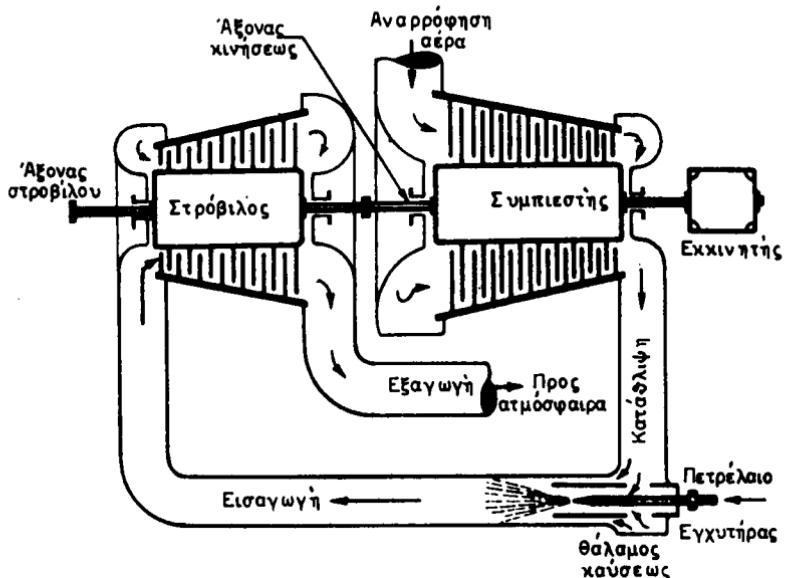


Σχ. 98.1α.

έχουν ακόμη τα καυσαέρια, όταν εξέρχονται από το στρόβιλο.

Το σχήμα 98.1α παριστάνει τη διάταξη ενός απλού αεριοστρόβιλου ανοικτού κυκλώματος, δηλαδή χωρίς αναθερμαντήρα, όπου είναι: Α ο **συμπεστής**, Τ ο **στρόβιλος**, Κ ο **θάλαμος καύσεως** και Γ η **γεννήτρια**.

Η λειτουργία του έχει ως εξής (σχ. 98.1β): Η μηχανή μπαίνει σε λειτουργία με τον εκκινητή, π.χ. με ηλεκτρικό κινητήρα (μιζά). Μόλις αυτή μπει σε λειτουργία, ο συμπεστής αναρροφά αέρα και τον συμπίζει σε $5-10 \text{ kg/cm}^2$, ανάλογα με την εγκατάσταση. Με την πίεση αυτή ο αέρας μπαίνει μέσα στο θάλαμο καύσεως, όπου αναμιγνύεται με το πετρέλαιο, το οποίο ψεκάζεται μέσα στον ίδιο χώρο από τον **εγχυτήρα**. Στο θάλαμο καύ-



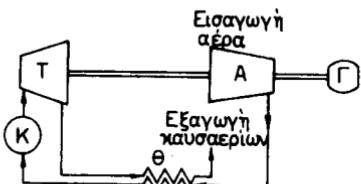
Σχ. 98.1β.

σεως γίνεται η καύση του πετρελαίου, από την οποία παράγονται τα καυσαέρια. Αυτά έχουν την ίδια μεν πίεση, αλλά μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον αέρα που έρχεται από το συμπιεστή. Τα καυσαέρια αυτά, από το θάλαμο καύσεως οδηγούνται με ένα σωλήνα εισαγωγής στο στροβίλο, διέρχονται από τα πτερύγια του στροβίλου και τον περιστρέφουν, αποδίδοντας έτσι έργο, με τον ίδιο τρόπο που ο ατμός αποδίδει έργο στον ατμοστρόβιλο.

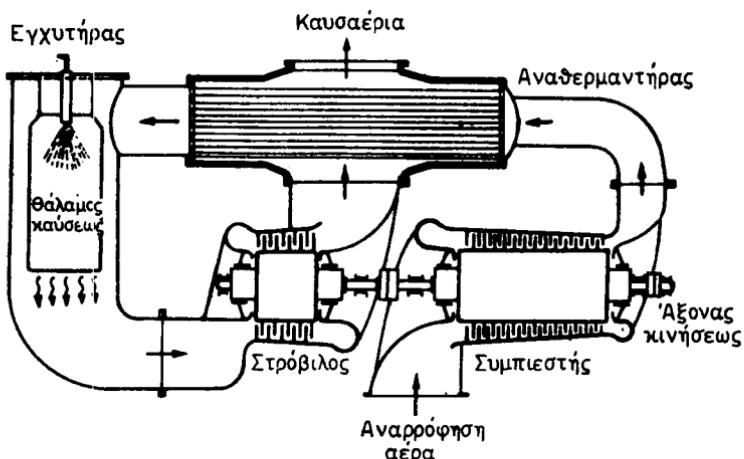
Στον άξονα του στροβίλου είναι δυνατό να συνδεθεί γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος ή έλικα πλοίου κλπ. και να παραληφθεί έτσι μηχανικό έργο που εύκολα μετατρέπεται σε έργο ή ενέργεια άλλης μορφής. Ο περιστρεφόμενος άξονας του στροβίλου περιστρέφει προφανώς και το συμπιεστή, ο οποίος, όπως είπαμε, απορροφά μέρος του έργου του ίδιου του στροβίλου.

Τα καυσαέρια τελικά, αφού πραγματοποιήσουν το έργο τους, βγαίνουν με χαμηλή πίεση, περίπου ίση με την ατμοσφαιρική, προς την ατμόσφαιρα μέσω της καπνοδόχου.

Αν τα καυσαέρια αυτά χρησιμοποιηθούν για να προθερμανθεί ο αέρας, πριν εισέλθει στο θάλαμο καύσεως, τότε θα έχομε μία εγκατάσταση με **«επαναφορέα»** ή **«ανακομιστή θερμότη-**



Σχ. 98.1γ.



Σχ. 98.1δ.

ταξι ή **αναθερμαντήραν**, όπως αυτή που παριστάνεται διαγραμματικά στο σχήμα 98.1γ, όπου: Α είναι ο **συμπιεστής**, Τ ο **στρόβιλος**, Κ ο **θάλαμος καύσεως**, Θ ο **ανακομιστής θερμότητας** ή **αναθερμαντήρας** και Γ η **γεννήτρια**.

Η λειτουργία του αναθερμαντήρα παριστάνεται στο σχήμα 98.1δ, όπου παρατηρούμε ότι αυτός αποτελείται από ένα κέλυφος, δύο πώματα και αυλούς, όπως τα γνωστά μας ψυγεία. Μέσα από τους αυλούς περνά ο συμπιεσμένος ατμοσφαιρικός αέρας, ενώ έχω από αυτούς κυκλοφορούν τα καυσαέρια.

Ο αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος είναι ο μόνος σχέδιον που έχει επικρατήσει, γιατί παρουσιάζει το σοβαρό πλεονέκτημα ότι είναι σχετικά πολύ απλός και σε σύγκριση με τις άλλες θερμικές μηχανές και σε σύγκριση με τους αεριοστρόβιλους του κλειστού και μικτού κυκλώματος, που θα εξετάσομε στα επόμενα.

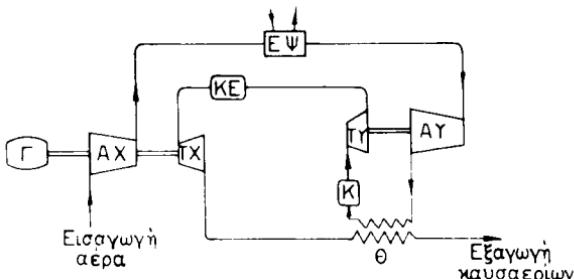
98.2 Αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος δύο βαθμίδων.

Εκτός από τον προηγούμενο συνηθισμένο τύπο, υπάρχουν και αεριοστρόβιλοι ανοικτού κυκλώματος δύο βαθμίδων, των οποίων η εγκατάσταση παρουσιάζεται μεν περισσότερο πολύπλοκη, έχουν όμως υψηλότερο βαθμό αποδόσεως.

Σε αυτούς κατά κανόνα υπάρχουν δύο άξονες, από τους οποίους μόνο ο ένας είναι κινητήριος, δίνει δηλαδή το ωφέλιμο έργο της εγκαταστάσεως.

Συνήθως τα δύο συγκροτήματα έχουν **συμπιεση σε δύο βαθμίδες με ενδιάμεση ψύξη και εκτόνωση σε δύο βαθμίδες επισης**, μεταξύ των οποίων και τοποθετείται **πρόσθετος ή ενδιάμεσος θάλαμος καύσεως**. Η όλη εγκατάσταση μπορεί να είναι με ή και χωρίς αναθερμαντήρα.

Στη διάταξη του σχήματος 98.2 παριστάνεται στρόβιλος αυτής της κατηγορίας. Στον ένα άξονά του ο στρόβιλος της πρώτης βαθμίδας (δηλαδή της υψηλής πιέσεως) κινεί μόνο το συμπιεστή της δεύτερης βαθμίδας ενώ στον άλλο άξονα, ο στρόβιλος της πρώτης βαθμίδας (δηλαδή της χαμηλής πιέσεως) κινεί το συμπιεστή της πρώτης βαθμίδας (δηλαδή της χαμηλής πιέσεως) και δίνει και το ωφέλιμο έργο, γιατί κινεί τη γεννήτρια του ηλεκτρικού ρεύματος.

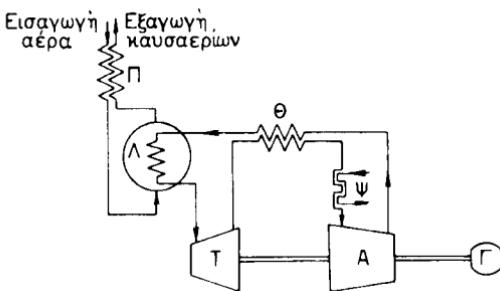


Σχ. 98.2.

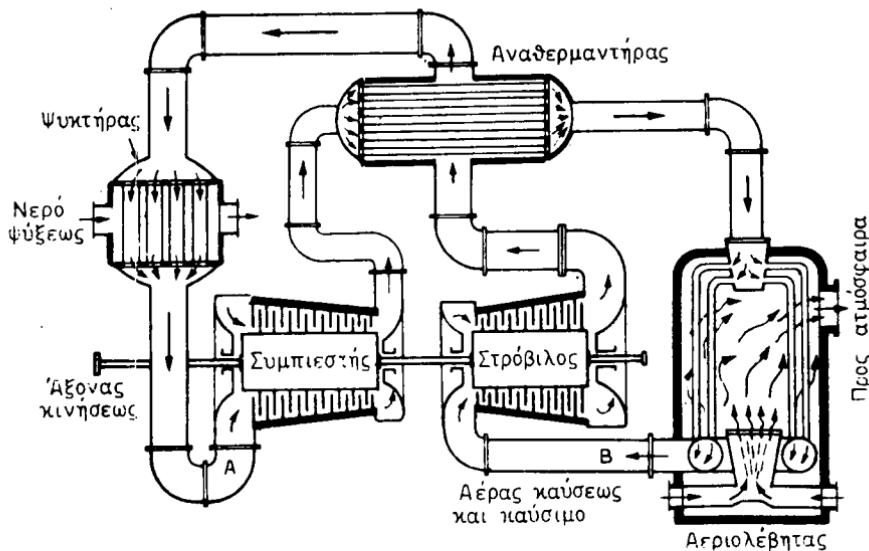
ΔX = αεροσυμπιεστής Χ.Π. (χαμηλής πιέσεως). ΔY αεροσυμπιεστής Υ.Π. (υψηλής πιέσεως). ΔY αεριοστρόβιλος Υ.Π. ΔX αεριοστρόβιλος Χ.Π. $\Delta \Psi$ = ενδιάμεση ψύξη αέρα. K = θάλαμος καύσεως. KE = θάλαμος καύσεως ενδιάμεσος. Θ = αναθερμαντήρας. Γ = γεννήτρια.

98.3 Αεριοστρόβιλος κλειστού κυκλώματος.

Το σχήμα 98.3α παριστάνει σε διάγραμμα αεριοστρόβιλο κλειστού κυκλώματος, τα μέρη του οποίου είναι: Α ο **αεροσυμπιεστής**, Θ ο **αναθερμαντήρας**, Π ο **προθερμαντήρας του**



Σχ. 98.3α.



Σχ. 98.3β.

σέρα καύσεως, Λ ο **σεριολέβητας** και Τ ο **στρόβιλος**. Στο σχήμα 98.3β εικονίζεται η λειτουργία αυτού του αεριοστρόβιλου που έχει ως εξής: Ας υποθέσουμε ότι ο αεριοστρόβιλος εργάζεται με αέρα και ας αρχίσομε την ανάλυση της λειτουργίας του από τη θέση Α.

Ο συμπιεστής μπαίνει σε λειτουργία με τη βοήθεια **εκκινητή** (μίζας), αναρροφά αέρα και τον συμπιέζει. Ο συμπιεσμένος αέρας περνά από τους αυλούς του **αναθερμαντήρα** και στη συνέχεια οδεύει προς τον **αεριολέβητα**. Μέσα στον αεριολέβητα ο αέρας θερμαίνεται από τα καυσαέρια, τα οποία μέσω της καπνοδόχου οδηγούνται στην ατμόσφαιρα.

Ο θερμός αέρας καθώς βγαίνει από τους αυλούς του αερολέβητα έχει την ίδια πίεση, την οποία είχε όταν βγήκε από τον αεροσυμπιεστή, πολύ υψηλότερη όμως θερμοκρασία, γιατί η θέρμανσή του μέσα στον αεριολέβητα γίνεται κάτω από σταθερή πίεση. Στη συνέχεια ο αέρας μέσω του σωλήνα Β οδηγείται προς το **στρόβιλο**, όπου και αποδίδει το έργο του.

Από το στρόβιλο, ο αέρας φεύγει με χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία και περνά έξω από τους αυλούς του αναθερμαντήρα. Εκεί με το υπόλοιπο της θερμότητας, που του απέμεινε, προθερμαίνει τον αέρα, που οδεύει από τον αεροσυμπιεστή προς τον αεριολέβητα.

Μετά τον αναθερμαντήρα ο αέρας συνεχίζει τη διαδρομή του και περνά μέσα από τους αυλούς του ψυκτήρα, όπου ψύχεται είτε με νερό είτε με αέρα που κυκλοφορεί έξω από τους αυλούς του **ψυκτήρα**. Η ψύξη αυτή είναι **αναγκαία, ώστε ο αέρας να εισέλθει μέσα στο συμπτεστή με την κανονική θερμοκρασία αναρροφήσεως**. Μετά τον ψυκτήρα ο αέρας είναι σχεδόν ψυχρός. Έτσι ο αέρας φθάνει στο σημείο Α, από το οποίο επαναλαμβάνεται πάλι χωρίς διακοπή το ίδιο κύκλωμα από την αρχή.

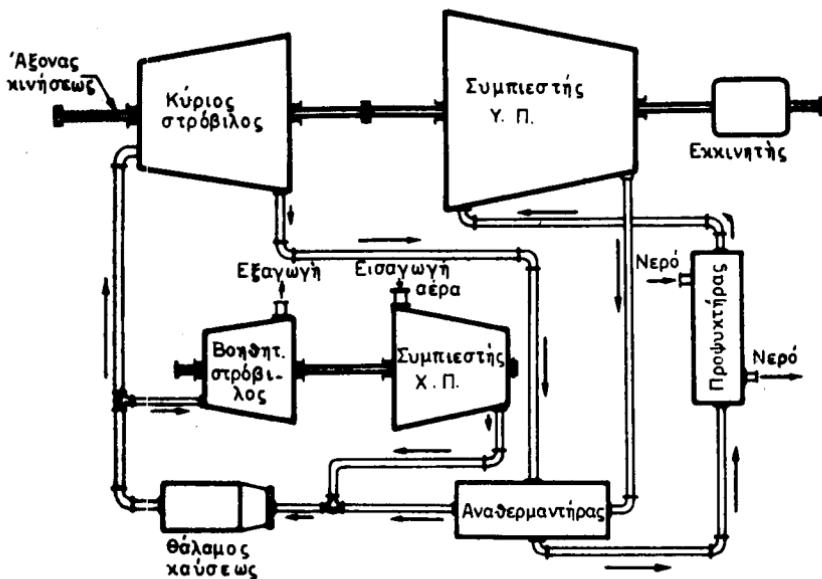
Ο αεριοστρόβιλος κλειστού κυκλώματος παρουσιάζει το σοβαρό πλεονέκτημα, ότι σε αυτό το δίκτυο του κυκλώματος και τα πτερύγια διατηρούνται καθαρά, γιατί έρχονται σε επαφή με καθαρό αέριο. Αντίθετα, στο ανοικτό κύκλωμα ρυπαίνονται ευκολότερα, γιατί έρχονται σε επαφή με τα προϊόντα της καύσεως, δηλαδή με τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση του πετρελαίου.

Παρά το πλεονέκτημά του όμως αυτό η χρήση του είναι μάλλον περιορισμένη, γιατί παρουσιάζει το σοβαρό μειονέκτημα ότι η όλη εγκατάστασή του είναι πολύπλοκη.

98.4 Αεριοστρόβιλος μικτού κυκλώματος.

Αυτός (σχ. 98.4) αποτελεί συνδυασμό κατά κάποιο τρόπο των δύο προηγουμένων κυκλωμάτων, δηλαδή του ανοικτού και του κλειστού.

Παρατηρούμε στο σχήμα ότι ο **συμπτεστής** χαμηλής πιέσεως ΧΠ αναρροφά αέρα, τον συμπιέζει και τον στέλνει στο **θάλαμο καύσεως**, μέσα στον οποίο ψεκάζεται το πετρέλαιο. Στο θάλαμο καύσεως, μέσα στον οποίο στέλνονται και τα καυσαέρια υψηλής πιέσεως από το **συμπτεστή ΥΠ**, γίνεται η καύση του πετρελαίου.



Σχ. 98.4.

Από το θάλαμο καύσεως τα περισσότερα καυσαέρια οδηγούνται προς τον κύριο στρόβιλο, ενώ ένα μέρος οδεύει προς το **βοηθητικό στρόβιλο**, ο οποίος χρησιμοποιείται για να περιστρέψει το **συμπιεστή ΧΠ**.

Τα καυσαέρια του βοηθητικού στροβίλου, αφού αποδώσουν εκεί την ενέργειά τους, βγαίνουν στην ατμόσφαιρα. Τα καυσαέρια όμως του κύριου στροβίλου οδηγούνται στον **αναθερμαντήρα**, όπου και θερμαίνουν εκείνα που συμπιέζει ο συμπιεστής ΥΠ και στη συνέχεια περνούν από τον **προψυκτήρα**, όπου ψύχονται με κυκλοφορία νερού. Από τον προψυκτήρα τα αναρροφά ο συμπιεστής ΥΠ, τα συμπιέζει και τα στέλνει μέσω του αναθερμαντήρα πάλι στο θάλαμο καύσεως.

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι ο μεν συμπιεστής ΧΠ και ο βοηθητικός στρόβιλος αποτελούν **ανοικτό κύκλωμα**, ενώ ο συμπιεστής ΥΠ με τον κύριο στρόβιλο αποτελούν **κλειστό**.

Το πλεονέκτημα του μικτού αυτού ή ημίκλειστου κυκλώματος είναι ότι δεν χρειάζεται αεριολέβητας. Γενικά όμως η όλη εγκατάσταση είναι πολύπλοκη, γι' αυτό και το σύστημα αυτό δεν έχει μεγάλη εφαρμογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 99

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Από τα δύο βασικά κυκλώματα των αεριοστροβίλων το ανοικτό κύκλωμα παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτεί την ύπαρξη αεριολέβητα, και στην απλούστερή του μορφή ούτε αναθερμαντήρα ή ψυκτήρων.

Μέχρι σήμερα έχει εφαρμοσθεί επιτυχώς σε πολλές εγκαταστάσεις ξηράς και σε μερικές περιπτώσεις σε ειδικές ναυτικές εγκαταστάσεις. Παράλληλα μεγάλη επιτυχία έχει κατά την εφαρμογή του στα αεροπλάνα, όπου πλέον έχει επικρατήσει σε συνδυασμό με την **αεριοπρωώθηση**, δηλαδή την πρόωση του αεροσκάφους με τη δύναμη της αντιδράσεως του ρεύματος των καυσαέριων, χωρίς τη βοήθεια της έλικας.

Τελευταία γίνονται προσπάθειες εφαρμογής του και για την κίνηση αυτοκινήτων, όπου ένα από τα πολλά πλεονεκτήματα που αναμένονται, θα είναι και η κατάργηση του κιβωτίου ταχυτήτων.

Η κατασκευή αεριοστροβίλων κλειστού κυκλώματος είναι ακόμη περιορισμένη, γίνονται όμως προσπάθειες εφαρμογής τους σε συνδυασμό με **πυρηνικό αντιδραστήρα**, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη θέρμανση αντί του αεριολέβητα.

Ένα σοβαρό πλεονέκτημα πάντως του κλειστού κυκλώματος είναι, όπως έχομε ήδη αναφέρει, η καθαριότητα στο εσωτερικό του, δεδομένου ότι μέσα σε αυτό κυκλοφορεί αέρας ή άλλο αέριο και όχι καυσαέρια, όπως συμβαίνει στο ανοικτό κύκλωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 100

ΤΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

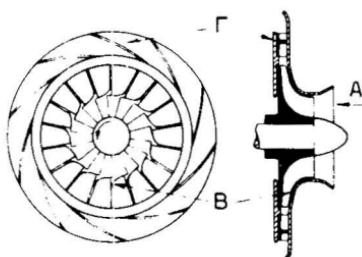
Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε σύντομα τα κύρια μέρη των αεριοστροβίλων και τα εξαρτήματα εκείνα που είναι αναγκαία για να πραγματοποιηθεί η λειτουργία τους.

100.1 Συμπιεστής φυγοκεντρικού τύπου.

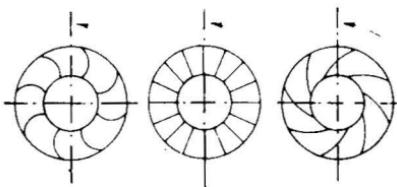
Αυτός αποτελείται από το **στροφείο** Β και το **διαχυτήρα** Γ (σχ. 100.1α). Στο συμπιεστή ο αέρας, ο οποίος μπαίνει στο Α, επιταχύνεται μέσα στους αγωγούς, που σχηματίζονται μεταξύ των πτερυγίων του στροφείου. Στη συνέχεια μέσα στο διαχυτήρα η κινητική ενέργεια του αέρα μετατρέπεται σε ενέργεια πιέσεως.

Το στροφείο ή ο τροχός του συμπιεστή έχει τα πτερυγιά του καμπυλωμένα προς τα εμπρός ή ακτινικά ή καμπυλωμένα προς τα πίσω σε σχέση με τη φορά περιστροφής (σχ. 100.1β). Από αυτά, η δεύτερη και τρίτη μορφή χρησιμοποιούνται περισσότερο.

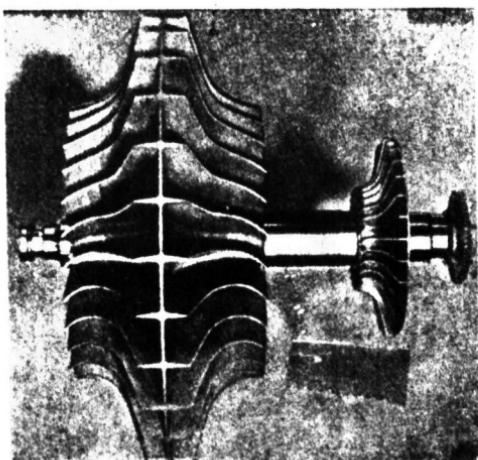
Ο διαχυτήρας αποτελείται από αγωγούς, των οποίων η διατομή αυξάνεται σταδιακά, τοποθετημένους στην περιφέρεια του στροφείου. Αυτοί συνήθως καταλήγουν σε κοινό περιφερειακό



Σχ. 100.1α.



Σχ. 100.1β.



Σχ. 100.1γ.

συλλέκτη, από τον οποίο ο συμπιεσμένος αέρας οδηγείται προς το θάλαμο καύσεως.

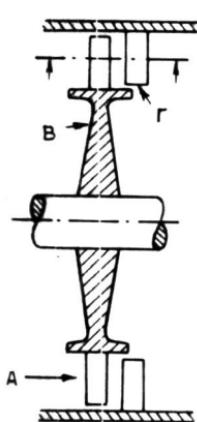
Συνηθισμένη είναι η κατασκευή φυγοκεντρικού συμπιεστή με διπλή εισαγωγή (σχ. 100.1γ). Στους φυγοκεντρικούς συμπιεστές η πορεία του αέρα γίνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια κατ' ακτινική περίπου διαδρομή ή ροή, όπως αλλιώς ονομάζεται.

100.2 Συμπιεστής αξονικός.

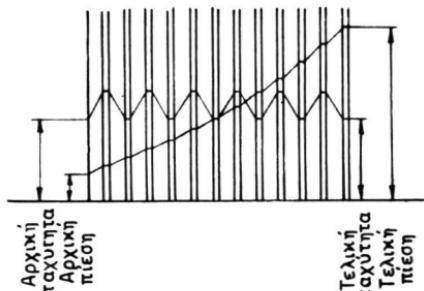
Αυτός μοιάζει με τους γνωστούς μας ατμοστρόβιλους αξονικής ροής, με τη διαφορά ότι σε εκείνους η πορεία του ατμού γίνεται από τη μικρή διάμετρο του στροφείου και τα μικρά ύψη πτερυγίων, προς τη μεγάλη διάμετρό του και τα μεγάλα ύψη πτερυγίων, ενώ εδώ συμβαίνει ακριβώς το αντίστροφο. Και στις δύο περιπτώσεις η πορεία του αέρα είναι παράλληλη προς τον άξονα του στροφείου, με τη διαφορά πάλι ότι στον ατμοστρόβιλο ο ατμός κατά τη διαδρομή του από το ένα άκρο προς το άλλο εκτονώνεται, ενώ στον αξονικό αεροσυμπιεστή ο αέρας αντιθέτως συμπιέζεται.

Το σχήμα 100.2α παριστάνει ένα στοιχείο αξονικού συμπιεστή, όπου διακρίνεται η είσοδος και η κατεύθυνση του αέρα Α, το στροφείο Β και ο διαχυτήρας Γ.

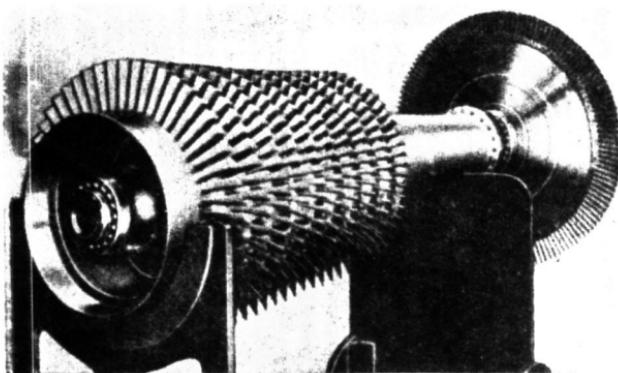
Στο σχήμα 100.2β έχουν χαραχθεί, κατά μέθοδο που μας



Σχ. 100.2α.



Σχ. 100.2β.



Σχ. 100.2γ.

είναι γνωστή από τους ατμοστρόβιλους, οι καμπύλες μεταβολής της πιέσεως και της ταχύτητας κατά μήκος ενός συμπιεστή 6 διαβαθμίσεων συμπιέσεως.

Το σχήμα 100.2γ παριστάνει αξονικό συμπιεστή 10 διαβαθμίσεων.

Το πλεονέκτημα του αξονικού συμπιεστή έγκειται στο ότι έχει υψηλότερη απόδοση από το φυγοκεντρικό και επί πλέον παρουσιάζει μικρότερη μετωπική επιφάνεια, γι' αυτό και επικράτησε κατά την εφαρμογή των αεριοστροβίλων στις εγκαταστάσεις των αεροπλάνων.

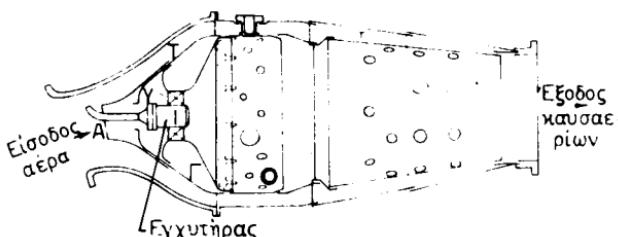
100.3 Οι θάλαμοι καύσεως.

Οι θάλαμοι καύσεως του αεριοστροβίλων διακρίνονται σε απλούς και πολλαπλούς. Οι απλοί είναι **σωληνοειδείς** ή **δακτυλοειδείς**, ενώ οι πολλαπλοί **σωληνοειδείς**. Οι απλοί χρησιμοποιούνται περισσότερο με τους αξονικούς συμπιεστές, ενώ οι πολλαπλοί με τους φυγοκεντρικούς.

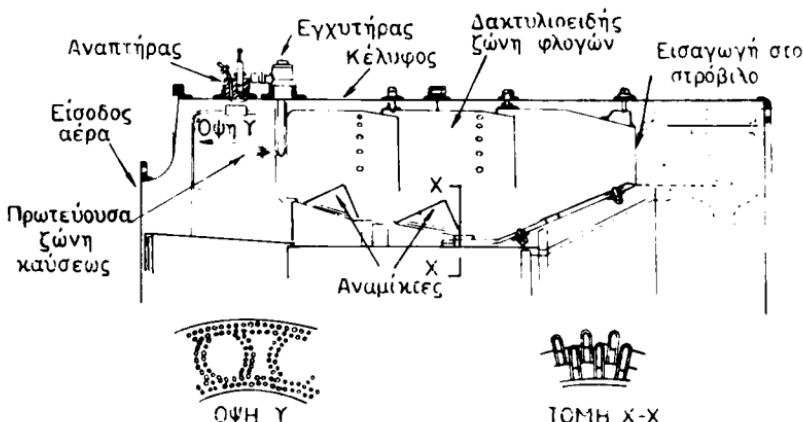
Τα σχήματα 100.3α και 100.3β παριστάνουν αντίστοιχα ένα σωληνοειδή και ένα δακτυλιοειδή θάλαμο καύσεως.

Κατά κανόνα στο πρώτο μισό του θαλάμου καύσεως βρίσκεται ο **εγχυτήρας**, ο οποίος ψεκάζει το καύσιμο, όπως στους κινητήρες Diesel, κατά την έννοια του ρεύματος του αέρα ή και αντίθετα προς αυτή.

Για λόγους μηχανικής αντοχής των πτερυγίων του στροβίλου δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν όπως στους κινητήρες Diesel οι θερμοκρασίες της καύσεως των 1800°C περίπου και



Σχ. 100.3α.



Σχ. 100.3β.

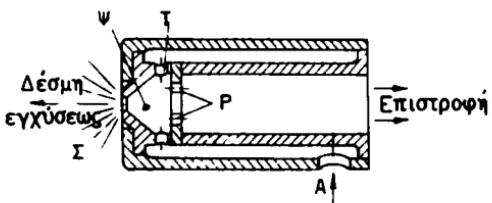
γι' αυτό είναι απαραίτητο τα προϊόντα της καύσεως να αραιώνονται με περισσότερο αέρα. Ο αέρας, που είναι αναγκαίος για την αραιώση αυτή, δεν εισάγεται αμέσως στο θάλαμο όπου γίνεται η καύση, γιατί η μεγάλη ποσότητα αέρα θα εμπόδιζε την πρόοδο της χημικής αντιδράσεως κατά την καύση. Γι' αυτό γενικά σχηματίζονται διάφορα ρεύματα αέρα, από τα οποία το ένα καλείται **πρωτεύον** και χρησιμεύει για την ίδια την καύση, ενώ τα άλλα (που λέγονται **δευτερεύον**, **τρίτεύον** κλπ.) χρησιμεύουν για τη διάλυση ή αραιώση των καυσαερίων.

Οι σωληνοειδείς θάλαμοι καύσεως περιλαμβάνουν κατά κανόνα ένα εξωτερικό κέλυφος και ένα εσωτερικό σωλήνα, το **φλογοσταλήνα**, στον οποίο λαμβάνουν χώρα τα κύρια φαινόμενα καύσεως και αναμίξεως. Ο τύπος που παριστάνει το σχήμα 100.3α είναι ο περισσότερο διαδεδομένος. Σε αυτόν ο πρωτεύων αέρας μπαίνει από το άνοιγμα Α και περνά εν μέρει από το διάτρητο κώνο Γ, και εν μέρει γύρω από τον εγχυτήρα Ι, όπου υπάρχει κατάλληλη διάταξη Υ με κεκλιμένα πτερύγια, που προκαλεί ελικοειδή στροβιλώδη κίνηση του αέρα γύρω από τον άξονα του θαλάμου. Αυτό είναι απαραίτητο, για να επιτευχθεί καλή ανάμιξη αέρα και καυσίμου και υψηλή ποιότητα καύσεως. Ο επιπλέον αέρας που παραμένει περνά στο διάκενο Τ και μπαίνει για την αραιώση στο εσωτερικό του θαλάμου από μία σειρά οπών του σωλήνα, οι οποίες διακρίνονται στο σχήμα.

Η απόδοση καύσεως στους θαλάμους καύσεως των αεριοστροβίλων, δηλαδή η σχέση των θερμίδων που εκλύονται μέσα σε αυτούς, προς τις θερμίδες που περιέχει το καύσιμο, ανέρχεται σε 95%. Εκτός από αυτή την απώλεια των 5%, μία άλλη σημαντική είναι η απώλεια πιέσεως, που οφείλεται στις παθητικές αντιστάσεις, τριβές, εκτροπές του ρεύματος, στροβιλοειδή κίνησή του κλπ., που δημιουργούνται στο εσωτερικό των θαλάμων καύσεως κατά τη ροή των καυσαερίων. Αυτές προκαλούν πτώση πιέσεως κατά 3-6% σε σχέση προς την πίεση της εισαγωγής στο θάλαμο.

100.4 Το σύστημα τροφοδοτήσεως με καύσιμο.

Το πρόβλημα της τροφοδοτήσεως του αεριοστροβίλου με καύσιμο είναι από τα πιο σοβαρά, επειδή κατά την τροφοδότηση πρέπει πάντοτε να εξασφαλίζεται καλή ψέκαση και καλή καύση του καυσίμου κάτω από διαφορετικές κάθε φορά συνθήκες φορτίου.



Σχ. 100.4α.

Ο συνηθέστερος **διασκορπωτής ή εγχυτήρας**, που χρησιμοποιείται για την έχυση του καυσίμου, παριστάνεται στο σχήμα 100.4α. Σε αυτόν, το υγρό καύσιμο έρχεται με πίεση στο σημείο Α από την αντλία και μπαίνει στο χώρο Ψ από τις περιφερειακές τρύπες T , οι οποίες του προκαλούν στροβιλώδη κίνηση. Ένα μέρος του καυσίμου ψεκάζεται από το ακροφύσιο Σ μέσα στο θάλαμο καύσεως, ενώ το πιπλέον επιστρέφει στη δεξαμενή από τις τρύπες P και τον κεντρικό οχετό επιστροφής του εγχυτήρα.

Κατά κανόνα η ποσότητα του πετρελαίου, που φθάνει στον εγχυτήρα, είναι σταθερή και η μεταβολή της ποσότητας, που εγχέεται στο θάλαμο, επιτυγχάνεται με αντίστοιχη μεταβολή της ποσότητας καυσίμου που επιστρέφει διά μέσου ενός στράγαλιστήρα που παρεμβάλλεται στον αγωγό της επιστροφής προς τη δεξαμενή.

Για να ρυθμίσομε τη συμπεριφορά των αεριοστροβίλων κατά κανόνα επεμβαίνομε στην ποσότητα του καυσίμου που χύνεται μέσα. Γι' αυτό τα συστήματα τροφοδοτήσεως περιλαμβάνουν κατάλληλες ρυθμιστικές διατάξεις, ώστε με αυτές:

- Να ρυθμίζεται η ταχύτητα περιστροφής του αεριοστροβίλου.
- Να περιορίζεται αυτή μέσα στα καθορισμένα όρια.
- Να περιορίζεται η θερμοκρασία των αερίων στο τέλος της καύσεως μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

Η πρώτη από τις παραπάνω προϋποθέσεις είναι αναγκαία, όταν απαιτείται σταθερός αριθμός στροφών, όπως στην περίπτωση των εναλλακτήρων.

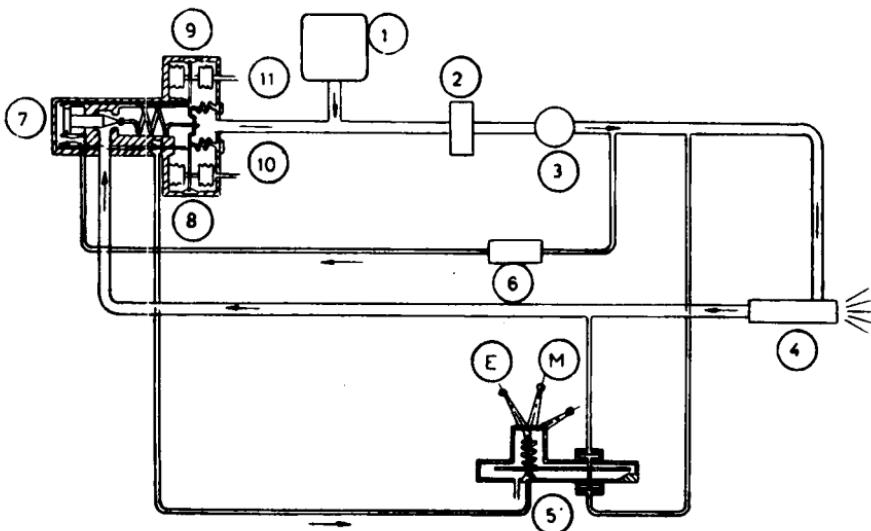
Η δεύτερη είναι ανακαία σε όλους σχεδόν τους αεριοστροβίλους, δεδομένου ότι και μία μικρή έστω ελάττωση του φορτίου μπορεί να φέρει τον αεριοστροβίλο σε επικίνδυνες ταχύτητες περιστροφής.

Η τρίτη τέλος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περίπτωση επιτά-

χύνσεων, κατά τη διάρκεια των οποίων απότομη ενέργεια πάνω στον επιταχυντή θα μπορούσε να προκαλέσει υπερβολικές θερμοκρασίες.

Για τη ρύθμιση και τον περιορισμό της ταχύτητας χρησιμοποιούνται όργανα πολύ ευαίσθητα στην ταχύτητα, ενώ για τον περιορισμό της θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται έμμεσοι τρόποι, με τους οποίους αυτή περιορίζεται μέσα στα κανονικά όρια με ρύθμιση της αναλογίας καυσίμου-αέρα. Η παραπάνω αναλογία επιτυγχάνεται με ειδική διάταξη, η οποία ενεργοποιείται από την πίεση του αέρα κατά την είσοδο και την έξοδό του από το συμπιεστή.

Στο σχήμα 100.4β εικονίζεται το σύστημα τροφοδοτήσεως Dowty, όπου είναι: 1 η δεξαμενή καυσίμου, 2 φίλτρο, 3 η αντλία καυσίμου με το ρυθμιστή ορίου ταχύτητας, 4 ο εγκυρόρας, 5 ο ρυθμιστής στροφών με το χειριστήριο μοχλό από τη θέση E, ελάχιστου αριθμού στροφών, μέχρι τη θέση M του μέγιστου αριθμού στροφών, αντίστοιχα. (Αυτός ανάλογα με τη στιγμιαία θέση του χειριστηρίου επενεργεί στη στραγγαλιστική βαλβίδα επιστροφής), 6 φίλτρο, 7 στραγγαλιστική βαλβίδα επιστροφής, 8 ρυθμιστής ελάχιστης ποσότητας καυσίμου, 9 ρυθμιστής επιταχύνσεως, 10 μεταδόση της πίεσεως του αέρα που εισέρχεται στο συμπιεστή προς τα ρυθμιστικά όργανα, 11 μετά-



Σχ. 100.4β.

δοση της πιέσεως του αέρα που εξέρχεται από το συμπιεσή προς τα ρυθμιστικά όργανα.

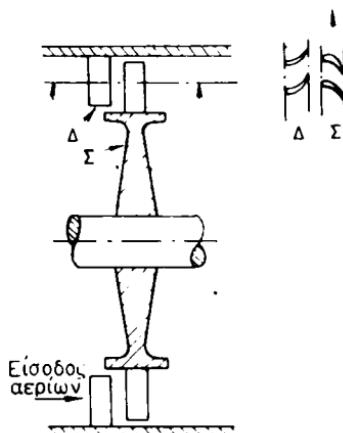
Με το σύνολο των παραπάνω ευαισθήτων αυτομάτων διατάξεων του συστήματος τροφοδοτήσεως επιτυγχάνεται κάθε φορά η κανονική και απόλυτα ασφαλής λειτουργία του αεριοστρόβιλου.

100.5 Ο στρόβιλος.

Ο κυρίως στρόβιλος, μέσα στον οποίο παράγεται το έργο, είναι **αξονικού** ή **ακτινικού** τύπου.

Ο **αξονικός** στρόβιλος στην απλή του μορφή αποτελείται από ένα **διανομέα** Δ και ένα **στροφείο** Σ (σχ. 100.5α). Τα θερμά καυσαέρια μπαίνουν στο διανομέα Δ, μέσα στον οποίο αποκτούν υψηλή ταχύτητα. Η κινητική ενέργεια, την οποία περιέχουν λόγω της υψηλής τους ταχύτητας, αποδίδεται με τη μορφή μηχανικής ενέργειας στο στροφείο. Αντιστοιχούν δηλαδή οι αξονικοί αεριοστρόβιλοι προς τους γνωστούς μας αξονικούς ατμοστρόβιλους δράσεως και η πορεία των καυσαερίων μέσα σε αυτούς ακολουθεί κατεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα του στροβίλου.

Οι **ακτινικοί** στρόβιλοι διακρίνονται σε στρόβιλους **δράσεως** και **αντιδράσεως**. Στους πρώτους όλη η ενέργεια πιέσεως, που διαθέτουν τα αέρια, μετατρέπεται σε κινητική μέσα στο διανομέα και στη συνέχεια λόγω δράσεως παρέχεται ως μηχανική ενέργεια πάνω στο στροφείο. Στους δεύτερους, οι οποίοι είναι



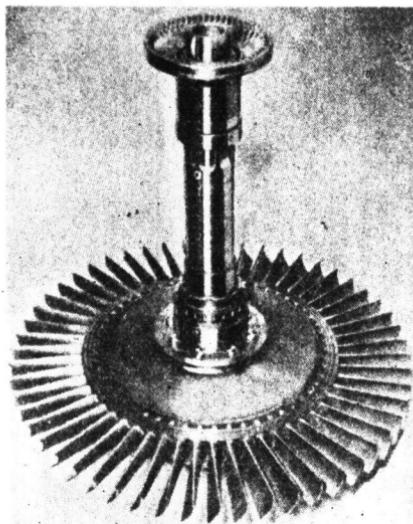
Σχ. 100.5α.

και περισσότερο διαδεδομένοι στην αεροναυτική, η μετατροπή συντελείται κατά ένα ποσοστό μέσα στο διανομέα, ενώ κατά το υπόλοιπο μέσα στο στροφείο. Και οι δύο αποδίδονται ως μηχανική ενέργεια πάνω στο στροφείο. Η σχέση μεταξύ του έργου, το οποίο παράγεται λόγω δράσεως μέσω της κινητικής ενέργειας των αερίων, προς το έργο, το οποίο παράγεται μέσα στο στροφείο λόγω αντιδράσεως που προέρχεται από την εκτόνωση των αερίων μέσα σε αυτό, ονομάζεται, όπως και στους ατμοστρόβιλους, **βαθμός αντιδράσεως**.

Είναι προφανές από τα παραπάνω ότι στρόβιλοι καθαρής μόνο αντιδράσεως δεν υπάρχουν, αλλά αυτοί που ονομάζονται έτσι είναι στρόβιλοι μικτής ενέργειας των αερίων, δηλαδή δράσεως και αντιδράσεως ταυτόχρονα.

Η πορεία των καυσαερίων στους ακτινικούς στροβίλους ακολουθεί κατεύθυνση από το κέντρο προς την περιφέρεια. Σε εγκαταστάσεις μικρής ιπποδυνάμεως πάντως βρίσκει εφαρμογή και ο στρόβιλος ακτινικής ροής των καυσαερίων από την περιφέρεια προς το κέντρο.

Στο σχήμα 100.5β εικονίζεται στροφείο αεριοστρόβιλου, πάνω στο οποίο διακρίνονται τα πτερύγια. Αυτά υπόκεινται και σε καμπτικές δυνάμεις λόγω της ενέργειας των καυσαερίων, και σε έλκτικές λόγω των φυγοκέντρων δυνάμεων, που αναπτύσ-

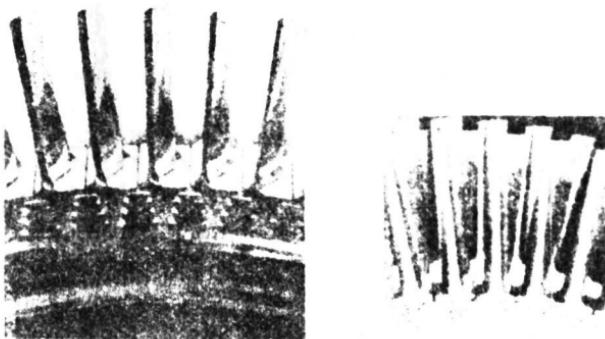


Σχ. 100.5β.

σονται κατά την περιστροφή κάτω από υψηλές ταχύτητες. Για λόγους αντοχής του υλικού τους είναι απαραίτητο να ελέγχεται η θερμοκρασία στην οποία εργάζονται, δεδομένου ότι η αντοχή του υλικού ελαττώνεται, όσο αυξάνει η θερμοκρασία.

Στην προηγούμενη παράγραφο είπαμε ότι ο έλεγχος αυτός της μέγιστης θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με ειδική διάταξη του συστήματος τροφοδοτήσεως με καύσιμο, ώστε αυτή με τα γνωστά μέχρι σήμερα υλικά να μην υπερβαίνει τους 850°C .

Εκτός από το πρόβλημα της θερμομηχανικής αντοχής του υλικού, ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα στους αεριοστρόβιλους είναι και αυτό της κατασκευής και προσαρμογής των πτερυγίων σε αυτούς. Τα πτερύγια κατασκευάζονται από ειδικό νικελιοχρωμιούχο κράμα και η προσαρμογή τους πάνω στο στροφείο γίνεται κατά τις μεθόδους του σχήματος 100.5γ, οι οποίες πάντως είναι ήδη γνωστές από τους ατμοστρόβιλους. Εσχάτως μελετάται και η μέθοδος προσαρμογής των πτερυγίων με συγκόλληση.



Σχ. 100.5γ.

100.6 Ο αναθερμαντήρας.

Κατά κανόνα στους αεριοστρόβιλους η θερμοκρασία των καυσαερίων κατά την εξαγωγή τους από το στρόβιλο είναι υψηλότερη από εκείνη που έχει ο αέρας κατά την έξοδό του από το συμπιεστή. Για λόγους εκμεταλλεύσεως της θερμότητας των καυσαερίων είναι αναγκαίο να χρησιμοποιείται εναλλακτήρας θερμότητας (αναθερμαντήρας), ο οποίος προθερμαίνει τον αέρα, που οδεύει προς τους θαλάμους καύσεως, με τη θερμότητα αυτή των καυσαερίων, ώστε να εξοικονομείται ποσότητα

Θερμότητας και το καύσιμο που χύνεται μέσα στους θαλάμους καύσεως να είναι λιγότερο.

Βέβαια αυτή η ανάκτηση μέρους της θερμότητας των καυσαερίων δεν γίνεται τελείως χωρίς αντάλλαγμα, γιατί η παρεμβολή του αναθερμαντήρα προκαλεί απώλειες πιέσεως σε βάρος του αφέλιμου έργου όλου του κυκλώματος. Η απόδοση του αναθερμαντήρα κυμαίνεται σε ποσοστό 75% περίπου.

Οι αναθερμαντήρες κατασκευάζονται σε δύο βασικούς τύπους: Σταθεροί και περιστρεφόμενοι. Οι σταθεροί είναι συνηθισμένοι τύπου ενάλλακτήρες επιφανειακής μεταδόσεως της θερμότητας, ενώ οι περιστρεφόμενοι κατασκευάζονται από περιστρεφόμενη μήτρα που αποτελείται από λεπτά ελάσματα. Η μήτρα αυτή κατά την κίνησή της περνά συνεχώς από τα θερμά αέρια στον ψυχρό αέρα, μεταδίδοντας έτσι σε αυτόν την θερμότητα που παραλαμβάνει από τα καυσαέρια.

100.7 Τα υλικά κατασκευής των αεριοστροβίλων.

Οι υψηλές θερμοκρασίες και οι υψηλές καταπονήσεις που αναπτύσσονται στους αεριοστροβίλους, δημιουργούν πραγματικό πρόβλημα και στα υλικά κατασκευής τους. Οι θερμοκρασίες πρέπει κατά κανόνα να είναι υψηλές στους θαλάμους καύσεως και στον κυρίως στρόβιλο, για να έχομε καλό θερμικό βαθμό αποδόσεως του αεριοστροβίλου. Οι καταπονήσεις εξάλλου του υλικού είναι υψηλές εξαιτίας της υψηλής ταχύτητας περιστροφής των στροφείων και διότι, ιδιαίτερα στις αεροναυτικές κατασκευές, είναι αναγκαίο να ελαττωθεί στο ελάχιστο το βάρος και ο όγκος του αεριοστροβίλου, κι αυτό επιτυγχάνεται, όπως είναι γνωστό, με τη μεγάλη περιστροφική ταχύτητα του στροβίλου.

Το υλικό το οποίο περιορίζει κυρίως την εξέλιξη του αεριοστροβίλου, είναι το υλικό των πτερυγίων. Τα πτερύγια περιβάλλονται από ρεύμα πολύ θερμών αερίων και καταπονούνται, από φυγοκεντρικές δυνάμεις υψηλής τιμής, κατ' εφελκυσμό. Υπό τις συνθήκες αυτές δεν ενδιαφέρει, ως συνήθως, το φορτίο θραύσεως του υλικού, αλλά τα χαρακτηριστικά συνοχής και παραμορφώσεώς του.

Τα μέταλλα δηλαδή, όταν βρίσκονται σε θερμοκρασία μερικών εκατοντάδων βαθμών και υπόκεινται σε καταπόνηση, έστω και μικρότερη από αυτή του φορτίου θραύσεως τους, παραμορφώνονται συνεχώς κατά την έννοια της καταπονήσεως. Η τελική θραύση επέρχεται πέρα από την οριακή παραμόρφωση του

υλικού, μετά χρονική περίοδο που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ένταση της καταπονήσεως.

Πριν αρχίσει η κατασκευή αεριοστροβίλων, υπήρχαν λίγα μόνο κράματα μετάλλων προϊκισμένα με καλά αλλά όχι πάντως επαρκή χαρακτηριστικά συνοχής. Για το λόγο αυτό καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια έρευνας στον τομέα των υλικών, η οποία ήδη έχει αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Ένα κράμα που χρησιμοποιείται για τα πτερύγια, είναι το λεγόμενο «Nimonic 80», το οποίο περιέχει: άνθρακα 1%. πυρίτιο 1,0%, μαγγάνιο 1,0%, σίδηρο 5%, χρώμιο 19-22%, τιτάνιο 1,5-3%, αλουμίνιο 0,5-1,5% και το υπόλοιπο νικέλιο. Άλλο κράμα επίσης σε ευρεία χρήση είναι το «Vitallium», το οποίο αποτελείται κατά βάση από κοβάλτιο, χρώμιο και μολυβδαίνιο.

Με τα παραπάνω κράματα, στις αεροναυτικές κατασκευές, όπου η διάρκεια χρήσεως των κινητήρων είναι σχετικά μικρή, είναι δυνατό να αντιμετωπισθούν πολύ μεγάλες θερμοκρασίες 850 έως 1000°C κάτω από αντίστοιχη καταπόνηση σε εφελκυσμό 25 kg/mm² περίπου.

Για τα σταθερά πτερύγια του διανομέα, που υπόκεινται βασικά μόνο στην επίδραση της θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται το κράμα «Nimonic 75» ανάλογο προς το «Nimonic 80».

Για το δίσκο του τροχού του στροβίλου, που βρίσκεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και καταπονείται λιγότερο, χρησιμοποιείται συνήθως το κράμα «G 18 B» της ακόλουθης περίπου συνθέσεως: άνθρακας 0,4%, νίκελιο 13,5%, χρώμιο 13,5%, βολφράμιο 2,5%, μολυβδαίνιο 2%, κοβάλτιο 10%, νιόβιο και ταντάλιο 2,8%.

Για τους φλογοσωλήνες των θαλάμων καύσεως, όπου απατείται υψηλή αντοχή στη θερμοκρασία και τη διάβρωση, χρησιμοποιείται το «Nimonic 80», ενώ το εξωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από κοινά χαλύβδινα ελάσματα.

Στους συμπιεστές δεν υπάρχει η επίδραση της θερμοκρασίας. Με τη χρησιμοποίηση ελαφρών κραμάτων είναι δυνατό να ελαττωθούν οι καταπονήσεις σε αυτούς. Μόνο όταν έχουν υψηλή σχέση συμπιέσεως με υψηλή αντίστοιχη θερμοκρασία, κατασκευάζονται από κράματα ειδικών χαλύβων. Αυτό ειδικά συμβαίνει στους αξονικούς συμπιεστές.

Πρέπει να σημειωθεί τόσο για τους στροβίλους όσο και για τους συμπιεστές ότι, όταν τα πτερύγια του στροφείου αντικρίζουν κατά την περιστροφή του τα πτερύγια του διανομέα ή του διαχυτήρα, γεννιούνται ώσεις, οι οποίες δημιουργούν επικίν-

δυνους κραδασμούς, που μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστα αποτελέσματα, ιδίως όταν επέλθει **συντονισμός**. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερης σημασίας στους συμπιεστές, ενώ στους στροβίλους σχεδόν αποτρέπεται ολοκληρωτικά με την κατασκευή τους κατά τρόπο, ώστε ο αριθμός των πτερυγίων του στροφείου και ο αριθμός των πτερυγίων του διανομέα να είναι αριθμοί «πρώτοι προς αλλήλους».

Οι κραδασμοί των πτερυγίων απαιτούν το υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του συμπιεστή ή να έχει ικανοποιητική αντοχή σε εναλλασσόμενη δυναμική καταπόνηση.

100.8 Βοηθητικά εξαρτήματα των αεριοστροβίλων.

Αυτά είναι ο **εκκινητής** (μίζα), ο **αναπτήρας** και η **αντλία Απάνσεως**.

α) Ο εκκινητής: Οφείλει να είναι σε θέση να περιστρέψει το συμπιεστή με τόση ταχύτητα, όση απαιτείται για μία ικανοποιητική σχέση συμπιέσεως. Η ταχύτητα περιστροφής που προκαλεί είναι περίπου 20-30% της μέγιστης ταχύτητας περιστροφής του αεριοστρόβιλου που βρίσκεται σε λειτουργία. Η συνηθισμένη ισχύς του εκκινητή που απαιτείται κυμαίνεται γύρω στους 10 ίππους.

Ο περισσότερο κατάλληλος τύπος εκκινητή θεωρείται ο ηλεκτρικός, που συνήθως τοποθετείται στο εμπρός άκρο του αεριοστρόβιλου. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιείται αντί ηλεκτρικού εκκινητή μικρός βενζινοκινητήρας, που συνδέεται με τον άξονα του αεριοστρόβιλου μόνο για την εκκίνηση.

β) Ο αναπτήρας: Είναι όργανο τοποθετημένο στο εσωτερικό του θαλάμου καύσεως και χρησιμεύει για να προκαλεί την ανάφλεξη του καυσίμου κατά τη φάση της εκκίνησεως. Για την έναυση του καυσίμου θα ήταν αρκετός ένας συνηθισμένος σπινθηριστής κοντά στον κυρίως εγχυτήρα, αλλά στην πράξη η λύση αυτή, παρά το ότι είναι απλούστατη, δεν είναι δυνατή, γιατί ο σπινθηριστής θα βρισκόταν πάντοτε εκτεθειμένος στην επιδραση·της φλόγας και η διάρκεια ζωής του θα ήταν πολύ μικρή. Αυτό αντιμετωπίζεται με ένα βοηθητικό εγχυτήρα, που τοποθετείται στο πλευρό του κύριου εγχυτήρα, έξω από το φλογοσωλήνα και τον οποίο χειρίζόμαστε ηλεκτρομαγνητικά, και με ένα σπινθηριστή. Όταν ο αεριοστρόβιλος αποκτήσει κατάλληλη ταχύτητα με τη βοήθεια του εκκινητή μπαίνει σε ενέργεια ο βοηθητικός εγχυτήρας, ενώ το καύσιμο, το οποίο ο

τελευταίος χύνει, αναφλέγται από το σπινθηριστή και περιβάλλει τη ζώνη εγχύσεως του κύριου εγχυτήρα. Αυτός δέχεται ήδη καύσιμο από την αντλία καυσίμου, το οποίο και αναφλεγεται.

Δεδομένου ότι ο σπινθήρας του συνηθισμένου σπινθηριστή μπορεί να παρασυρθεί από το ρεύμα του αέρα που τον περιβάλλει, ιδιαίτερα στους στροβιλοαντιδραστήρες κατά το άναμμα στη διάρκεια της πτήσεως, υπάρχει η τάση να χρησιμοποιείται ο σπινθηριστής με επιφανειακή εκφόρτωση, ο οποίος δεν παρουσιάζει αυτή την αδυναμία. Αυτός έχει χωριστά ηλεκτρόδια μονωμένα με πορσελάνη.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα για την ανάφλεξη αποτελείται από γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής τάσεως, που τροφοδοτεί το πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή. Από το δευτερεύον του παραπάνω μετασχηματιστή εξέρχεται το ρεύμα υψηλής τάσεως που χρειάζεται για την ανάφλεξη.

Στους δακτυλιοειδείς θαλάμους καύσεως αρκεί η ανάφλεξη σε ένα μόνο σημείο τους, επειδή η φλόγα μεταδίδεται αμέσως σε όλους τους εγχυτήρες και επομένως αρκεί ένας μόνο **αναπτήρας**.

Όταν οι θάλαμοι είναι **συλληνοειδείς** και επομένως χωριστοί, επιτυγχάνεται το ίδιο αποτέλεσμα όπως και στους δακτυλιοειδείς θαλάμους με περιφερειακή σύνδεση των θαλάμων με τη βοήθεια μικρών σωληνωτών αγωγών. Έτσι η φλόγα μεταδίδεται από τον ένα θάλαμο στους άλλους, ώστε και στην περιπτώση αυτή να αρκεί πάλι ένας αναπτήρας. Στην πράξη όμως, και για λόγους μόνο ασφάλειας, αντί να τοποθετηθεί ένας μόνο αναπτήρας τοποθετούνται ανά δύο σε θαλάμους που βρίσκονται αντιδιαμετρικά τοποθετημένοι. Οι αγωγοί συνδέσεως εκτός από τον κύριο σκοπό τους, δηλαδή τη μετάδοση της φλόγας, έχουν και δευτερεύοντα σκοπό, την εξίσωση της πιέσεως μεταξύ όλων των θαλάμων.

γ) Η αντλία απόσνοσης: Έχει σκοπό την παροχή του αναγκαίου λιπαντικού λαδιού για τη λίπανση, όπως και στους εμβολοφόρους κινητήρες. Δεδομένου μάλιστα ότι στους αεριοστρόβιλους δεν υπάρχουν πολλά τριβόμενα μέρη ή τεμάχια και ότι οι τριβείς είναι περιορισμένου αριθμού, η ποσότητα του λαδιού που βρίσκεται σε κυκλοφορία είναι μικρή και η ειδική κατανάλωση λαδιού κυμαίνεται σε 1-3 g/Ps.h (γραμμάρια ανά ωριαίο ίππο περίπου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 101

ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

101.1 Συμπιεστής φυγοκεντρικού τύπου.

Σε εγκαταστάσεις ξηράς ο αεριοστρόβιλος χρησιμοποιήθηκε ή έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα στις εξής περιπτώσεις:

- Για την κίνηση των στροβιλοσυμπιεστών υπερπληρώσεως των μηχανών Diesel (με τη δύναμη των ίδιων των καυσαερίων Diesel).
- Για την κίνηση γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.
- Για την κίνηση σιδηροδρόμων.
- Για την κίνηση αυτοκινήτων.

Οι διάφοροι τύποι, που σχεδιάστηκαν για τις παραπάνω περιπτώσεις, διακρίνονται γενικά σε **βραδύστροφους αεριοστρόβιλους μεγάλης ισχύος** και **ταχύστροφους μικρής ισχύος**.

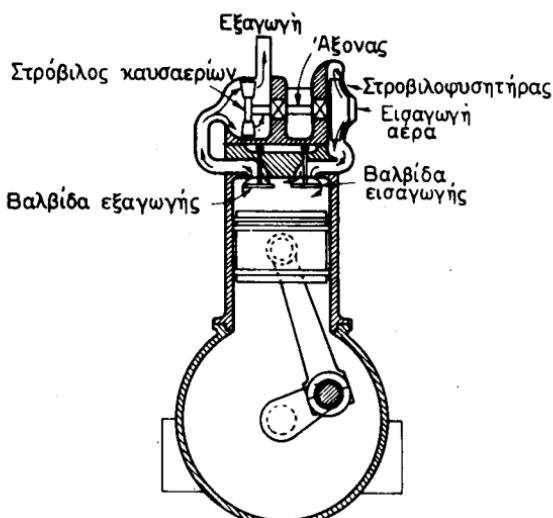
Οι βραδύστροφοι συναγωνίζονται τους βραδύστροφους κινητήρες Diesel και τους ατμοστρόβιλους, κυρίως σε μόνιμες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής. Στις εγκαταστάσεις αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία το βάρος και οι διαστάσεις της μηχανής, ενώ αντίθετα επιδιώκεται οικονομία κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση. Γι' αυτό ο θερμοδυναμικός κύκλος του αεριοστρόβιλου γίνεται περισσότερο πολύπλοκος με τη χρήση των ενδιαμέσων ψυκτήρων στη συμπίεση ή με τις επαναλαμβανόμενες καύσεις, που λαμβάνουν χώρα μεταξύ διαδοχικών εκτονώσεων ή με τους αναθερμαντήρες του αέρα. Οι παραπάνω βοηθητικές λειτουργίες του κυκλώματος συνεισφέρουν προφανώς στη βελτίωση της θερμικής αποδόσεως του κύκλου και συντελούν στην προοδευτική και συνεχώς αυξανόμενη χρησιμοποίηση του νέου αυτού τύπου θερμικού κινητήρα.

Το σχήμα 101.1α παριστάνει τη διάταξη στροβιλοφυσητήρα υπερπληρώσεως μιας μηχανής Diesel, ενώ το σχήμα 101.1β ανάλογο συγκρότημα σε κατασκευαστική τομή. Διακρίνονται η σύνδεση στροβίλου και συμπιεστή πάνω σε κοινό άξονα και από τα βέλη η πορεία των καυσαερίων που κινούν το στρόβιλο και η πορεία του αέρα, ο οποίος συμπιεσμένος από το συμπιεστή οδεύει προς τους κυλίνδρους.

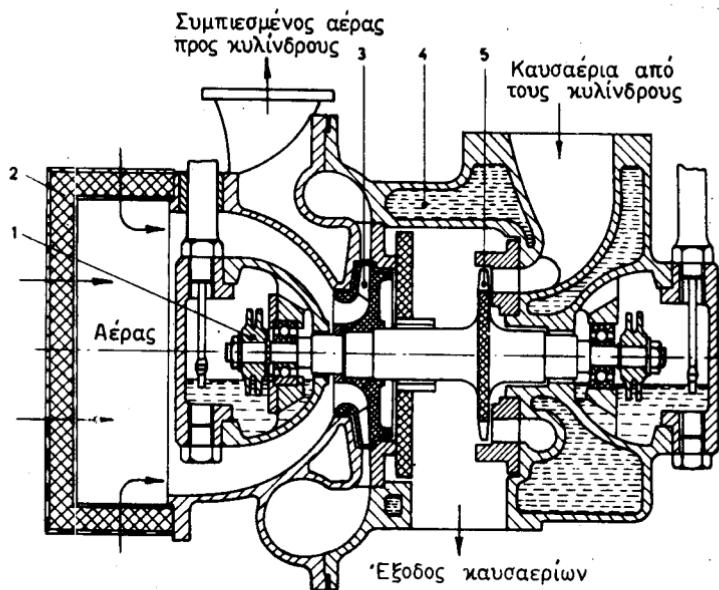
Στο σχήμα 101.1γ εικονίζεται εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής τυπικής μορφής. Πρόκειται για αεριοστρόβιλο ανοικτού κυκλώματος. Αυτός χρησιμοποιείται, όταν η κατανάλωση καυσιμού, που είναι συνήθως μεγάλη, δεν έχει ιδιαίτερη σημασία. Περιπτώσεις όπως αυτή εμφανίζονται, όταν η τιμή του καυσιμού είναι πολύ μικρή ή όταν ο αεριοστρόβιλος λειτουργεί λίγες μόνο ώρες κάθε μέρα, για να καλύψει τις αιχμές του δικτύου. Η εγκατάσταση αυτή είναι σχεδιασμένη για ισχύ γεννήτριας 4000 kW.

Σήμερα κατασκευάζονται μεγαλύτερες μονάδες, μέχρι και 40000 kW και η ΔΕΗ έχει ήδη εγκαταστήσει 4 μονάδες των 12500-14000 kW για την κάλυψη των αιχμών.

Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται η **ενδιάμεση ψύξη**, η **αναθέρμανση**, η **σταδιακή συμπίεση** και η **σταδιακή καύση** και **εκτόνωση**, όπως παριστάνονται στη διάταξη



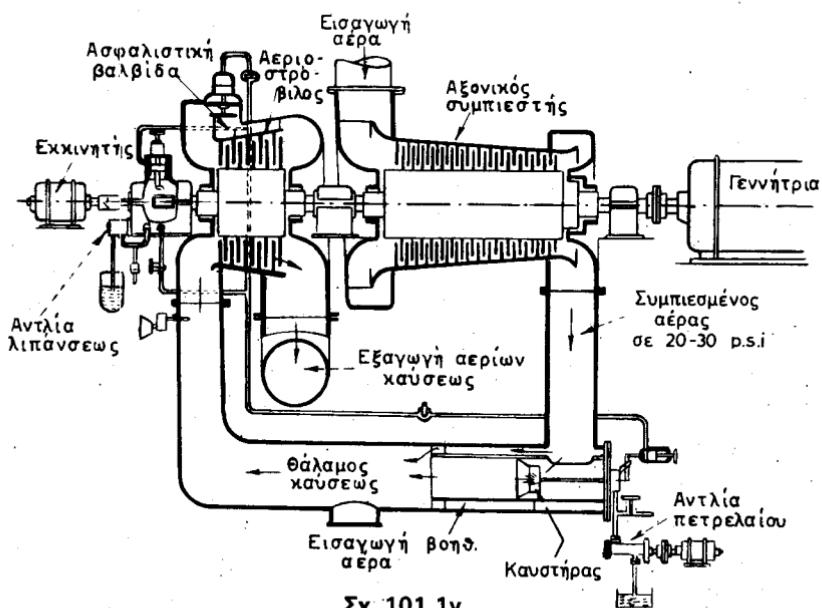
Σχ. 101.1α.



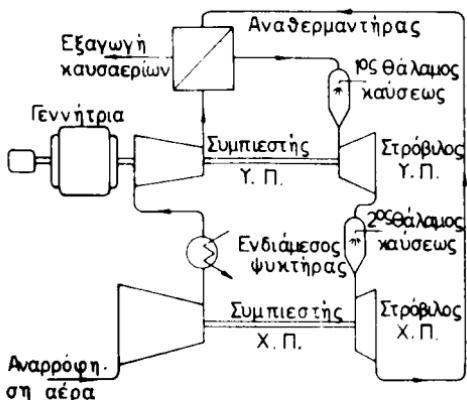
Σχ. 101.1β.

Τομή στροβίλου τύπου Elliot.

- 1) Δίσκοι λιπάνσεως. 2) Φίλτρο αέρα. 3) Φυγοκεντρικός συμπιεστής. 4) Νερό ψύξεως. 5) Αξονικός στρόβιλος.



Σχ. 101.1γ.



Σχ. 101.1δ.

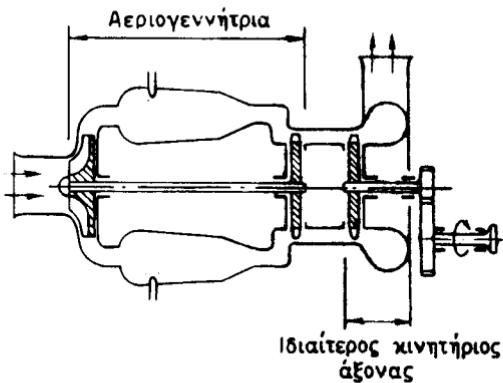
του σχήματος 101.1δ, όπου βλέπομε τα δύο συγκροτήματα ΧΠ και ΥΠ, από τα οποία το δεύτερο μόνο παράγει αφέλιμο έργο. Η απόδοση της εγκαταστάσεως φθάνει συνολικά σε 30% περίπου.

Οι ταχύστροφοι αεριοστρόβιλοι μικρής ισχύος χρησιμοποιούνται ή χρησιμοποιούνται ακόμη δοκιμαστικά, για την κίνηση σιδηροδρόμων, ελκυστήρων κλπ. Η χρησιμοποίησή τους είναι βεβαίως ακόμη περιορισμένη εξαιτίας της ειδικής καταναλώσεώς τους (είναι 500 περίπου γραμμάρια ανά ωριαίο ίππο).

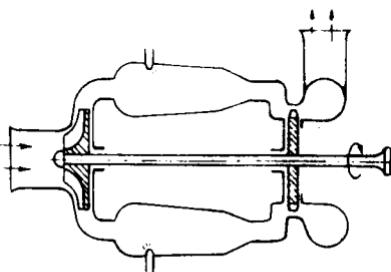
Οι τύποι ταχυστρόφων αεριοστροβίλων που έχουν σχεδιασθεί μέχρι τώρα έχουν υψηλές ταχύτητες περιστροφής (μέχρι και 30000-40000 rpm). Διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, δηλαδή σε αεριοστρόβιλους με δύο ή περισσότερους άξονες (δηλαδή με ιδιαίτερο τον κινητήριο άξονα) και σε αεριοστρόβιλους με ένα μόνο άξονα. Οι δύο διατάξεις εικονίζονται στα σχήματα 101.1ε και 101.1στ, όπου βλέπομε ότι ο αεριοστρόβιλος με ιδιαίτερο τον κινητήριο άξονα (σχ. 101.1ε) έχει δύο ανεξάρτητους μηχανικά άξονες. Από αυτούς ο ένας κινεί το συμπιεστή, ο οποίος μαζί με αυτόν και με τους θαλάμους καύσεως αποτελούν το λεγόμενο συγκρότημα της **αεριογεννήτριας**, ενώ ο άλλος κινεί τον κινητήριο άξονα.

Ο αεριοστρόβιλος με ένα άξονα είναι προφανώς απλούστερος, όπως παριστάνεται και στο σχήμα 101.1στ.

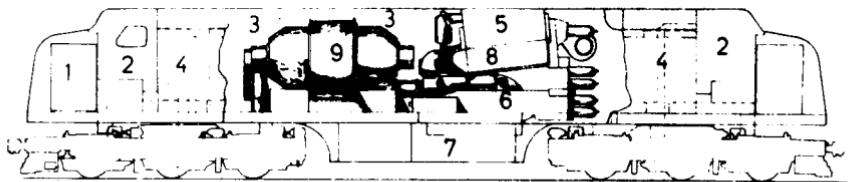
Το σχήμα 101.1ζ παριστάνει την εγκατάσταση αεριοστρόβιλου σιδηροδρόμου με αναθερμαντήρα και βοηθητικό λέβητα καυσαερίων, σε συνδυασμό με μηχανική μετάδοση μέσω οδο-



Σχ. 101.1ε.



Σχ. 101.1στ.



Σχ. 101.1ζ.

- 1) Υδατοδεξαμενή. 2) Θάλαμος χειριστή. 3) Κύρια γεννήτρια. 4) Θάλαμος ελέγχου. 5) Λέβητας καυσαερίων. 6) Αεριοστρόβιλος. 7) Δεξαμενή καυσίμου. 8) Αναθερμαντήρας. 9) Οδοντωτοί τροχοί μεταδόσεως κινήσεως.

ντωτών τροχών της κινήσεως στην κύρια ηλεκτρογεννήτρια και από αυτή ηλεκτροκίνηση των τροχών του σιδηροδρόμου μέσω ηλεκτρικών κινητήρων.

Η κίνηση αυτοκινήτων με αεριοστρόβιλους βρίσκεται στο πειραματικό στάδιο στα μεγάλα εργοστάσια της Αμερικής και της

Ευρώπης. Η προσπάθεια συγκεντρώνεται κυρίως στη διαμόρφωση κατάλληλου αναθερμαντήρα για τις διαστάσεις του αυτοκινήτου, επειδή χωρίς αυτόν η κατανάλωση καυσίμου θα είναι υψηλή και δεν θα υπάρχει επομένως πιθανότητα ο αεριοστρόβιλος να συναγωνισθεί το βενζινοκινητήρα ή τον κινητήρα Diesel. Ανεξάρτητα όμως από αυτό, η χρησιμοποίηση του αεριοστρόβιλου στα αυτοκίνητα, όταν πραγματοποιηθεί, θα προσφέρει και το πλεονέκτημα της καταργήσεως του κιβωτίου ταχυτήτων.

Μία επιτυχής τέλος εφαρμογή των αεριοστροβίλων εμφανίζεται στη λειτουργία του λέβητα Velox, ο οποίος περιγράφεται στον πρώτο τόμο αυτού του βιβλίου στο κεφάλαιο των ατμογεννητριών (§ 15.7), όπου, όπως εκεί έχομε αναφέρει, τα καυσαέρια του λέβητα κινούν τον αεριοστρόβιλο και αυτός τον στροβιλοσυμπιεστή, ο οποίος παρέχει τη μεγάλη ποσότητα αέρα, που απαιτείται για την «υπό πίεση καύση» στο λέβητα αυτό. Ο αέρας εισάγεται στην εστία με πίεση 2,5-3 kg/cm² περίπου.

101.2 Εφαρμογή των αεριοστροβίλων στην πρόωση των πλοίων.

Οι αεριοστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται στα μεγάλα πλοία για την πρόωσή τους, είναι οι βραδύστροφοι μεγάλης ισχύος, ενώ οι ταχύστροφοι μικρών ιπποδυνάμεων χρησιμοποιούνται σε ταχύπλοα μικρά σκάφη ειδικού προορισμού ή και στα μεγάλα σκάφη ως μηχανές ηλεκτροπαραγωγής του πλοίου.

Από αυτούς όσοι χρησιμοποιούνται για την πρόωση διαφέρουν στις γενικές γραμμές από τους αντίστοιχους αεριοστρόβιλους ξηράς, μόνο στο ότι το ωφέλιμο έργο, που αποδίδουν στον κινητήριο άξονά τους, μεταδίδεται με ένα από τους γνωστούς μας τρόπους μεταδόσεως στην έλικα του πλοίου.

Η χρησιμοποίηση αεριοστροβίλων στις εγκαταστάσεις πλοίων παρέχει οικονομία βάρους και κόστους, απλότητα και στερεότητα, έλλειψη κραδασμών και μικρό χρόνο εκκινήσεως. Παρουσιάζει όμως και ένα σοβαρό μειονέκτημα, δηλαδή μικρή απόδοση, ιδίως στα μικρά φορτία, και δυσχέρεια για την αναπόδιση του πλοίου.

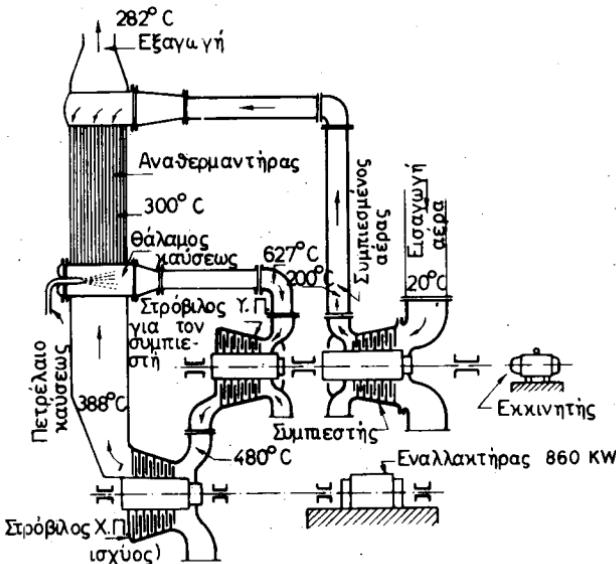
Η αναπόδιση του πλοίου, σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται για την πρόωσή του αεριοστρόβιλος, μπορεί να πραγματοποιείται με ιδιαίτερο στρόβιλο ιπποδυνάμεως 30-50% της ιππο-

δυνάμεως του πρόσω. Στο στρόβιλο αυτό η τοποθέτηση των πτερυγίων γίνεται κατ' αντίθετη έννοια από την τοποθέτηση των πτερυγίων του πρόσω στροβίλου. Στην περίπτωση αυτή πάντως, όταν το πλοίο κινείται προς τα πρόσω, εμφανίζονται μεγάλες απώλειες λόγια παθητικών αντιστάσεων (ανεμισμός του στροβίλου ανάποδα), επειδή ο αεριοστρόβιλος δεν εργάζεται στο κενό.

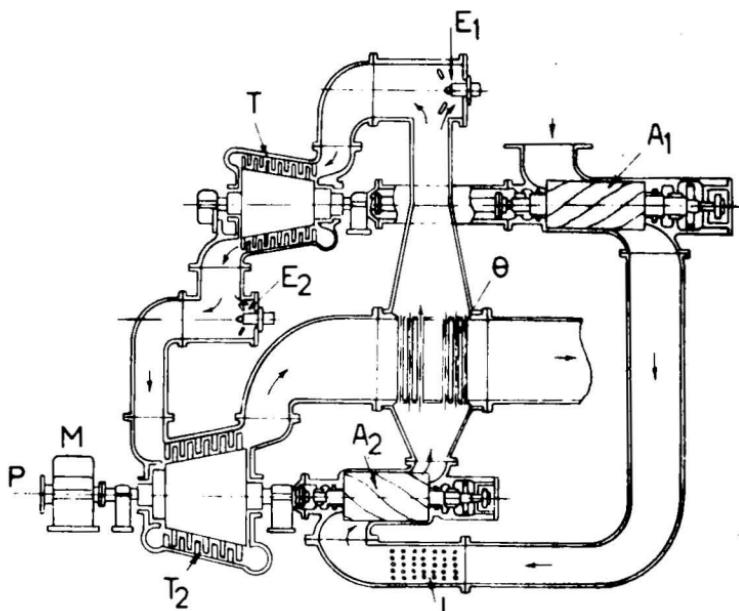
Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι τρόποι για την αναπόδιση του πλοίου:

- Η ιδιαίτερη μηχανή Diesel ή ιδιαίτερος ατμοστρόβιλος για το ανάποδα και τις μικρές ιπποδυνάμεις.
- Η ηλεκτρική μετάδοση μέσω γεννήτριας-κινητήρα.
- Η χρησιμοποίηση έλικας με πτερύγια μεταβλητού βήματος και φοράς.

Το σχήμα 101.2a παριστάνει εγκατάσταση πρώσεως με ηλεκτρική μετάδοση που πραγματοποιήθηκε από τον αγγλικό οίκο Thomson-Houston. Η εγκατάσταση συνοδεύεται από τρεις ακόμη πετρελαιομηχανές Sulzer. Στο ίδιο σχήμα μπορούμε να μελετήσουμε τις θερμοκρασίες αέρα και αερίων κατά τις διάφορες φάσεις λειτουργίας του κυκλώματος. Η όλη εγκατάσταση του αεριοστρόβιλου έχει αφέλιμη ισχύ πρώσεως 1200 HP με



Σχ. 101.2a.



Σχ. 101.2β.

Α₁) Αεροσυμπιεστής Χ.Π. με κοχλιοειδείς λοβούς. Α₂) Αεροσυμπιεστής Υ.Π. με κοχλιοειδείς λοβούς. Ι) Ενδιάμεσο ψυγείο. Θ) Αναθερμαντήρας. Ε₁) Θάλαμος καύσεως Υ.Π. Ε₂) θάλαμος καύσεως Χ.Π. Τ₁) Αεριοστρόβιλος Υ.Π. Τ₂) Αεριοστρόβιλος Χ.Π. Μ) Σύστημα μεταδόσεως της κινήσεως. Ρ) Άξονας έλικα.

ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου 2800 rpm. και συνολική απόδοση 22% περίπου.

Το σχήμα 101.2β παριστάνει άλλη εγκατάσταση πάνω σε πλοίο που εκτελέσθηκε από τον οίκο Elliot.

Τελευταία κατασκευάζονται ταχέα πολεμικά πλοία μικρού και μέσου μεγέθους, τα οποία για την κανονική πορεία τους χρησιμοποιούν οικονομικές μηχανές, όπως π.χ. ατμοστρόβιλους ή μηχανές Diesel, ενώ κατά τον πλουν τους με τη μέγιστη ταχύτητα, που συνήθως δεν διαρκεί πολύ, μπαίνει σε λειτουργία πρόσθετη εγκατάσταση αεριοστρόβιλου.

101.3 Χρήση της ατομικής ενέργειας για την πρώση πλοΐων με αεριοστρόβιλο.

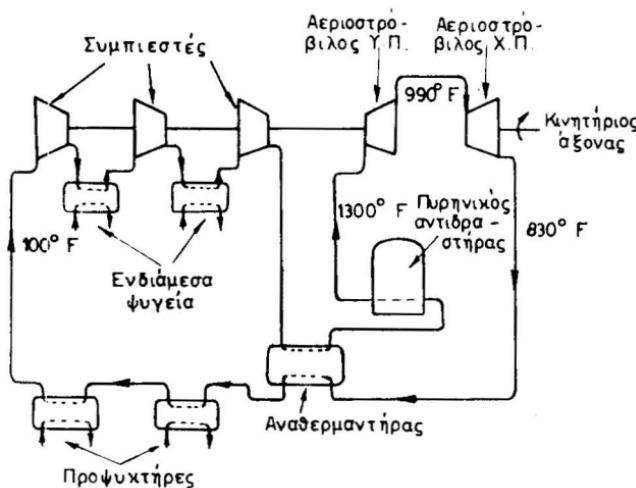
Στον πρώτο τόμο αυτού του βιβλίου (κεφάλαιο 18), αναπτύχθηκε η χρησιμοποίηση της ατομικής ενέργειας για την παραγωγή μηχανικού έργου σε συνδυασμό με ατμοστρόβιλους. Ανά-

λογη προσπάθεια καταβλήθηκε (και βρίσκεται ακόμα στο πειραματικό στάδιο) για τη χρησιμοποίησή της σε συνδυασμό με αεριοστρόβιλο για την πρώση πλοίων.

Η εγκατάσταση έγινε από τα αμερικανικά εργοστάσια General Motors και σχεδιάστηκε για ισχύ 20000 HP. Αυτή εικονίζεται στο σχήμα 101.3, όπου παρατηρούμε ότι προβλέπεται κλειστό κύκλωμα αεριοστρόβιλου. Ως αέριο χρησιμοποιείται το «ήλιο».

Στο σχήμα βλέπομε ότι χρησιμοποιούνται εκτός από τους συμπιεστές και τους στροβίλους, αναθερμαντήρας, ενδιάμεσα ψυγεία και προψυκτήρες. Ο αντιδραστήρας έχει τη θέση του αεριολέβητα και παρέχει την ενέργεια του ως θερμότητα στο αέριο «ήλιο» του κλειστού κυκλώματος.

Το «ήλιο» βγαίνει από τον αντιδραστήρα με θερμοκρασία 1300° F περίπου και μπαίνει στον αεριοστρόβιλο ΥΠ, ο οποίος κινεί τρεις συμπιεστές ΥΠ πάνω στον ίδιο άξονα. Στη συνέχεια οδεύει προς το στρόβιλο ΧΠ (που είναι και ο στρόβιλος προώσεως) με θερμοκρασία 990° F, βγαίνει από αυτόν με θερμοκρασία 830° F και μπαίνει στον αναθερμαντήρα. Στη συνέχεια περνά από τους προψυκτήρες και με θερμοκρασία 100° F περίπου μπαίνει στους συμπιεστές, όπου συμπιέζεται καθώς ψύχεται ανάμεσα σε αυτούς. Τέλος από τους συμπιεστές οδεύει στον αναθερμαντήρα και από εκεί στον πυρηνικό αντιδραστήρα, όπου θερμαίνεται και αρχίζει πάλι το ίδιο κύκλωμα λειτουργίας.



Σχ. 101.3.

101.4 Εφαρμογή των αεριοστροβίλων για την πρόωση των αεροσκαφών.

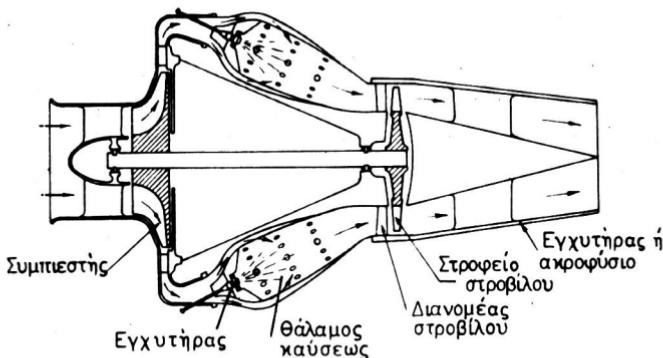
Η εφαρμογή του αεριοστρόβιλου στην πρόωση των αεροσκαφών υπήρξε ραγδαία και εντυπωσιακή κατά τα τελευταία 25 περίπου χρόνια και έδωσε νέα μορφή και ώθηση στην αεροπορία γενικά, αλλά ακόμα και στην εξέλιξη των **αυτοπροωθουμένων βιημάτων**. Έτσι, ο αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος στην περισσότερο απλή του μορφή εφαρμόσθηκε με μεγάλη επιτυχία και σήμερα έχει επικρατήσει σχεδόν τελείως, αφού εκτόπισε τους παλαιούς βενζινοκινητήρες των ελικοκινήτων αεροπλάνων.

Ο αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος, ο οποίος στην περίπτωση αυτή έχει το μικρότερο βάρος, παίρνει τη μορφή του **στροβιλοαντιδραστήρα** (turbo-jet), που, όπως διακρίνεται στο σχήμα 101.4α, φέρει πάνω σε ένα άξονα τοποθετημένα όλα τα στοιχεία της εγκαταστάσεως, δηλαδή το **συμπιεστήρι**, το **θάλαμο καύσεως**, το **στρόβιλο** και τον **εγχυτήρια ή ακροφύσιο**.

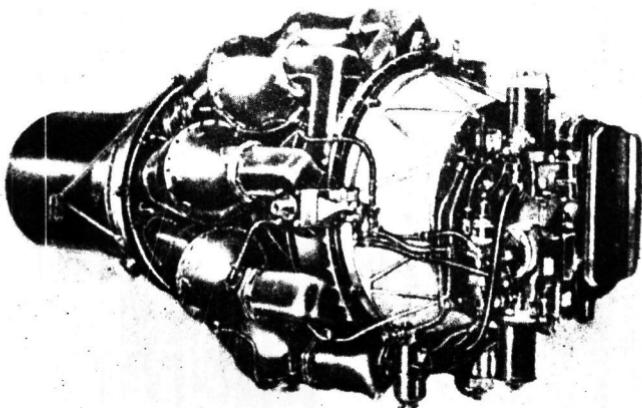
Η εγκατάσταση είναι έτσι υπολογισμένη, ώστε τα καυσαέρια να δίνουν στο στρόβιλο μόνο την ισχύ που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή. Έτσι βγαίνουν από το στρόβιλο με υψηλή πίεση και θερμοκρασία, δηλαδή με μεγάλη θερμική ενέργεια, που μετατρέπεται σε κινητική μέσα στο ακροφύσιο ή εγχυτήρια (όπως περίπου αυτό γίνεται μέσα στα ακροφύσια των ατμοστροβίλων). Μέσα στο ακροφύσιο αυτό τα αέρια εκτονώνται μέχρι την πίεση της ατμόσφαιρας και αποκτούν πολύ μεγάλη ταχύτητα εξόδου. Έτσι το καθαρό έργο της εγκαταστάσεως είναι η μεγάλη κινητική ενέργεια της δέσμης των καυσαερίων. Αυτή, σύμφωνα με την αρχή της αντιδράσεως, ασκεί μία αντίθετη προς τη φορά της εκροής της ωστική πλέον δύναμη πάνω στο στροβιλοαντιδραστήρα και από αυτόν στο αεροσκάφος, πάνω στο οποίο ο τελευταίος είναι σταθερά προσαρμοσμένος. Κατ' αυτόν τον τρόπο το αεροσκάφος κινείται προς τα εμπρός με μεγάλη ταχύτητα, που υπερβαίνει μερικές φορές ακόμα και την ταχύτητα του ήχου (**υπερηχητική ταχύτητα**).

Το σχήμα 101.4β παριστάνει στροβιλοαντιδραστήρα τύπου Rolls-Royce, ενώ το σχήμα 101.4γ τύπου Avon.

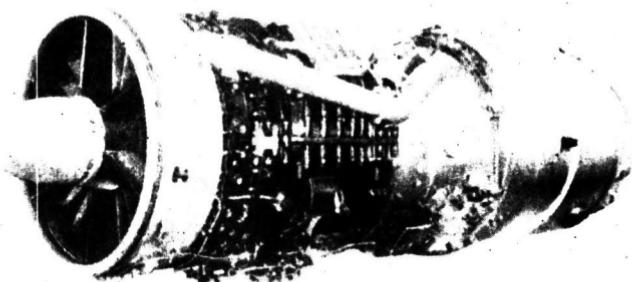
Σε όσες περιπτώσεις επιδιώκεται η αύξηση της πρωθητικής αποδόσεως του στροβιλοαντιδραστήρα και με θυσία της κατασκευαστικής του απλότητας, χρησιμοποιείται ειδική διάταξη επαυξήσεως της ωστικής δυνάμεώς του. Αυτή συνίσταται σε



Σχ. 101.4α.



Σχ. 101.4β.

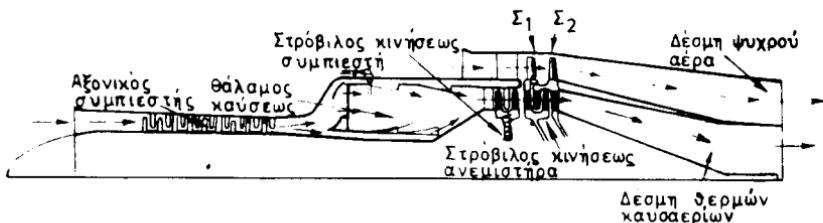


Σχ. 101.4γ.

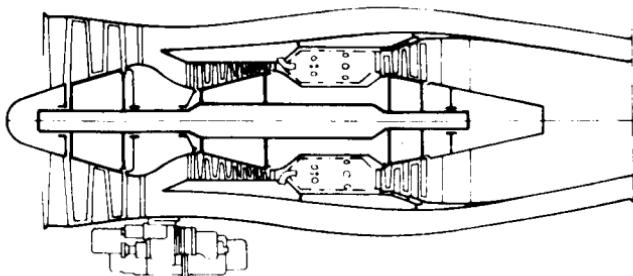
προσθήκη ανεμιστήρα που λειτουργεί μέσα σε δακτυλιοειδή σωλήνα, που περιβάλλει το στροβιλοαντιδραστήρα και ο οποίος στέλνει ψυχρό αέρα που περνά γύρω από τὸν κινητήρα. Το όλο σύστημα εικονίζεται στο σχήμα 101.4δ. Αποτελείται από δύο στροφεία Σ_1 , Σ_2 , που περιστρέφονται αντίθετα και τα οποία στρέφονται από δύο στροβίλους, που τοποθετούνται αμέσως μετά τον κύριο στροβίλο. Έτσι στη μάζα των καυσαερίων προστίθεται και η μάζα του αέρα, που προέρχεται από τον ανεμιστήρα, η οποία και προσφέρει τη δική της δύναμη ώσεως. Είναι γεγονός ότι η ενιαία ταχύτητα της δέσμης καυσαερίων-αέρα ελαττώνεται, αλλά η συνολική μάζα τους αυξάνει κατά πολὺ υψηλότερη αναλογία, ώστε η τελική ώθηση να είναι και αυτή μεγαλύτερη.

Ο παραπάνω τύπος στροβιλοαντιδραστήρα καλείται **στροβιλοαντιδραστήρας διπλής ροής** ή κατά την αμερικανική ορολογία «Turbo-Fan», που σημαίνει **στροβιλοανεμιστήρας**. Το σχήμα 101.4ε τον παριστάνει στο σύνολο της εγκαταστάσεώς του.

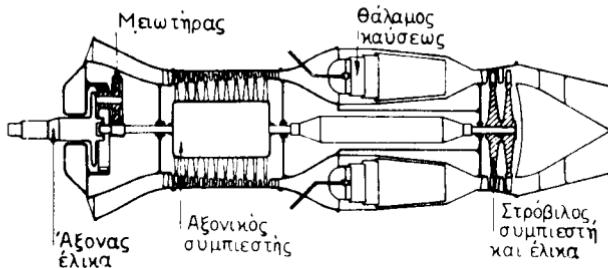
Οι στροβιλοανεμιστήρες χρησιμοποιούνται σε αερoplάνα υψηλών ταχυτήτων, αλλά κατωτέρων της ταχύτητας του ήχου και είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για τα αεροσκάφη της πολιτικής αεροπορίας, δεδομένου ότι παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτή-



Σχ. 101.4δ.



Σχ. 101.4ε.



Σχ. 101.4στ.

ματα σημασίας για τα αεροσκάφη αυτά, όπως λιγότερο θόρυβο, μικρότερη ειδική κατανάλωση κατά την πτήση διάρκειας και μεγαλύτερη δύναμη ώσεως (ωθήσεως) σε σχέση με το ειδικό βάρος του κινητήρα.

Εκτός από όσα προαναφέρθηκαν, σε ορισμένα αεροσκάφη χρησιμοποιείται μερικές φορές ο αεριοστρόβιλος ως κινητήρια μηχανή της έλικάς τους. Το σύστημα, που ονομάζεται συνδυασμός στροβίλου και έλικα (turbo-prop) και χρησιμοποιείται σε αεροσκάφη μέσης ταχύτητας, παριστάνεται στη γενική του μορφή στο σχήμα 101.4στ. Στο σύστημα αυτό τα καυσαέρια παρέχουν όλη σχεδόν την ενέργειά τους στο στροβίλο, ο οποίος με τη ωφέλιμη ισχύ του περιστρέφει την έλικα προώσεως του αεροσκάφους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 102

ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Όπως ήδη αναφέρθηκε (§ 100.7), υπάρχει σοβαρός περιορισμός λόγω των θερμοκρασιών, στις οποίες εργάζονται τα διάφορα μέρη του αεριοστρόβιλου, εξαιτίας της περιορισμένης αντοχής των υλικών κατασκευής των αεριοστροβίλων στις υψηλές θερμοκρασίες. Εξαιτίας του περιορισμού αυτού δεν είναι δυνατό να θερμανθεί πολύ ο αέρας στο θάλαμο καύσεως, ώστε η θερμότητα (η οποία εν συνεχείᾳ θα μετατραπεί σε μηχανικό έργο) να παρέχεται με υψηλή θερμοκρασία, πράγμα απαραίτητο για την υψηλή απόδοση του θερμικού κύκλου του κινητήρα (β' Νόμος της Θερμοδυναμικής).

Έτσι σήμερα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις βραδυστρόφων, ως επί το πλείστον, αεριοστροβίλων, η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 700° C για βαρύ πετρέλαιο ή τους 850° C για πετρέλαιο Diesel. Σε εγκαταστάσεις ταχυστρόφων αεριοστροβίλων, που εργάζονται συνήθως επί μικρά χρονικά διαστήματα και υποβάλλονται σε συχνές και επιμελημένες επιθεωρήσεις κλπ., όπως π.χ. οι αεριοστρόβιλοι μικρών ταχυπλόων σκαφών και όλων των αεροπλάνων, οι θερμοκρασίες φθάνουν μέχρι και 1000° C κατά μέγιστο.

Ένας απλός αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος με καύση βαρέος πετρελαίου χωρίς αναθερμαντήρα θα έχει πραγματική ή **ωφέλιμη απόδοση** 20% περίπου, ενώ με την προσθήκη του αναθερμαντήρα η απόδοσή του μπορεί να φθάσει μέχρι και 27%. Στη δεύτερη πάλι περίπτωση, δηλαδή με καύση πετρελαίου Diesel, η απόδοσή του φθάνει σε 24% και με την προσθήκη του αναθερμαντήρα μέχρι και 30%. Στην τρίτη τέλος περίπτωση των αεριοστροβίλων ταχυπλόων μικρών σκαφών και αεροπλάνων αυτή κυμαίνεται από 30-35% ενίοτε.

Με πολυπλοκότερες εγκαταστάσεις αεριοστροβίλων, οι οποίες έχουν περισσότερες από μία βαθμίδες συμπιέσεως, καύσεως και εκτονώσεως ή και με συνδυασμό αεριοστρόβιλου και

ατμοστρόβιλου επιτυγχάνονται μεγαλύτερες ακόμη αποδόσεις, αλλά τότε ο αεριοστρόβιλος χάνει το μεγαλύτερό του πλεονέκτημα την απλότητα. Ακριβώς για το λόγο αυτό, εκτός της αεροπορίας ο ατμοστρόβιλος χρησιμοποιείται σήμερα εκεί, όπου μας ενδιαφέρει κυρίως η απλότητα της εγκαταστάσεως και η μικρή δαπάνη αγοράς και λιγότερο συνεπώς η δαπάνη σε καύσιμο ή η δαπάνη συντηρήσεώς του.

Η **ισχύς** του αεριοστρόβιλου εξαρτάται από δύο παράγοντες. Πρώτο από τις **συνθήκες λειτουργίας** του (θερμοκρασία καύσεως, συμπιέσεως κλπ.) και δεύτερο από την ποσότητα του αέρα που κυκλοφορεί, δηλαδή την **παροχή** του αέρα. Ανάλογα προς αυτή, κατά τα γνωστά, είναι η ποσότητα του καυσίμου που μπορούμε να κάψουμε στο θάλαμο καύσεως, χωρίς να υπερβούμε ορισμένες θερμοκρασίες, δηλαδή η ενέργεια που χορηγούμε στην εγκατάσταση και συνεπώς και η ωφέλιμη ενέργεια που μας αποδίδει αυτή. Η παροχή του αέρα πάλι καθορίζει το μέγεθος της εγκαταστάσεως, δηλαδή του συμπιεστή του στροβίλου και του θαλάμου καύσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 103

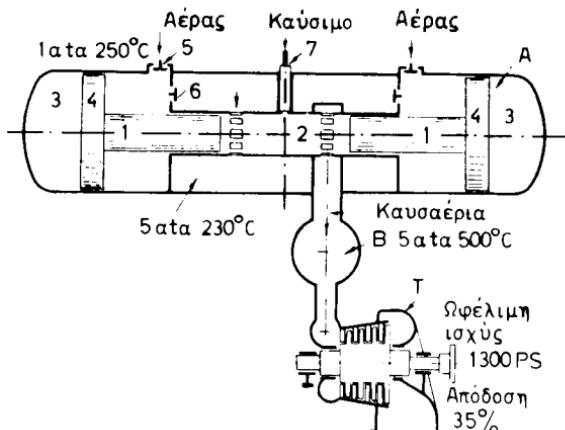
ΕΙΔΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΜΕ ΜΗΧΑΝΗ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΕΜΒΟΛΩΝ

Η διάταξη αεριοστρόβιλου με μηχανή ή, όπως αλλιώς λέγεται, με **αεριοενισχυτή** ελευθέρων εμβόλων αναπτύχθηκε στη Γαλλία, όπου και κατασκευάζεται σήμερα από τα εργοστάσια S.I.G.M.A. και Sulzer της Ελβετίας.

Η όλη εγκατάσταση αποτελείται από μία ή περισσότερες μηχανές ελευθέρων εμβόλων A (σχ. 103.1α), που παράγουν καυσαέρια θερμά με πίεση 5 At και θερμοκρασία 500°C περίπου. Με αυτά τροφοδοτούν το στρόβιλο T που παράγει την ωφέλιμη ισχύ της εγκαταστάσεως.

Η μηχανή ελευθέρων εμβόλων είναι βασικά δίχρονος κινητήρας Diesel με δύο έμβολα (1) και (1) που κινούνται αντίθετα και η οποία λειτουργεί με υψηλή υπερπλήρωση από αέρα πιέσεως, ίσης περίπου με αυτήν των καυσαερίων, δηλαδή 5 Atm.

Τον αέρα, που αναρροφά ο κινητήρας, παράγουν δύο συμ-



Σχ. 103.1α.

πιεστές από τις δύο πλευρές του κινητήρα Diesel, των οποίων τα έμβολα (4) και (4) αποτελούν ένα σώμα με τα έμβολα (1) και (1) του κινητήρα.

Ο συμπιεστής αναρροφά ατμοσφαιρικό αέρα με τις βαλβίδες αναρροφήσεως (5) και τον αποβάλλει με τις βαλβίδες καταθλίψεως (6) στο συλλέκτη σαρώσεως του κινητήρα Diesel, του οποίου ο εγχυτήρας (7) φαίνεται στο σχήμα.

Οι χώροι (3) και (3) πίσω από τα έμβολα των συμπιεστών είναι γεμάτοι με αέρα και αποτελούν τους **ουδέτερους θαλάμους συμπιέσεως** ή **αντισταθμιστικούς θαλάμους**.

Η λειτουργία της μηχανής είναι η εξής:

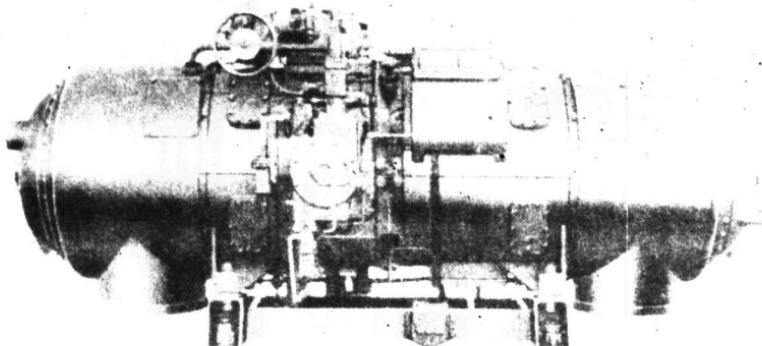
Όταν δεν λειτουργεί, τα δύο έμβολα βρίσκονται πάντοτε στις ακραίες θέσεις τους, οι αντισταθμιστικοί θάλαμοι είναι κενοί και οι κύλινδροι των συμπιεστών γεμάτοι αέρα. Με τον κατάλληλο χειρισμό εκκινήσεως έρχεται (για μία μόνο φορά) πεπιεσμένος αέρας στους δύο αντισταθμιστικούς θαλάμους από ένα εξωτερικό αεροφυλάκιο και ωθεί τα δύο έμβολα με ορμή προς το κέντρο.

Έτσι, οι συμπιεστές συμπιέζουν αέρα και τον στέλνουν στο συλλέκτη σαρώσεως, ενώ το ίδιο γίνεται και στον κινητήρα Diesel. Αυτός, μόλις τα δύο έμβολα του φθάσουν στο κέντρο, δίνει καύσιμο με τον εγχυτήρα, το οποίο αναφλέγεται, ενώ τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση ωθούν τα δύο έμβολα προς τα άκρα.

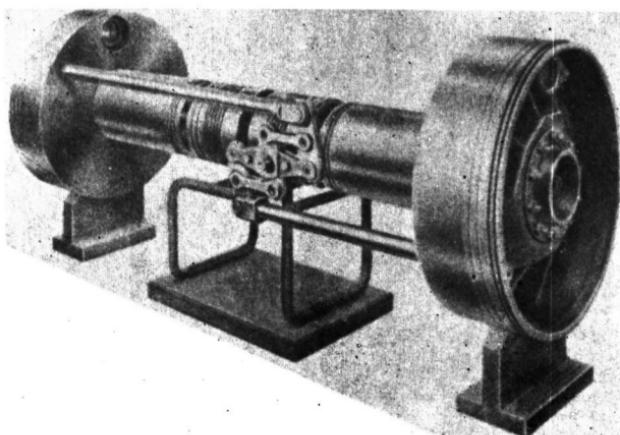
Καθώς τώρα τα δύο έμβολα κινούνται προς τα άκρα, συμπληρώνουν τους χρόνους αναρροφήσεως για τους συμπιεστές, και εκτονώσεως-σαρώσεως για τον κύλινδρο Diesel, αλλά ταυτόχρονα συμπιέζουν και αέρα μέσα στους δύο ουδέτερους θαλάμους συμπιέσεως, με αποτέλεσμα να αυξάνει η πίεση μέσα σε αυτούς. Η αύξηση αυτή της πιέσεως αναγκάζει τα δύο έμβολα αρχικά να σταματήσουν, και στη συνέχεια να κινηθούν πάλι προς το μέσο με ορμή και να επαναληφθούν εξαρχής οι ίδιες, όπως και προηγουμένως λειτουργικές φάσεις της μηχανής.

Στο σχήμα 103.1β εικονίζεται η εξωτερική όψη της μηχανής ελευθέρων εμβόλων, ενώ στο σχήμα 103.1γ ο μηχανισμός που συνδέει τα δύο έμβολα μεταξύ τους και που χρησιμεύει για να ρυθμίζει με ακρίβεια τη συμμετρική θέση των δύο εμβόλων ως προς το μέσο.

Από την όλη περιγραφή αντιλαμβανόμαστε ότι δεν υπάρχει μηχανικό «τέρμα» της διαδρομής των εμβόλων, το οποίο να καθορίζει το ΑΝΣ και το ΚΝΣ αλλά μόνο **ελαστικά προσκεφά-**



Σχ. 103.1β.

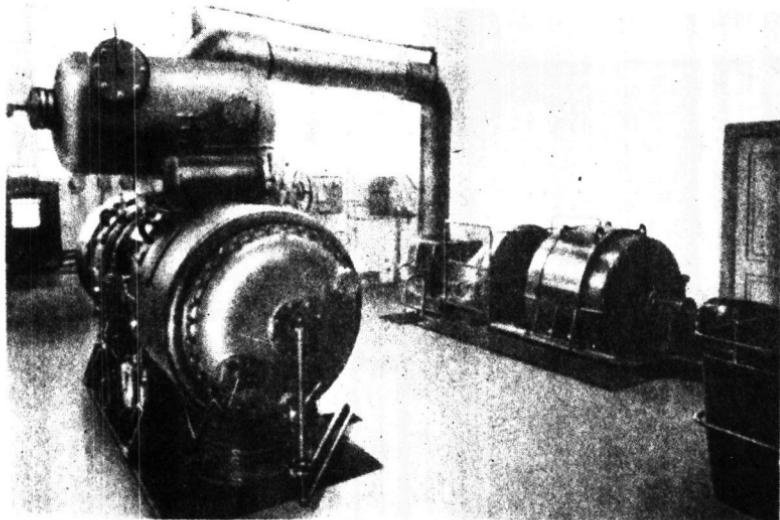


Σχ. 103.1γ.

Λατι. Αυτά είναι για μεν τα ΚΝΣ ο αέρας που συμπιέζεται από τα μεγάλα έμβολα μέσα στους ουδέτερους θαλάμους συμπιέσεως, ενώ για τα ΑΝΣ ο αέρας που συμπιέζεται από τα μικρά έμβολα μέσα στον κύλινδρο της πετρελαιομηχανής.

Είναι προφανές ότι την όλη ωφέλιμη ισχύ του κινητήρα Diesel απορροφούν οι συμπιεστές που εξυπηρετούν την υπερπλήρωσή του. Οι ουδέτεροι θάλαμοι συμπιέσεως δεν απορροφούν ισχύ, εφόσον ότι απορροφούν κατά τη συμπίεση, το αποδίδουν κατά την εκτόνωση του αέρα που περιέχουν.

Έτσι, στην ουσία η μηχανή ελευθέρων έμβολων είναι μία αεριογόνος συσκευή που παράγει τα καυσαέρια, τα οποία, όπως βλέπομε στο σχήμα 103.1α, κινούν τον αεριοστρόβιλο.



Σχ. 103.1δ.

Μία μηχανή αυτού του είδους μπορεί να δώσει ισχύ στροβίλου 950 kW ή 1300 PS, ένας όμως στρόβιλος μπορεί να λειτουργήσει τροφοδοτούμενος από περισσότερες από μία (μέχρι και 8) μηχανές, οπότε και θα δίνει αντίστοιχα έως και 7600 kW ή 10400 PS.

Η συνολική απόδοση μιας εγκαταστάσεως του είδους αυτού κυμαίνεται περίπου σε 35%, βρίσκεται δηλαδή μεταξύ της απόδοσεως που έχουν οι αεριοστρόβιλοι και οι κινητήρες Diesel. Το ίδιο συμβαίνει και με το βάρος και τη δαπάνη αγοράς. Είναι δηλαδή μεγαλύτερα από αυτά των αεριοστροβίλων και μικρότερα από των κινητήρων Diesel.

Για τους λόγους αυτούς οι εγκαταστάσεις αυτού του τύπου, που προς το παρόν χρησιμοποιούνται κυρίως μόνο σε εγκαταστάσεις ξηράς για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δεν είναι πολύ διαδεδομένες.

Στο σχήμα 103.1δ εικονίζεται πλήρης εγκατάσταση αεριοστρόβιλου αυτού του είδους με μία μόνο μηχανή ελευθέρων εμβόλων ισχύος 750 kW.

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ
ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 104
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΕΡΙΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

104.1 Ορισμός και είδη αεροσυμπιεστών.

Ο αεροσυμπιεστής είναι μηχάνημα που έχει σκοπό να παράγει πεπιεσμένο αέρα. Ο πεπιεσμένος αέρας βρίσκεται μεγάλης εφαρμογής στη βιομηχανία και την Τεχνική, αλλά και στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου.

Οι αεροσυμπιεστές δεν ανήκουν στην κατηγορία των κινητηρίων μηχανών, γιατί δεν παράγουν έργο, αλλά αντίστροφα απορροφούν έργο για να εκπληρώσουν το σκοπό τους. Γι' αυτό και χαρακτηρίζονται ως **εργομηχανές**. Έχουν όμως συμπεριληφθεί στο βιβλίο αυτό λόγω της ευρύτατης χρήσεώς τους και λόγω του ότι είναι στενά συνδεμένοι με τη λειτουργία των κινητηρίων μηχανών. Ο πεπιεσμένος αέρας που παράγουν οι αεροσυμπιεστές, χρησιμοποιείται όπως είναι γνωστό, για την απόπλυση ή σάρωση των διχρόνων ΜΕΚ, για την υπερπλήρωση διχρόνων και τετραχρόνων ΜΕΚ, για τη λειτουργία των αεροστροβίλων, για την εκκίνηση μηχανών, και επί πλέον για τη λειτουργία των αεροκινήτων εργαλείων (όπως είναι οι **αερόσφυρες**, οι **αεροκοπίδες**, τα **αεροτρύπανα**) ή για το χρωματισμό με εκτόξευση του χρώματος, για την πλήρωση των αεροθαλάμων των ελαστικών των αυτοκινήτων και για πολλές άλλες περιπτώσεις.

Ο αέρας μπορεί να συμπιεσθεί με τους εξής τρόπους:

α) Με εμβαλοφόρο αεροσυμπιεστή: Στην περίπτωση αυτή ο αέρας εισάγεται μέσα σε κύλινδρο με τη δύναμη του κενού που δημιουργεί το έμβολο του κυλίνδρου κατά τη μία διαδρομή του και στη συνέχεια συμπιέζεται μέσα σε αυτόν κατά την άλλη δια-

δρομή του εμβόλου σε πίεση, η οποία εξαρτάται από το λεγόμενο βαθμό συμπιέσεως του κυλίνδρου, δηλαδή τη σχέση του ολικού όγκου του προς τον όγκο του θαλάμου συμπιέσεως. Με τους εμβολοφόρους συμπιεστές μπορούμε να συμπέσουμε τον αέρα και σε μικρές και σε πολύ μεγάλες πιέσεις, για μικρές όμως παροχές.

β) Με περιστροφικό αεροσυμπιεστή εκτοπίσεως: Στην περίπτωση αυτή ο αέρας συμπιέζεται με κατάλληλα περιστρεφόμενα έμβολα, που ονομάζονται και λοβοί. Ο αεροσυμπιεστής αυτός παρέχει μεγάλες ποσότητες αέρα, με πίεση όμως μικρότερη από εκείνη που επιτυγχάνουμε με τους εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές.

γ) Με περιστροφικό αεροσυμπιεστή ροής: Στην περίπτωση αυτή ο αέρας φυγοκεντρίζεται σε ένα ή περισσότερα στροφεία ή τροχούς και οδηγείται στην περιφέρεια του κελύφους τους σε κατάλληλο οχετό. Εκεί η κινητική του ενέργεια παρέχεται στο δίκτυο για κατανάλωση. Ο τύπος αυτός του περιστροφικού αεροσυμπιεστή λέγεται **φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής** ή αεροσυμπιεστής ακτινικής ροής. Σε άλλη του μορφή ο περιστροφικός αεροσυμπιεστής ροής είναι όμοιος με τους πολυβάθμιους ατμοστρόβιλους με αλλεπάλληλες σειρές κινητών και σταθερών πτερυγίων, οπότε και ονομάζεται **αξονικός αεροσυμπιεστής** ή αεροσυμπιεστής **αξονικής ροής**.

Με τους αεροσυμπιεστές ροής μπορούμε να έχομε πολύ μεγάλη παροχή, αλλά κάτω από χαμηλή πίεση. Υψηλότερες σχετικά πιέσεις μπορούμε να πάρομε με αξονικό συμπιεστή πολλών βαθμίδων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές παρέχουν τις υψηλότερες πιέσεις και ακολουθούν οι αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως και οι αεροσυμπιεστές ροής.

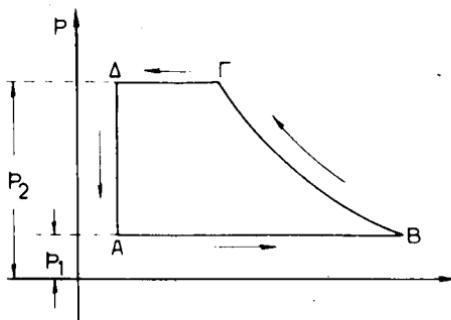
Οι αεροσυμπιεστές κινούνται από κινητήριο μηχάνημα, το οποίο μπορεί να είναι οποιαδήποτε κινητήρια μηχανή ή ηλεκτροκινητήρας με απευθείας μετάδοση της κινήσεως από τον άξονα του κινητήριου μηχανήματος προς τον άξονα του αεροσυμπιεστή, ή με έμμεση μετάδοση μέσω συστήματος μειωτήρων (οδοντωτών τροχών) ή μέσω τροχαλιών και ιμάντα ή και μέσω του συστήματος ηλεκτρικής μεταδόσεως.

Οι αεροσυμπιεστές γενικά χαρακτηρίζονται, ανάλογα με την πίεση του αέρα που παράγουν, σε αεροσυμπιεστές χαμηλών πιέσεων (ΧΠ), μεσαίων πιέσεων (ΜΠ) και τέλος υψηλών πιέσεων (ΥΠ).

104.2 Το θεωρητικό κύκλωμα του αεροσυμπιεστή.

Το κύκλωμα των διαφόρων μεταβολών της καταστάσεως της μάζας του αέρα περιλαμβάνει θεωρητικά τις εξής φάσεις, οι οποίες και παριστάνονται σε σύστημα αξόνων πιέσεων-όγκου p-V (σχ. 104.2):

- α) Την **αναρρόφηση** AB κάτω από σταθερή πίεση p_1 .
- β) Τη **συμπίεσης** BG, την οποία στην πράξη προσπαθούμε να διατηρήσουμε ισοθερμη. Αυτή όμως πραγματοποιείται ως πολυτροπική αλλαγή καταστάσεως.
- γ) Την **κατάθλιψη** GS κάτω από σταθερή πίεση p_2 .
- δ) Την **τροπή** ΔA κάτω από σταθερό όγκο, η οποία και κλείνει το κύκλωμα.



Σχ. 104.2.

Είναι προφανές ότι στην πραγματικότητα η τελευταία φάση δεν υφίσταται, εφόσον την επόμενη σειρά των φάσεων του κυκλώματος δεν ακολουθεί η ίδια μάζα αέρα. Επειδή όμως το αρχικό σημείο του επόμενου κυκλώματος αντιστοιχεί σε νέα φόρτιση, με αέρα των ίδιων πάντοτε χαρακτηριστικών στοιχείων, η οποία αρχίζει από το σημείο A, παραδεχόμαστε ότι το κύκλωμα κλείνει στο σημείο αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 105

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

105.1 Απλός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής.

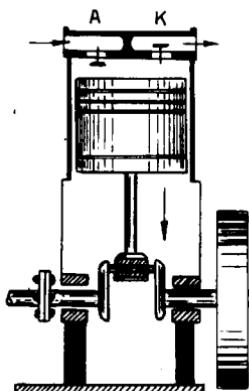
Α) Περιγραφή λειτουργίας του απλού εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.

Ο συμπιεστής αυτός (σχ. 105.1α) αποτελείται από κύλινδρο, ο οποίος στο πώμα του έχει δύο βαλβίδες, μία αναρροφήσεως Α και μία Κ καταθλίψεως του αέρα. Μέσα στον κύλινδρο παλινδρομεί έμβολο το οποίο κινείται από το στροφαλοφόρο άξονα μέσω συστήματος στροφάλου, διωστήρα, πείρου κλπ.

Η λειτουργία του αεροσυμπιεστή είναι η ακόλουθη:

α) Αναρρόφηση: Καθώς το έμβολο κατεβαίνει από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ, δημιουργεί κενό μέσα στον κύλινδρο, λόγω του οποίου ανοίγει η βαλβίδα αναρροφήσεως Α και ο κύλινδρος γεμίζει με αέρα.

β) Συμπίεση και κατάθλιψη: Καθώς το έμβολο ανεβαίνει από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ, ο αέρας, που μπήκε προηγουμένως στον κύλινδρο, συμπιέζεται και κλείνει τη βαλβίδα αναρροφήσεως Α.



Σχ. 105.1α.

Ενόσω το έμβολο συνεχίζει την κίνησή του προς τα πάνω, τόσο ο αέρας συμπιέζεται περισσότερο. Μόλις η πίεσή του γίνει τόση, ώστε να υπερνικήσει τη δύναμη του ελατηρίου που κρατά κλειστή τη βαλβίδα καταθλίψεως K, η τελευταία ανοίγει και ο αέρας με πίεση εκφεύγει προς την κατάθλιψη. Συνήθως γεμίζει ένα **αεροφυλάκιο**, από το οποίο ο πεπιεσμένος αέρας διανέμεται στο δίκτυο για κατανάλωση.

Σε όλους σχεδόν τους αεροσυμπιεστές αυτού του τύπου και η βαλβίδα αναρροφήσεως έχει ελατήριο, μικρής εντάσεως όμως, τόσης, όση απαιτείται για να παραμένει στεγανώς κλειστή, όταν ο συμπιεστής βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

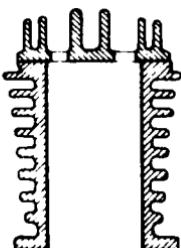
Κατά τη συμπιεσή του, όπως είναι γνωστό, ο αέρας θερμαίνεται και παρουσιάζεται επομένως ανάγκη να ψύχεται ο κύλινδρος κατά τη λειτουργία του αεροσυμπιεστή. Η ψύξη του κυλίνδρου επιτυγχάνεται είτε με αέρα είτε με νερό.

Η ψύξη με αέρα γίνεται στους λεγόμενους αερόψυκτους κυλίνδρους (σχ. 105.1β) σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η συμπιεση είναι μικρή και η θέρμανση του αέρα επίσης μικρή. Τότε ο κύλινδρος κατασκευάζεται πτερυγωτός (σχ. 105.1β), ώστε να παρουσιάζει μεγάλη επιφάνεια επαφής με τον αέρα. Η ψύξη στην περίπτωση αυτή υποβοηθείται και από ανεμιστήρα. Αυτός δημιουργεί ρεύμα αέρα, που περιβάλλει τον κύλινδρο, ώστε να υπάρχει συνεχής ανανέωση του ψυκτικού μέσου.

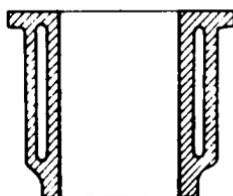
Σε περιπτώσεις όμως, κατά τις οποίες η συμπιεση είναι μεγάλη και η θερμοκρασία του αέρα επίσης μεγάλη, εφαρμόζεται η ψύξη με κυκλοφορία νερού, οπότε ο κύλινδρος κατασκευάζεται με περιχιτώνιο θάλαμο (σχ. 105.1γ), μέσα από τον οποίο κυκλοφορεί το νερό ψύξεως, που καταθλίβει αντλία, όπως και στις περιπτώσεις των ΜΕΚ.

B) Τα μέρη του εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.

Τα μέρη από τα οποία βασικά αποτελείται στο σύνολό του



Σχ. 105.1β.



Σχ. 105.1γ.

ένας εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής, είναι:

α) Το σύστημα **συμπίεσεως** του αέρα, το οποίο αποτελείται από τον **κυλίνδρο** ή τους **κυλίνδρους**, τα **πάντα**, τα **έμβολα** με τα **ελαστήρια** τους και τις **βαλβίδες** αναρροφήσεως και καταθλίψεως.

β) Το σύστημα **κνήσεως** του αεροσυμπιεστή, που αποτελείται από το **στροφαλοφόρο άξονα**, τους **διωστήρες**, τους **πείρους**, το **σφόνδυλο** κλπ. Ο στροφαλοφόρος άξονας κινείται από το κινητήριο μηχάνημα του αεροσυμπιεστή.

γ) Το σύστημα **Απάνσεως** του αεροσυμπιεστή, το οποίο αποτελείται από την **ελαιολεκάνη λαδιού**, την **αντλία λαδιού**, το **ψυγείο λαδιού** και τα **φίλτρα** του. Τα μέρη που λιπαίνονται είναι οι τριβείς εδράνων και διωστήρων, οι πείροι των εμβόλων, οι κύλινδροι, οι διάφοροι οδοντώτοι τροχοί, οι οδηγοί των βαλβίδων κλπ. Σε μεγάλους αεροσυμπιεστές χρησιμοποιείται ιδιαίτερη αντλία, η οποία στέλνει λάδι με πίεση στους κυλίνδρους, όπου συμπιέζεται ο αέρας, για την εσωτερική λίπανσή τους.

δ) Το σύστημα **ψύξης**, που χρησιμεύει για την ψύξη των κυλίδρων των πωμάτων, του αέρα και του λαδιού. Αυτό αποτελείται από την **αντλία νερού**, τα διάφορα **ψυγεία** και τις αντίστοιχες σωληνώσεις τους. Σε αερόψυκτους συμπιεστές υπάρχει μερικές φορές και **ανεμιστήρας** αέρα.

ε) Το σύστημα **σταθερής πέσεως** του αέρα καταθλίψεως, το οποίο ρυθμίζει αυτόμata τη διάρκεια λειτουργίας του συμπιεστή ανάλογα με τη ζήτηση καταναλώσεως, ώστε η πίεση μέσα στο αεροφυλάκιο να παραμένει περίπου σταθερή.

στ/ Το σύστημα **εκφορτώσεως** του αεροσυμπιεστή, που συνεργάζεται με το προηγούμενο της σταθερής πέσεως και έχει σκοπό να ελαττώνει το φορτίο του κινητήριου μηχανήματος από τη συμπίεση του αέρα κατά την έκκινση του αεροσυμπιεστή.

Ω) Το σύστημα **αποθηκεύσεως** και **διανομής** του πεπιεσμένου αέρα, που αποτελείται από μία ή περισσότερες αεροφιάλες, εφοδιασμένες με **βαλβίδες**, με **ασφαλιστικά εποπτόμια**, τις **σωληνώσεις** και τους **διακόπτες** του δικτύου διανομής κλπ.

105.2 Μονοβάθμιοι και πολυβάθμιοι εμβολοφόροι συμπιεστές.

Ο αέρας, όπως είναι γνωστό, όταν συμπιέζεται, θερμαίνεται πολύ. Όταν θέλομε αέρα με μικρή πίεση, τον συμπιέζομε μόνο

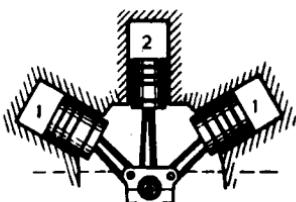
μία φορά σε κύλινδρο, τον οποίο ψύχομε κατά τα γνωστά με νερό ή αέρα. Ο αεροσυμπιεστής αυτός λέγεται τότε **μονοβάθμιος** ή αεροσυμπιεστής μιας **βαθμίδας** ή μιας **φάσεως**.

Όταν όμως απαιτείται αέρας μεγάλης πιέσεως, τότε δεν φθάνει να συμπιεσθεί μια μόνο φορά σε μία μόνο βαθμίδα, δηλαδή σε ένα κύλινδρο, ο οποίος θα έπρεπε άλλωστε να είχε πολύ μεγάλο μήκος, ενώ εξάλλου θα ανέπτυσσε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες κατά τη συμπίεση. Γι' αυτό καταφεύγομε στους **πολυβάθμιους** συμπιεστές. Σε αυτούς συμπιέζομε πρώτα τον αέρα μέσα σε κύλινδρο μεγάλης διαμέτρου, μετά από τον οποίο τον οδηγούμε σε ψυγείο, όπου ψύχεται. Στη συνέχεια τον συμπιέζομε σε δεύτερο κύλινδρο με μικρότερη διάμετρο, όπου η πίεσή του ανεβαίνει περισσότερο και τον ψύχομε σε δεύτερο ψυγείο. Στη συνέχεια τον οδηγούμε σε τρίτο κύλινδρο μικρότερης ακόμη διαμέτρου και σε τρίτο ψυγείο κ.ο.κ.

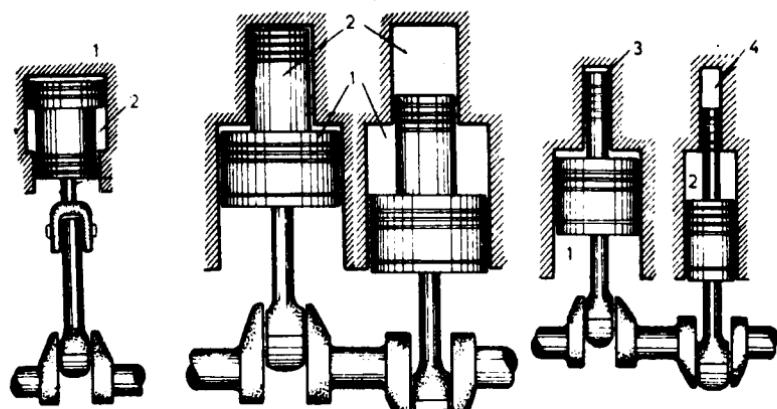
Κάθε διαδοχική συμπίεση αποτελεί και μία βαθμίδα ή φάση συμπιέσεως.

Έτσι έχομε μονοβάθμιους ή μιας βαθμίδας ή μιας φάσεως αεροσυμπιεστές, επίσης δύο, τριών ή τεσσάρων, μερικές μάλιστα φορές και περισσοτέρων βαθμίδων ή φάσεων αντίστοιχα, οι οποίες και ονομάζονται πρώτη, δεύτερη, τρίτη κ.ο.κ. βαθμίδα ή φάση συμπιέσεως. Από αυτές η πρώτη βαθμίδα είναι της χαμηλής πιέσεως ΧΠ, η δεύτερη της μέσης πιέσεως ΜΠ, η τρίτη, τέταρτη κλπ. της υψηλής πιέσεως ΥΠ. Οι συνηθισμένοι αεροσυμπιεστές είναι μέχρι και τεσσάρων φάσεων, ενώ περισσότερες φάσεις ή βαθμίδες χρησιμοποιούνται για πολύ υψηλές πιέσεις και σε ειδικές περιπτώσεις.

Μερικές φορές η πρώτη βαθμίδα της ΧΠ εξυπηρετείται από δύο κυλίνδρους της ίδιας διαμέτρου, ενώ η βαθμίδα της ΥΠ από άλλο κύλινδρο μικρότερης διαμέτρου, όπως παριστάνει το σχήμα 105.2α, όπου οι κύλινδροι (1) και (2) είναι της πρώτης βαθμίδας, ενώ ο κύλινδρος (2) της δεύτερης. Ο όλος συμπιεστής έχει διάταξη W.



Σχ. 105.2α.



2 βαθμίδες με διαφορικά έμβολα

2 βαθμίδες με 2 διαφορικά έμβολα

4 βαθμίδες με 2 διαφορικά έμβολα

(a)

(b)

(γ)

Σχ. 105.2β.

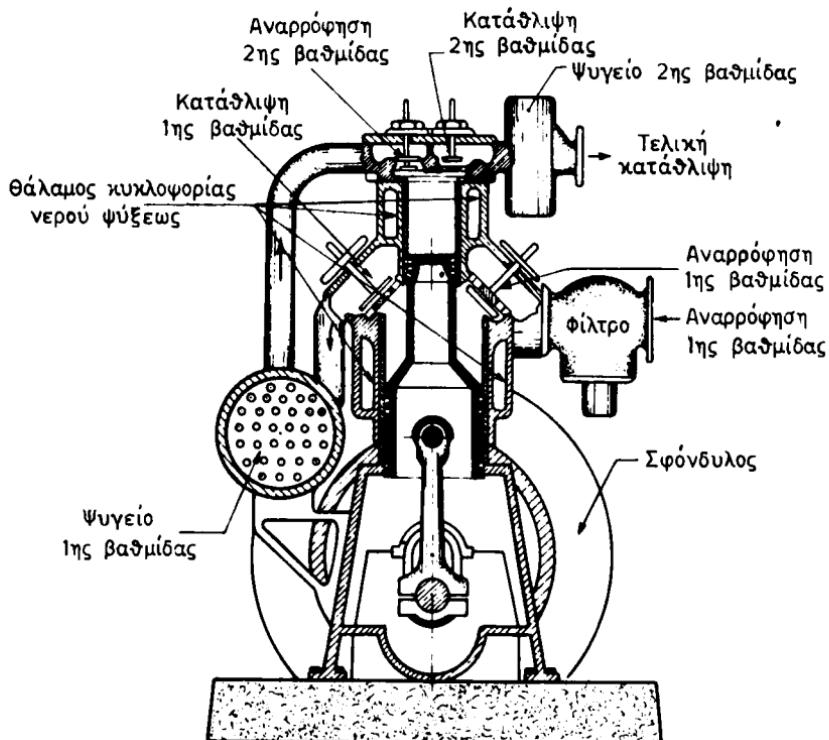
Συνηθισμένη εκτός από την παραπάνω είναι και η διάταξη του σχήματος 105.2β, όπου βλέπομε ότι οι δύο ή και οι τρεις καμιά φορά βαθμίδες εξυπηρετούνται από έμβολο διαφορικού τύπου, δηλαδή με διαφορετικές διαμέτρους κατά το σύστημα tandem, που έχουμε εξετάσει στις παλινδρομικές ατμομηχανές.

Οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές είναι κυρίως κατακόρυφου τύπου, υπάρχουν όμως και οριζόντιοι ή με διάταξη «V», «W» κλπ.

Σε κάθε βαθμίδα συμπιέσεως μπορούμε συνήθως να επιτύχουμε πίεση καταθλίψεως 4 έως 5 φορές μεγαλύτερη από την πίεση αναρροφήσεως.

Στο σχήμα 105.2γ παριστάνεται σε τομή και με περισσότερες λεπτομέρειες αεροσυμπιεστής με δύο βαθμίδες, δηλαδή μεσαίας πιέσεως καταθλίψεως. Βλέπομε σε αυτό τον κύλινδρο ΧΠ κάτω, και πάνω από αυτόν τον κύλινδρο ΥΠ με μικρότερη διάμετρο και κοινό έμβολο διαφορικού τύπου και για τους δύο κυλίνδρους.

Αυτό κινείται από το στροφαλοφόρο άξονα μέσω στροφάλου και διωστήρα. Το έμβολο περιβάλλεται από τα ελατήρια συμπιέσεως και από ένα, σε κάθε βαθμίδα του, ελατήριο λαδιού. Ο στροφαλοφόρος άξονας φέρει σφόνδυλο μάζας αρκετής για την ομαλή και χωρίς κραδασμούς – όσο αυτό είναι δυνατό – περι-



Σχ. 105.2γ.

στροφή του μηχανήματος. Ο άξονας παίρνει την κίνησή του από το κινητήριο μηχάνημα, που μπορεί να είναι και ηλεκτροκινητήρας.

Γύρω από τους κυλίνδρους διακρίνονται οι περιχιτώνιοι θάλαμοι. Μέσα σε αυτούς κυκλοφορεί το νερό της ψύξεως, που καταθλίβει αντλία εξαρτημένη από το κινητήριο μηχάνημα του αεροσυμπιεστή. Από την ίδια αυτή αντλία προέρχεται και το νερό, που ψύχει τον αέρα μέσα στο ενδιάμεσο ψυγείο, δηλαδή αυτό της 1ης φάσεως, και το τελικό, δηλαδή το ψυγείο της 2ης φάσεως. Για τη λίπανση του αεροσυμπιεστή χρησιμοποιείται εξαρτημένη αντλία, συνήθως «γραναζωτού» τύπου.

Οι κύλινδροι γενικά είναι εφοδιασμένοι με **ασφαλιστικό επιστρόμιο** ρυθμισμένο να ανοίγει όταν η πίεση στο εσωτερικό τους υπερβεί την κανονική.

Για την παρακολούθηση της λειτουργίας των αεροσυμπιεστών αυτών χρησιμοποιούνται ορισμένα γνωστά όργανα, όπως

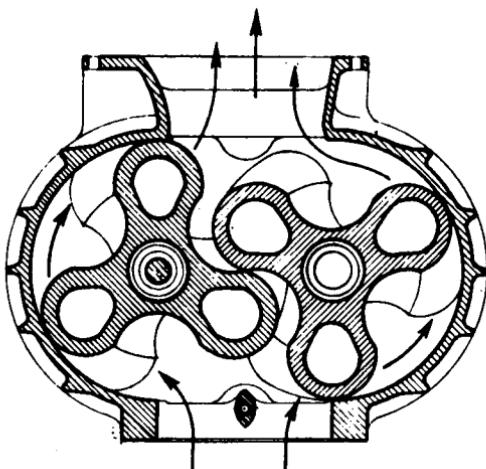
Θλιβόμετρα πιέσεως του αέρα, του νερού ψύξεως, του λαδιού,
θερμόμετρα νερού, λαδιού, **φίλτρα** αέρα, νερού, λαδιού, **βαλβίδες**, **διακόπτες** κλπ.

105.3 Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως.

Αυτοί αποτελούνται συνήθως από δύο περιστρεφόμενους ελικοειδείς τροχούς ή λοβούς (σχ. 105.3). Κάθε λοβός μπορεί να έχει από δύο έως τρία δόντια. Περιστρέφονται αντίθετα μέσα στο κέλυφος, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση έχει θέση κυλίνδρου. Το διάκενο μεταξύ περιστρεφομένων λοβών και κελύφους είναι ελάχιστο και επιδρά προφανώς στην καλή απόδοση του συμπιεστή.

Οι αεροσυμπιεστές αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως αντλίες σαρώσεως ή αποπλύσεως των διχρόνων μηχανών Diesel, και ονομάζονται μερικές φορές **φυσητήρες αέρα**.

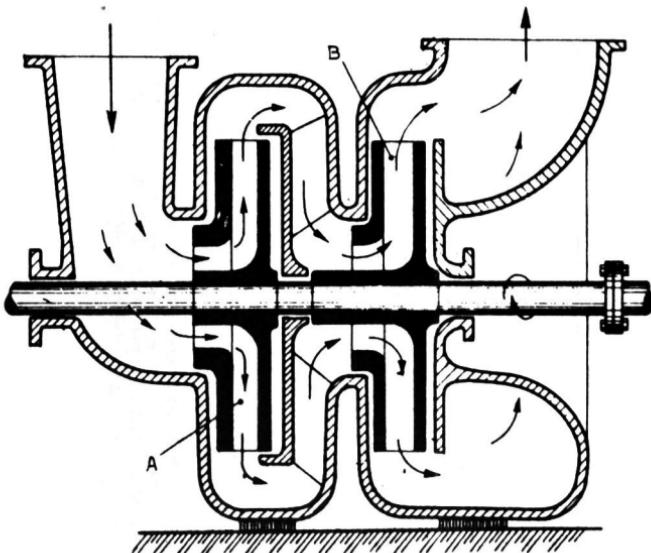
Η πίεση του αέρα που συμπιέζουν είναι μικρής έως μέσης τιμής ως επί το πλείστον.



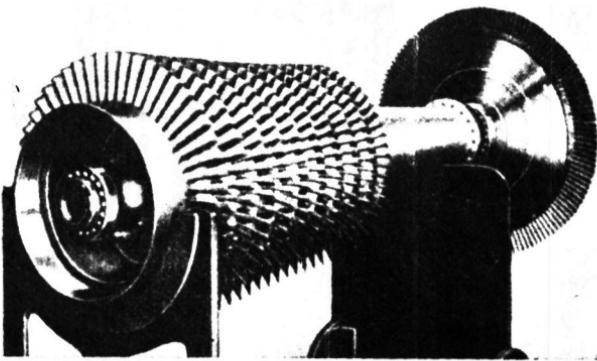
Σχ. 105.3.

105.4 Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές ροής.

Αυτοί, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 104.1, διακρίνονται σε **φυγοκεντρικούς** ή ακτινικής ροής και σε **αξονικούς** ή αξονικής ροής αντίστοιχα.



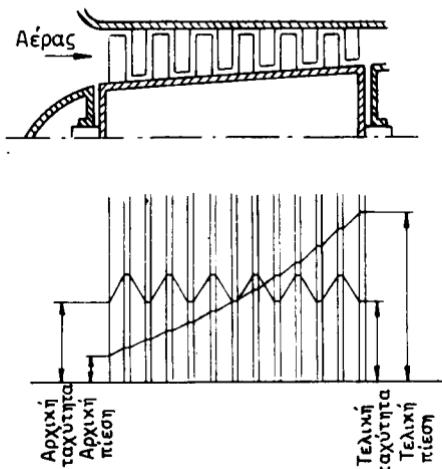
Σχ. 105.4α.



Σχ. 105.4β.

Το σχήμα 105.4α παριστάνει φυγοκεντρικό αεροσυμπιεστή δύο βαθμίδων, δηλαδή με δύο **στροφεία** ή **δρομείς**, το Α και το Β. Αυτός εργάζεται ακριβώς όπως η φυγοκεντρική αντλία δύο βαθμίδων και χρησιμοποιείται για μεγάλες σχετικά παροχές αέρα, αλλά κάτω από μικρή αντίστοιχα πίεση καταθλίψεως.

Το σχήμα 105.4β παριστάνει πολυβάθμιο αξονικό αεροσυμπιεστή 10 βαθμίδων. Σε αυτόν ο αέρας συμπιέζεται σταδιακά σε πολλές βαθμίδες με τα πτερύγια που είναι τοποθετη-



Σχ. 105.4γ.

μένα πάνω στο τύμπανό του. Τα πτερύγια αυτά διαχωρίζονται μεταξύ τους από άλλα, τα οποία προσαρμόζονται στο σταθερό κέλυφος του αεροσυμπιεστή (σχ. 105.4γ). Η κατασκευή αυτού του αεροσυμπιεστή είναι σαν αυτή του αξονικού στροβίλου αντιδράσεως.

Η πορεία του αέρα όμως μέσα στον αξονικό αεροσυμπιεστή είναι ακριβώς αντίστροφη από την πορεία που ακολουθεί ο ατμός μέσα στον ατμοστρόβιλο αντιδράσεως.

Στο σχήμα 105.4γ παριστάνονται επίσης χαραγμένες, με τη γνωστή μας από τους ατμοστρόβιλους γραφική μέθοδο, οι καμπύλες της μεταβολής της πιέσεως και της ταχύτητας κατά μήκος αξονικού συμπιεστή 6 βαθμίδων, ο οποίος εικονίζεται σε ημιτομή στο πάνω μέρος του σχήματος.

Οι αξονικοί αεροσυμπιεστές μπορούν να δώσουν μεγάλες ποσότητες αέρα με μικρές ή μέσες πιέσεις και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις εγκαταστάσεις των αεροιστροβίλων ή και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ξηράς, όταν απαιτείται μεγάλη κατανάλωση πεπιεσμένου αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 106

Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Η λίπανση των αεροσυμπιεστών διακρίνεται, όπως και στις ατμομηχανές και τις ΜΕΚ, σε **εσωτερική** και **εξωτερική**. Εσωτερική λίπανση είναι εκείνη, η οποία γίνεται σε όλα τα τριβόμενα μέρη του μηχανήματος, που έρχονται σε επαφή με το συμπιεζόμενο αέρα, όπως π.χ. έμβολα, χιτώνια κλπ. Εξωτερική πάλι είναι αυτή, που γίνεται στις εξωτερικές αρθρώσεις και γενικότερα σε όλα τα τριβόμενα μέρη, τα οποία δεν επικοινωνούν με το συμπιεζόμενο αέρα.

1) Η εσωτερική λίπανση.

Η λίπανση των κυλίνδρων γενικά πραγματοποιείται με τη βοήθεια μηχανικής αντλίας (λουμπρικέτα), που είναι εξαρτημένη και κινείται από ένα παλινδρομικό ή περιστρεφόμενο τμήμα του ίδιου του αεροσυμπιεστή. Το λάδι της εσωτερικής λιπάνσεως καταθλιβεται από την αντλία αυτή σε κάθε κύλινδρο με ιδιαίτερο σωληνίσκο. Στο άκρο κάθε σωληνίσκου υπάρχει ανεπιστροφη βαλβίδα, συνήθως σφαιρική (μπίλια), που ανοίγει μόνο για να επιτρέψει τη διόδο του λαδιού, ενώ κλείνει και δεν επιτρέπει την είσοδο του συμπιεζόμενου αέρα προς την αντλία. Οι αντλίες της μηχανικής αυτής λιπάνσεως εφοδιάζονται με ελαιοδείκτες, από τους οποίους και ελέγχεται η κατάθλιψη του λαδιού προς τους κυλίνδρους.

Οι παραπάνω αντλίες μπαίνουν σε λειτουργία αμέσως μόλις μπει σε λειτουργία ο αεροσυμπιεστής. Πριν από τη λειτουργία τους όμως τις κινούμε, με τη χειροκίνητη διάταξη που έχουν, ώστε να λιπανθούν εσωτερικά οι κύλινδροι, πριν τα έμβολα αρχίσουν να παλινδρομούν. Αποτελούνται από ένα άξονα με έκκεντρα τόσα, όσοι και οι κύλινδροι που λιπαίνονται εσωτερικά. Κάθε έκκεντρο κινεί τον αντίστοιχο έμβολισκο της αντλίας. Ο άξονάς της κινείται με τη βοήθεια οδοντωτού τροχού, που φέρει στην προέκτασή του, και επίσης ενός οδοντωτού

μοχλού (καστάνια), ο οποίος και περιστρέφει τον εκκεντροφόρο της αντλίας, ενώ ο ίδιος παίρνει κίνηση από τον ίδιο τον αεροσυμπιεστή.

Σε μικρής και μεσαίας πιέσεως αεροσυμπιεστές η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται με την εμβάπτιση του ποδιού του διωστήρα τους μέσα στην ελαιολεκάνη και την εκτόξευση του λαδιού στο κάτω μέρος του κυλίνδρου, το οποίο είναι ανοικτό, δηλαδή συγκοινωνεί με το στροφαλοθάλαμο.

Στους περιστροφικούς αεροσυμπιεστές με λοβούς ή τους φυγοκεντρικούς και τους αξονικούς δεν υπάρχει ανάγκη εσωτερικής λιπάνσεως, γιατί τα μέρη τους δεν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Σε αυτούς λιπαίνονται μόνο τα εξωτερικά μέρη.

2) Η εξωτερική λίπανση.

Αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια εξαρτημένης επίσης και συνήθως «γραναζωτής» αντλίας λιπάνσεως. Η αντλία αναρροφά το λάδι από την ελαιολεκάνη και το καταθλίβει μέσω φίλτρου στο ψυγείο του λαδιού, όπου αυτό αποκτά χαμηλή θερμοκρασία. Μετά το ψυγείο, το λάδι διανέμεται κάτω από πίεση με ένα κεντρικό σωλήνα διανομής και με ιδαίτερους σωληνίσκους στους κύριους τριβείς των εδράνων, στους μειωτήρες και τα υπόλοιπα εξαρτήματα, που χρειάζονται λίπανση. Όπως και στις MEK, το λάδι μέσω οπών των κομβίων του στροφαλοφόρου άξονα μπαίνει στην εσωτερική του κοιλότητα και από εκεί μέσω οπών των κομβίων των στροφαλοφόρων λιπαίνει τους τριβείς των διωστήρων. Στη συνέχεια κατά τον ίδιο τρόπο μπαίνει στο εσωτερικό των διωστήρων μέχρι τον πείρο του εμβόλου, τον οποίο λιπαίνει, και χύνεται τέλος προς την ελαιολεκάνη.

Η εξωτερική λίπανση των περιστροφικών αεροσυμπιεστών εκτοπίσεως ή ροής είναι απλούστερη και αφορά τους τριβείς τους και τους οδοντωτούς τροχούς μεταδόσεως της κινήσεως. Γίνεται και αυτή με την αντλία λιπάνσεως με όμοιο τρόπο όπως και στους εμβολοφόρους.

Η μανομετρική πίεση λειτουργίας του δικτύου λαδιού ποικίλλει από 1-3 At ή 15-40 p.s.i. Στο δίκτυο του λαδιού υπάρχει πάντοτε ανακουφιστική βαλβίδα ρυθμισμένη να ανοίγει σε πίεση λίγο μεγαλύτερη από την κανονική πίεση λειτουργίας.

Το λάδι, που χρησιμοποιούμε στους αεροσυμπιεστές, μπορεί να είναι SAE-10 ή SAE-20 ή SAE-30. Το SAE-30, που είναι το πιο παχύρρευστο από τα άλλα, χρησιμοποιείται στους αεροσυμπιεστές υψηλών πιέσεων και όταν η θερμοκρασία του περι-

βάλλοντος, ιδίως το καλοκαίρι, είναι υψηλή. Το SAE-10 χρησιμοποιείται αντίστοιχα σε αεροσυμπιεστές χαμηλής πιέσεως και όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή, δηλαδή το χειμώνα. Το SAE-20 τέλος χρησιμοποιείται σε ενδιάμεσες καταστάσεις.

Πάντως, σε κάθε περίπτωση σχετική με τη λίπανση του αεροσυμπιεστή, πρέπει να ακολουθούνται επακριβώς οι οδηγίες του κατασκευαστή, οι οποίες και συνοδεύουν απαραιτήτως το μηχάνημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 107

Η ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 105.1(Α), η ψύξη των αεροσυμπιεστών γίνεται είτε με ατμοσφαιρικό αέρα είτε με κυκλοφορία νερού.

Οι αεροσυμπιεστές χαμηλής πιέσεως και μικρής παροχής είναι συνήθως **αερόψυκτοι** και οι κύλινδροι τους κατασκευάζονται πτερυγωτοί (σχ. 105.1β), ώστε να παρέχουν μεγάλη επιφάνεια επαφής με το ρεύμα του αέρα ψύξεως, το οποίο οδηγείται σε αυτούς από ένα ανεμιστήρα. Ο ανεμιστήρας αυτός κινείται από τον άξονα του συμπιεστή με τη βοήθεια τροχαλιών και ιμάντα συνήθως και παράγει έτσι ρεύμα αέρα τεχνητής κυκλοφορίας. Σε πολύ μικρούς αεροσυμπιεστές μπορεί να μην υπάρχει ανεμιστήρας. Τότε η ψύξη γίνεται με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, ο οποίος θερμαίνεται από τον ίδιο τον κύλινδρο και ο οποίος επομένως γίνεται ελαφρότερος και οδεύει προς τα πάνω, ώστε να αποκαθίσταται έτσι ένα ρεύμα **φυσικής κυκλοφορίας**.

Σε φορητούς αεροσυμπιεστές, πάλι μικρής παροχής, όπως π.χ. αυτοί που παρέχουν πεπιεσμένο αέρα για τα διάφορα αεροκίνητα εργαλεία (αερόσφυρες, αεροκόπιδα κλπ.), η ψύξη γίνεται με αέρα, όπως προηγουμένως, ή με νερό. Στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει πάντοτε δεξαμενή νερού, της οποίας η επιφάνεια είναι κυψελωτή, ώστε να ενεργεί και ως ψυγείο. Μία αντλία ψύξεως, συνήθως γραναζωτή, αναρροφά από αυτήν το ψυχρό νερό και το καταθλίβει στους χώρους ψύξεως του αεροσυμπιεστή. Από εκεί το νερό με την πίεση που έχει, επιστρέφει στη δεξαμενή-ψυγείο. Μέσα στη δεξαμενή αυτή το θερμό νερό ψύχεται από ρεύμα αέρα, που στέλνει επάνω στην κυψελωτή επιφάνεια του ανεμιστήρας, ο οποίος πάλι κινείται από τον άξονα του αεροσυμπιεστή με τη βοήθεια τροχαλιών και ιμάντα. Το σύστημα δηλαδή αυτό είναι όμοιο με το σύστημα ψύξεως

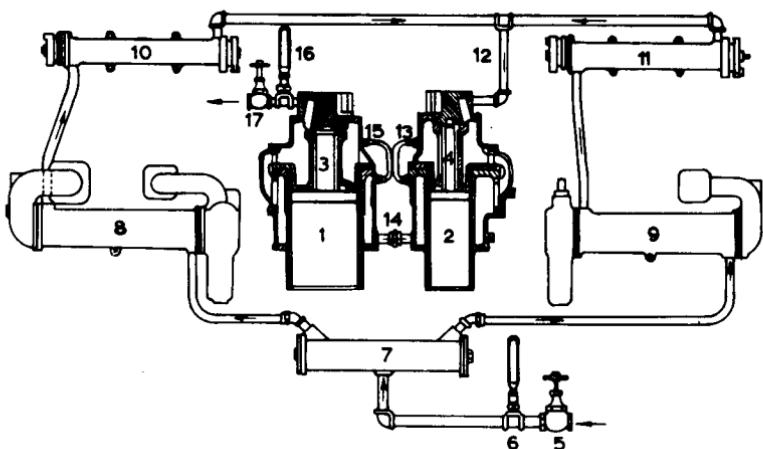
των βενζινοκηνητήρων των αυτοκινήτων και λέγεται σύστημα **τεχνητής κυκλοφορίας**. Μερικές φορές συναντάται το ίδιο σύστημα, χωρίς όμως αντλία κυκλοφορίας νερού, όπως και σε περιπτώσεις μικρών βενζινοκινητήρων αυτοκινήτων, οπότε έχομε προφανώς **φυσική κυκλοφορία** του νερού ψύξεως, η οποία ονομάζεται και κυκλοφορία μέσω **θερμοσίφωνα**. Στην περίπτωση αυτή το νερό της ψύξεως κατεβαίνει λόγω διαφοράς στάθμης από το ψυγείο-δεξαμενή, που τοποθετείται απαραίτητα υψηλότερα από το συμπλέκτη, προς το κατώτερο σημείο των θαλάμων ψύξεως των κυλίνδρων, όπου θερμαίνεται, γίνεται ελαφρότερο και ανεβαίνει μέσα σε αυτούς. Με σωλήνα τέλος οδηγείται από το υψηλότερο σημείο των θαλάμων κυκλοφορίας προς το ψυγείο-δεξαμενή, όπου, αφού ψυχθεί, θα αρχίσει πάλι την ίδια διαδρομή, χωρίς τη βοήθεια αντλίας κυκλοφορίας.

Σε μεγάλες τέλος εγκαταστάσεις υψηλών πιέσεων, το δίκτυο ψύξεως είναι πολυπλοκότερο, καίτοι σε γενικές γραμμές ακολουθεί κατά κανόνα τις ίδιες αρχές της τεχνητής κυκλοφορίας του νερού ψύξεως. Στις περιπτώσεις αυτές, και αν η εγκατάσταση είναι στην ξηρά, το ψυκτικό υγρό είναι γλυκό νερό σε **κλειστό σύστημα κυκλοφορίας**, κυκλοφορεί δηλαδή σε σταθερή ποσότητα μέσα από τα ψυχόμενα μέρη του αεροσυμπιεστή με τη βοήθεια αντλίας κυκλοφορίας. Αφού βγει από το συμπιεστή, όπου προφανώς θερμαίνεται, ψύχεται στη συνέχεια σε **υδατόπιργο ή δεξαμενή υπερεκχειλίσεως** με ελεύθερη ροή (στέρνα) και αναρροφάται από την αντλία κυκλοφορίας, για να αναλάβει πάλι την ίδια διαδρομή του παραπάνω ψυκτικού κυκλώματος.

Αν η εγκατάσταση είναι μέσα σε πλοίο ή είναι παραθαλάσσια ή παραποτάμια κλπ., τότε το κύκλωμα είναι κατά προτίμηση **ανοικτό**, οπότε το νερό αναρροφάται από την αντλία, ψύχει τον αεροσυμπιεστή και απορρίπτεται προς τη θάλασσα, λίμνη ή ποταμό από όπου προέρχεται. Μπορεί όμως να είναι και κλειστό κύκλωμα με γλυκό νερό, οπότε το γλυκό νερό της κυκλοφορίας κυκλοφορεί σε σταθερή ποσότητα και ψύχεται σε ιδιαίτερο ψυγείο από το νερό της θάλασσας ή του ποταμού ή της λίμνης, το οποίο και απορρίπτεται όπως προηγουμένως.

Είτε κλειστό πάντως είτε ανοικτό είναι το κύκλωμα, η ψύξη μέσα στον αεροσυμπιεστή γίνεται όπως δείχνει διαγραμματικά το σχήμα 107.1.

Η αντλία αναρροφεί το νερό από τη θάλασσα, τον ποταμό ή τη δεξαμενή μέσω του διακόπτη (5). Στο θερμόμετρο (6) βλέπομε τη θερμοκρασία εισόδου του νερού. Στη συνέχεια το νερό



Σχ. 107.1.

1) Κύλινδρος 1ης βαθμίδας. 2) Κύλινδρος 2ης βαθμίδας. 3) Κύλινδρος 3ης βαθμίδας. 4) Κύλινδρος 4ης βαθμίδας. 5) Διακόπτης εισαγωγής του ψυχρού νερού. 6) Θερμόμετρο ψυχρού νερού. 7) Ψυγείο λαδιού. 8) Ενδιάμεσο ψυγείο αέρα 1ης βαθμίδας. 9) Ενδιάμεσο ψυγείο αέρα 2ης βαθμίδας. 10) Ενδιάμεσο ψυγείο αέρα 3ης βαθμίδας. 11) Τελικό ψυγείο αέρα 4ης βαθμίδας. 12) Σωλήνες καταθλίψεως από τα ψυγεία προς τον κύλινδρο 3ης βαθμίδας. 13) Σωλήνες συγκοινωνίας από τον κύλινδρο 4ης βαθμίδας προς τον κύλινδρο 2ης βαθμίδας. 14) Σωλήνες συγκοινωνίας από τον κύλινδρο 2ης βαθμίδας προς τον κύλινδρο 1ης βαθμίδας. 15) Σωλήνες συγκοινωνίας από τον κύλινδρο 1ης βαθμίδας στον κύλινδρο 3ης βαθμίδας. 16) Θερμόμετρο εξαγωγής. 17) Διακόπτης εξαγωγής του ψυκτικού νερού.

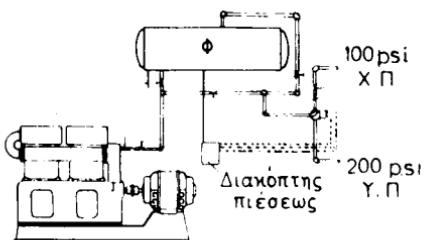
μπαίνει πρώτα στο ψυγείο λαδιού και το ψύχει κι από εκεί διακλαδίζεται σε δύο διακλαδώσεις και ψύχει τον αέρα στα ενδιάμεσα ψυγεία (8) και (9) της 1ης και 2ης βαθμίδας. Στη συνέχεια πηγαίνει στα ψυγεία (10) και (11) της 3ης και 4ης βαθμίδας, από όπου με κοινό σωλήνα (12) μπαίνει στους θαλάμους ψύξεως του αεροσυμπιεστή και ψύχει διαδοχικά κυλίνδρους και πώματα της 4ης, 2ης, 1ης και 3ης βαθμίδας. Τέλος από το διακόπτη 17 βγαίνει στη θάλασσα ή τον ποταμό ή επιστρέφει στον υδατόπυργο ανάλογα. Με το θερμόμετρο 16 παρακολουθούμε τη θερμοκρασία εξόδου του νερού από το συμπιεστή.

Εδώ πρέπει να προσθέσουμε ότι συχνά τα ενδιάμεσα ψυγεία δεν αποτελούν ιδιαίτερες συσκευές, αλλά είναι σωλήνες σπειροειδείς (σερπαντίνες) τοποθετημένοι γύρω από τους κυλίνδρους. Μέσα από τους σωλήνες αυτούς περνά ο πεπιεσμένος αέρας και στο εξωτερικό τους κυκλοφορεί το νερό της ψύξεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 108

ΤΑ ΑΕΡΟΦΥΛΑΚΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Τα αεροφυλάκια είναι φιάλες (μπουικάς) από χάλυβα, που τοποθετούνται στις εγκαταστάσεις των αεροσυμπιεστών, όπως παριστάνει το σχήμα 108.1α, όπου διακρίνεται ο ηλεκτροκίνητος αεροσυμπιεστής, η φιάλη Φ και η διανομή του αέρα σε δύο δίκτυα, ένα των 100 p.s.i. και ένα των 200 p.s.i., μέσω αντιστοίχων μειωτήρων πίεσεως.

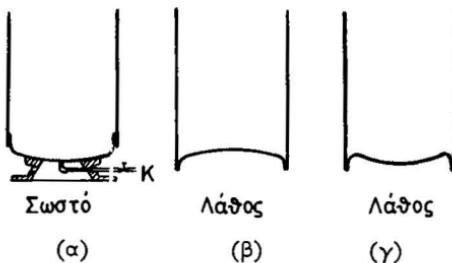


Σχ. 108.1α.

Σκοπός των αεροφυλακίων είναι να αποτρέπουν ή να απορροφούν τις κρούσεις στο σωλήνα καταθλίψεως του αεροσυμπιεστή και να ενεργούν κατά κάποιο τρόπο ως «αεροσυσωρευτές», δηλαδή δοχεία αποθηκεύσεως αέρα ιδιαίτερα για την περίπτωση, όπου η στιγμιαία ζήτηση αέρα στο δίκτυο υπερβαίνει την ικανότητα του αεροσυμπιεστή.

Ο όγκος σε m^3 των αεροφυλακίων είναι περίπου το $1/5$ της παροχής του αεροσυμπιεστή σε «ελεύθερο αέρα», όταν αυτή υπολογισθεί σε $m^3/min.$

Τα αεροφυλάκια τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα, ενώ μεταξύ αυτών και του αεροσυμπιεστή παρεμβάλλεται συνήθως αποχωριστής, που φέρει εξυδατωτικό κρουνό στον πυθμένα του. Με αυτόν απαλλάσσεται ο αέρας από τυχόν



Σχ. 108.1β.

υγρασία ή έλαια, που μπορεί να περιέχει, πριν να μπει στα αεροφυλάκια.

Τα κατακόρυφα αεροφυλάκια πρέπει να κατασκευάζονται στους πυθμένες τους κυρτά, όπως στο σχήμα 108.1β(α) και όχι όπως στα σχήματα 103.1β(β) ή 108.1β(γ), για να συσσωρεύεται εύκολα στον πυθμένα τους η υγρασία, τα λάδια ή άλλα ξένα υλικά. Αυτές απομακρύνονται εύκολα με ένα εξυδατωτικό κρουνό Κ, με τον οποίο εφοδιάζονται και αυτά.

Κάθε αεροφυλάκιο πρέπει να έχει:

- Συνδέσμους εισογωγής και εξαγωγής του αέρα με αντίστοιχες βαλβίδες.
- Εξυδατωτικό κρουνό.
- Θλιβόμετρο.
- Ασφαλιστική βαλβίδα, που πρέπει να είναι ρυθμισμένη, ώστε να ανοίγει, όταν η πίεση μέσα στο αεροφυλάκιο υπερβεί την κανονική κατά 10% περίπου.

Τα αεροφυλάκια τελικά δοκιμάζονται κάθε 3 χρόνια περίπου με υδροστατική δοκιμή σε πίεση 1,5 έως 2 φορές μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας τους και σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις οδηγίες των διαφόρων Τεχνικών Οργανισμών, όπως π.χ. DIN, Lloyd's κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 109

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

Αυτή ακολουθεί τους γενικούς κανόνες της εγκαταστάσεως των διαφόρων μηχανημάτων.

Ειδικότερα πρέπει σε μεγάλες εγκαταστάσεις να επιδιώκεται η απλούστερη δυνατή διάταξη σωληνώσεων. Επίσης να προβλέπεται αρκετός χώρος για γερανό ή άλλο ανυψωτικό μηχάνημα για την ευχερή ανύψωση των βαριών τεμαχίων της εγκαταστάσεως.

Να αποφεύγεται η εγκατάσταση των αεροσυμπιεστών σε υγρούς χώρους, εκτός αν οι ηλεκτροκινητήρες τους είναι προστατευμένου τύπου, όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς.

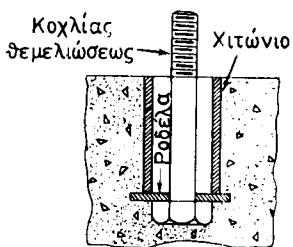
Η βάση των αεροσυμπιεστών πρέπει να είναι ισχυρή, ώστε να αντέχει στους κραδασμούς και τις άλλες κοπώσεις που υπόκειται κατά τη λειτουργία. Την καλύτερη λύση στην προκειμένη περίπτωση παρέχει η κατασκευή της βάσεως από σκυρόδεμα (μπετόν) ενισχυμένο σε αναλογία γαλλικής γης (τσιμέντο).

Οι κοχλίες της εγκαταστάσεως να τοποθετούνται με μεγάλη ακρίβεια και κατά τη μέθοδο του σχήματος 109.α.

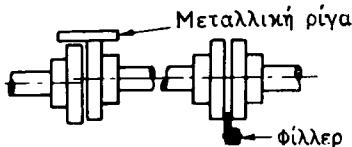
Άλλο λεπτό σημείο κατά την εγκατάσταση των αεροσυμπιεστών είναι η **ευθυγράμμιση** μεταξύ του ηλεκτροκινητήρα ή γενικότερα του κινητήριου μηχανήματος και του ίδιου του αεροσυμπιεστή.

Σε μικρά συγκροτήματα η ευθυγράμμιση και η σύνδεση γίνονται στο εργοστάσιο της κατασκευής, όταν και το κινητήριο μηχάνημα και ο αεροσυμπιεστής φέρονται πάνω σε κοινή χαλύβδινη βάση.

Σε μεγαλύτερα συγκροτήματα, που κατασκευάζονται χωριστά και συνδέονται μεταξύ τους στον τόπο της εγκαταστάσεως, η σύνδεση και ο έλεγχος της ευθυγραμμίσεως γίνονται κατά τη μέθοδο που παριστάνει το σχήμα 109.β. Αυτή αφορά την παραλληλότητα των προσώπων των συνδέσεων που γίνονται με περιαυχένια, η οποία ελέγχεται με τη βοήθεια λεπιδομετρητή



Σχ. 109α.



Σχ. 109β.

(φίλερ) και μεταλλικής ρίγας για τη σύμπτωση των αξόνων σε κοινή ευθεία.

Κατά τη διάρκεια αυτού του ελέγχου και ανάλογα με τις ενδείξεις που θα δώσει, μετακινούνται κατάλληλα τα δύο μηχανήματα πλευρικά ή πάνω κάτω με την προσθαφαίρεση προσθηκών στις βάσεις τους. Εκτελείται νέος έλεγχος και, εφόσον αποβεί ικανοποιητικός, συσφίγγονται ισχυρά τα περικόχλια των κοχλιών των βάσεων και συνδέονται ισχυρά επίσης στην οριστική τους θέση οι άξονες των δύο μηχανημάτων της εγκαταστάσεως που πρόκειται να συνδεθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 110

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

110.1 Γενικά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε σύντομα, με τη μορφή γενικών οδηγιών, τις βασικές εργασίες και τα ουσιωδέστερα μέτρα που πρέπει να λαμβάνουμε κατά γενικό κανόνα σε όλους τους αεροσυμπιεστές. Πρέπει όμως να τονίσουμε εδώ ότι εκτός από αυτά, για τον καλό χειρισμό και συντήρηση των αεροσυμπιεστών, όπως και για όλα άλλωστε τα μηχανήματα, πρέπει απαραίτητα να ακολουθούνται επιμελώς οι οδηγίες του κατασκευαστή, που συνοδεύουν το μηχάνημα.

110.2 Εκκίνηση αεροσυμπιεστή.

Κατ' αυτή γίνονται οι ακόλουθες εργασίες:

- Χειροκίνητη στρέψη του αεροσυμπιεστή, για να ελέγχεται η ελεύθερη περιστροφή του.
 - Έλεγχος της στάθμης του λαδιού στην ελαιολεκάνη και στην αντλία εξωτερικής λιπάνσεως (λουμπρικέτα).
 - Άνοιγμα των εξαεριστικών κυλίνδρων και εξυδατωτικών κρουνών των ενδιαμέσων ψυγείων του αποχωριστή και των αεροφυλακίων.
 - Άνοιγμα βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής νερού ψύξεως.
 - Εκκίνηση του κινητήρα.
- στ) Αύξηση της ταχύτητας του κινητήρα-κλείσιμο των εξαεριστικών κρουνών των κυλίνδρων και των ενδιαμέσων ψυγείων. Κλείσιμο των εξυδατωτικών του αποχωριστή και των αεροφυλακίων.

110.3 Λειτουργία και παρακολούθηση.

Κατ' αυτήν εκτελούνται:

- Έλεγχος πιέσεως λαδιού εξωτερικής λιπάνσεως και παρο-

- χής λαδιού εσωτερικής λιπάνσεως στους κυλίνδρους.
Έλεγχος της στάθμης του στην ελαιολεκάνη.
- β) Έλεγχος ψύξεως.
γ) Περιοδική εξυδάτωση του αποχωριστή και της αεροφιάλης.
δ) Έλεγχος κανονικών θερμοκρασιών και πιέσεων αέρα.
ε) Πριν από την κράτηση του αεροσυμπιεστή ανοίγονται τα εξαεριστικά για τέλεια εξυδάτωση.

110.4 Περιοδικές εργασίες συντηρήσεως-Επιθεωρήσεις.

Όταν ο αεροσυμπιεστής βρίσκεται εκτός λειτουργίας, πρέπει να γίνονται οι ακόλουθες εργασίες:

- α) Στρέψη και λίπανση του αεροσυμπιεστή.
β) Καθαρισμός φίλτρων αέρα.
γ) Εξυδάτωση του λαδιού λιπάνσεως της ελαιολεκάνης με τον ειδικό κρουνό εξυδατώσεως ή το πώμα (τάπα).
δ) Καθαρισμός φίλτρων λαδιού. .
ε) Εξυδάτωση αεροφυλακίων.
στ) Όταν ο συμπιεστής δεν έχει λειτουργήσει για αρκετό χρόνο, εκκενώνονται τα ψυγεία και οι χώροι ψύξεως και ελέγχεται η καλή κατάσταση των ψυγείων, των θλιβομέτρων και των άλλων οργάνων ελέγχου.

Εκτός από τα παραπάνω πρέπει να εκτελούνται και ορισμένες περιοδικές επιθεωρήσεις μετά από ορισμένο χρόνο λειτουργίας του αεροσυμπιεστή. Οι περιοδικές επιθεωρήσεις προβλέπονται από τους διάφορους τεχνικούς κανονισμούς και εκτελούνται κατά κανονικά χρονικά διαστήματα όπως παρακάτω:

Κάθε εβδομάδα: Δοκιμή του αεροσυμπιεστή στη μέγιστη παροχή του.

Κάθε μήνα: Επιθεώρηση βαλβίδων αναρροφήσεως και καταθλίψεως.

Κάθε 3 μήνες: Έλεγχος μηχανισμών ρυθμίσεως της λειτουργίας και δοκιμή του αυτόματου υπερταχύνσεως.

Κάθε χρόνο: Δοκιμή και ρύθμιση θλιβομέτρων, επιθεώρηση όλων των εξαρτημάτων, ασφαλιστικών, κρουνών και σωληνώσεων.

Κάθε τρία χρόνια: Γενική επιθεώρηση του αεροσυμπιεστή και υδραυλική δοκιμή του σε πίεση 1,5 φορά μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας. Υδραυλική δοκιμή των αεροφυλακίων. Η τελευταία εκτελείται σε πίεση διπλάσια από την πίεση λειτουρ-

γίας, όταν το αεροφυλάκιο εργάζεται σε πίεση μέχρι 40 kgcm^2 . Όταν αυτό εργάζεται σε μεγαλύτερη πίεση, τότε η υδραυλική δοκιμή εκτελείται σε πίεση 1,5 φορά μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας. Εάν μετά την υδραυλική δοκιμή του αεροφυλακίου σημειώθει μόνιμη διόγκωση του μεγαλύτερη από 3 έως 4% του όγκου του, τότε αυτό απορρίπτεται.

Πάνω στην ορειχάλκινη πλάκα, που φέρουν τα αεροφυλάκια, σημειώνεται απαραίτητα η ημερομηνία και η πίεση, στην οποία έγινε η τελευταία υδραυλική δοκιμή τους.

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ - ΑΝΤΛΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 111

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

111.1 Γενικά.

Υδραυλική γενικά ονομάζεται η επιστήμη, που ασχολείται με τους νόμους των υγρών είτε αυτά είναι ακίνητα, είτε βρίσκονται σε κίνηση. Τα πορίσματα της Υδραυλικής αναφέρονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στο νερό, το οποίο, όπως είναι γνωστό, χρησιμοποιείται ευρύτατα στις τεχνικές εφαρμογές.

Η υδραυλική υποδιαιρείται σε **Υδροστατική**, η οποία ασχολείται με τα υγρά που βρίσκονται σε πρεμία ή σε στάση και σε **Υδροδυναμική**, η οποία εξετάζει και ερευνά την κίνηση ή ροή των υγρών σε συσχετισμό και προς τις δυνάμεις που την προκαλούν.

Τα υγρά γενικά διακρίνονται σε **ιδεώδη** ή **ιδεατά** ή **ιδανικά** και σε **φυσικά** ή **πραγματικά**. Η διαίρεση αυτή προέρχεται από τρεις χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητές τους, δηλαδή του **συμπτετού** των υγρών (της ιδιότητάς τους να συμπιέζονται), της **συνοχής** μεταξύ των μορίων τους, η οποία αντιστέκεται στη διάσπασή τους κατά την κίνηση του υγρού και εκδηλώνεται ως εσωτερική τριβή του υγρού, και τέλος της **συνάφειας** των υγρών προς τα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηρίζομε ως **ιδανικά** υγρά εκείνα που είναι τελείως ασυμπιέστα και στα οποία δεν αναπτύσσεται καμιά εσωτερική τριβή των μορίων τους κατά τη ροή τους, ούτε δύναμη συνάφειας αναπτύσσεται ανάμεσα σε αυτά και στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν. **Φυσικά** ή **πραγματικά** υγρά ονομάζονται όλα τα υπόλοιπα, τα οποία εμφανίζουν τις ιδιότητες που προαναφέρθηκαν.

Είναι προφανές ότι τα ιδανικά υγρά αποτελούν υποθετική θεωρητική κατάσταση μόνο, η οποία όμως λαμβάνεται υπόψη κατά την έρευνα και μελέτη των νόμων των υγρών, επειδή διευκολύνει κατά πολύ την εξαγωγή συμπερασμάτων και την εκτέλεση των αντιστοίχων υπολογισμών.

111.1 Δυνάμεις που ενεργούν στα υγρά - Ατμοσφαιρική πίεση.

Οι δυνάμεις που επενεργούν στα υγρά διακρίνονται σε εξωτερικές και εσωτερικές. **Εξωτερικές** δυνάμεις είναι η βαρύτητα, η φυγόκεντρη δύναμη, η ατμοσφαιρική πίεση κλπ., ενώ **εσωτερικές** οι πιέσεις.

Από τις δυνάμεις αυτές ιδιαίτερη σημασία έχει η **ατμοσφαιρική πίεση**, δηλαδή η δύναμη, την οποία ασκεί πάνω σε κάθε μονάδα επιφάνειας της γης η μάζα από αέρια και ατμούς, η οποία την περιβάλλει. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι γνωστό ότι μεταβάλλεται με το ύψος, δηλαδή ελαττώνεται όσο ψηλότερα ανεβαίνουμε από την επιφάνεια της θάλασσας και αυξάνεται όσο κατεβαίνουμε προς αυτήν.

Αυτή, κατά τα γνωστά από τη Φυσική, μετρήθηκε από τον Torricelli και βρέθηκε για το μετρικό σύστημα ότι στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ίση προς 760 mm Hg (χιλιοστά στήλης υδραργύρου), ίση προς 10,33 mm (H_2O) (μέτρα στήλης νερού), ώστε να έχομε ότι:

$$1 \text{ Atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ Atm} = 10,33 \text{ m } (H_2O)$$

Η ατμοσφαιρική αυτή πίεση ονομάστηκε **φυσική ατμόσφαιρα Atm**. Από αυτή, όπως είναι γνωστό, προέκυψε η τεχνική ατμόσφαιρα At, η οποία και χρησιμοποιείται ως μονάδα μετρήσεως των πιέσεων και είναι ίση με 10 m στήλης νερού (για ευκολία κατά τους υπολογισμούς), ώστε να έχομε πάλι ότι:

$$1 \text{ At} = 735 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ At} = 10 \text{ m } (H_2O)$$

Από υπολογισμό τώρα του βάρους αυτής της στήλης του νερού, όταν αυτό ασκείται πάνω σε επιφάνεια 1 cm^2 , βρίσκομε ότι:

$$1 \text{ Atm} = 1,033 \text{ kgcm}^2$$

$$\text{και} \quad 1 \text{ At} = 1 \text{ kgcm}^2$$

Γενικότερα ονομάζεται πίεση ρ το πηλίκο της δυνάμεως P δια της επιφάνειας, πάνω στην οποία αυτή εφαρμόζεται, δηλαδή:

$$p = \frac{P}{F}$$

και εκφράζεται με πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια της τεχνικής ατμόσφαιρας.

Για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πιέσεως, η οποία σημειώτεον και μεταβάλλεται κάθε φορά από τις καιρικές συνθήκες, χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα, τα **βαρόμετρα**.

Για τη μέτρηση των πιέσεων γενικότερα χρησιμοποιούνται τα **πεζόμετρα** ή **μανόμετρα** ή **θλιβόμετρα**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 112

ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

112.1 Υδροστατική πίεση - Στατικό ή θλιπτικό ύψος - Συγκοινωνούντα δοχεία.

Υδροστατική πίεση ρυ ονομάζεται η πίεση, που ασκείται πάνω σε μια επιφάνεια F που βρίσκεται μέσα σε υγρό. Η πίεση αυτή οφείλεται στην εξωτερική δύναμη της βαρύτητας, δηλαδή στο βάρος του υγρού, που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια F .

Εάν καλέσομε P την δύναμη που παριστάνει το βάρος του υπερκείμενου υγρού, θα έχομε κατά τα γνωστά:

$$P_u = \frac{P}{F}$$

Επειδή στις εφαρμογές της Υδραυλικής η δύναμη μετριέται σε τόννους (t) ή χιλιόγραμμα (kg), ενώ η επιφάνεια σε m^2 ή cm^2 , η υδροστατική πίεση θα εκφράζεται σε τόννους ανά τετραγωνικό μέτρο ή σε χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό εκατοστό και μεταξύ τους ισχύει η σχέση:

$$1 \text{ t/m}^2 = 1/10 \text{ kgcm}^2 = 1/10 \text{ At}$$

Στατικό ή θλιπτικό ύψος ή σημείου που βρίσκεται μέσα σε μία υγρή μάζα ονομάζεται η κατακόρυφη απόστασή του από την ελεύθερη επιφάνεια της υγρής μάζας.

Εάν καλέσομε γ το ειδικό βάρος του υγρού σε τόννους ανά κυβικό μέτρο (t/m^3), τότε θα έχομε ότι η δύναμη P , δηλαδή το βάρος της στήλης του υγρού, το οποίο βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια F , θα είναι:

$$P = F \cdot h \cdot \gamma$$

$$\text{οπότε ο τύπος } p_u = \frac{P}{F} \quad \text{γίνεται} \quad p_u = \frac{F \cdot h \cdot \gamma}{F}$$

δηλαδή

$$p_u = h \cdot \gamma$$

και

$$h = \frac{p_u}{\gamma}$$

εάν δε η πίεση p_u μετριέται σε t/m^2 , και το ειδικό βάρος γ σε t/m^3 , έπειται ότι το στατικό ύψος h θα μετριέται σε μέτρα κατά τη σχέση:

$$\frac{t/m^2}{t/m^3} = m$$

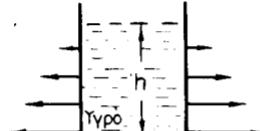
Η σχέση $h = \frac{p_u}{\gamma}$ μας λέει ότι το στατικό ύψος σημείου που

βρίσκεται μέσα σε υγρή μάζα αποτελεί το μέτρο της υδροστατικής πιέσεως στο σημείο αυτό.

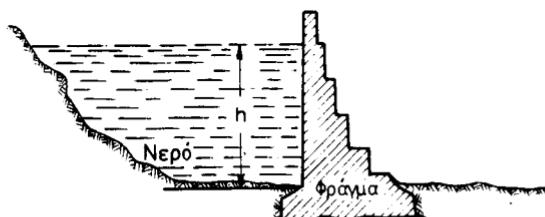
Το σχήμα 112.1α παριστάνει γραφικά τη μεταβολή της υδροστατικής πιέσεως σε συνάρτηση με το στατικό ύψος h . 'Οσο βαθύτερα δηλαδή βρίσκεται ένα σημείο μέσα στη δεξαμενή του υγρού, δηλαδή όσο μεγαλύτερο είναι κάθε φορά το στατικό ύψος του, τόσο μεγαλύτερη και η υδροστατική πίεση. Τα βέλη στο σχήμα παριστάνουν τις δυνάμεις που εξασκεί η πίεση του νερού της δεξαμενής πάνω στα τοιχώματα σε διάφορα βάθη. Αυτό μπορούμε να το επαληθεύσουμε προσαρμόζοντας μανόμετρα πάνω στα τοιχώματα του δοχείου σε διάφορα ύψη και στον πυθμένα του.

Η αιτία της αυξήσεως της υδροστατικής πιέσεως με το βάθος επιβάλλει την κατασκευή των φραγμάτων με κλιμακωτή διάταξη και αυξανόμενο προοδευτικά προς τα κάτω το πάχος του φράγματος (σχ. 112.1β).

Ιδιαίτερης σημασίας εκδήλωση των όσων είπαμε για την



Σχ. 112.1α.

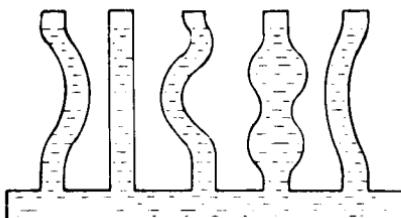


Σχ. 112.1β.

υδροστατική πίεση, αποτελεί το φαινόμενο ή **αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων**.

Κατ' αυτή, όταν δύο ή περισσότερα δοχεία οποιουδήποτε σχήματος περιέχουν το ίδιο υγρό και συγκοινωνούν μεταξύ τους, τότε η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού σε όλα τα δοχεία βρίσκεται στο ίδιο ύψος (σχ. 112.1γ).

Ο γνωστός μας υδροδείκτης των λεβήτων, τα αρτεσιανά φρέατα, ο χωροστάτης ή χωροστάθμη και άλλα παρόμοια αποτελούν εφαρμογες ή φαινόμενα, που στηρίζονται στην αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων.



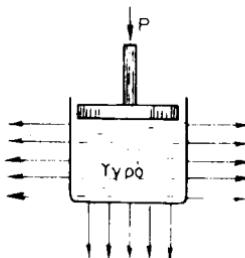
Σχ. 112.1γ.

112.2 Η αρχή του Pascal.

Η αρχή του Pascal καθορίζει ότι η πίεση που ασκείται πάνω στην επιφάνεια υγρού, μεταδίδεται μέσα σε αυτό ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις και σε όλο το βάθος του.

Είναι προφανές ότι η πίεση αυτή προέρχεται από εξωτερικές δυνάμεις, όπως π.χ. η ατμοσφαιρική πίεση ή η πίεση πεπιεσμένου αέρα ή η πίεση που ασκεί έμβολο πάνω στην επιφάνεια του υγρού κλπ. και είναι ανεξάρτητη από τις δυνάμεις της γήινης βαρύτητας.

Το σχήμα 112.2 παριστάνει δοχείο με νερό, πάνω στην επιφάνεια του οποίου εφαρμόζεται μέσω εμβόλου η δύναμη P .



Σχ. 112.2.

Παρατηρούμε τότε ότι οι πιέσεις, οι οποίες ασκούνται από το υγρό πάνω στα τοιχώματα του δοχείου ανεξάρτητες της βαρύτητας, έχουν παντού την ίδια τιμή.

Εφαρμογές της αρχής του Pascal αποτελούν το υδραυλικό πιεστήριο, οι υδραυλικοί γερανοί, τα υδραυλικά φρένα κ.ά.

112.3 Θεμελιώδης εξίσωση της Υδροστατικής.

Είπαμε προηγουμένως ότι η κατανομή της πιέσεως κατά την αρχή του Pascal προϋποθέτει ότι πάνω στο υγρό δεν επιδρά το πεδίο της γήινης βαρύτητας. Παράλληλα στην παράγραφο 112.1 καθορίσθηκε, ότι υδροστατική πίεση πάνω σε ένα σημείο μέσα στη μάζα υγρού είναι αποτέλεσμα ακριβώς της βαρύτητας και εξαρτάται από το στατικό ύψος του θεωρούμενου σημείου.

Από το συνδυασμό των παραπάνω προκύπτει η λεγόμενη Θεμελιώδης εξίσωση (ή Θεμελιώδης Νόμος) της Υδροστατικής, κατά την οποία η συνολική πίεση p_0 πάνω σε σημείο που βρίσκεται μέσα στη μάζα ενός υγρού, πάνω στην επιφάνεια του οποίου εφαρμόζεται εξωτερική πίεση και το οποίο υπόκειται και στις δυνάμεις της γήινης βαρύτητας, είναι ίση με το άθροισμα της p_e που ασκείται πάνω στην επιφάνεια του υγρού και της αντίστοιχης υδροστατικής πιέσεως p_u του θεωρούμενου σημείου, δηλαδή:

$$\text{ή } (επειδή \ p_u = h \cdot \gamma) \quad p_0 = p_e + p_u \\ p_0 = p_e + h \cdot \gamma$$

112.4 Αρχή του Αρχιμήδη.

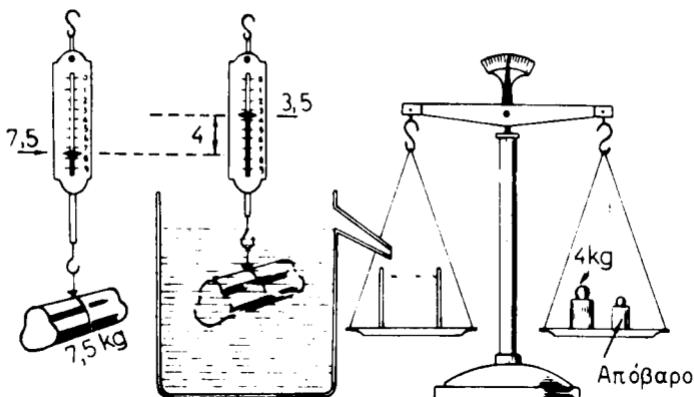
Η αρχή του Αρχιμήδη καθορίζει ότι: ***Κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σε υγρό υφίσταται άνωση ίση προς το βάρος του υγρού το οποίο εκτοπίζει.***

Άνωση καλείται η συνισταμένη όλων των δυνάμεων, που έχασκει το υγρό πάνω στο σώμα. Αποδεικνύεται ότι η συνισταμένη αυτή έχει πάντοτε κατακόρυφη κατεύθυνση προς τα πάνω και αποτελεί επομένως δύναμη αντίθετη από το βάρος του σώματος.

Κατά την αρχή του Αρχιμήδη η άνωση B θα είναι ίση προς:

$$B = V \cdot \gamma$$

όπου V ο όγκος του νερού που εκτοπίζει το σώμα και γ το ειδικό βάρος του υγρού.



Σχ. 112.4.

Η αρχή του Αρχιμήδη αποδεικνύεται πειραματικά με τον ακόλουθο τρόπο.

Παίρνομε (σχ. 112.4) ένα σώμα και το ζυγίζομε έξω από το νερό, βρίσκοντας π.χ. ότι το βάρος του είναι 7,5 kg. Το βυθίζομε στη συνέχεια μέσα στο νερό και παρατηρούμε ότι το βάρος του τώρα είναι 3,5 kg. Ταυτόχρονα όμως διαπιστώνομε ότι μία ποσότητα νερού, τόσου άγκου όσος και ο άγκος του σώματος, χύθηκε από το υπερεκχειλιστικό του δοχείου σε ένα μικρότερο δοχείο, που έχομε τοποθετήσει προηγουμένως σε ζυγαριά. Ζυγίζομε το νερό αυτό και βρίσκομε ότι είναι 4 kg, όση δηλαδή ακριβώς η διαφορά βάρους του σώματος έξω και μέσα στο νερό.

Απλούστερα λέμε ότι κατά την Αρχή του Αρχιμήδη, κάθε σώμα, που βυθίζεται μέσα σε υγρό, χάνει από το βάρος του τόσο, όσο το βάρος του υγρού, που εκτοπίζει.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εάν έχομε ένα σώμα και το εμβαπτίσομε μέσα σε υγρό, θα έχομε κάθε φορά δύο δυνάμεις, που ενεργούν πάνω σε αυτό, το βάρος του και την άνωση. Διακρίνομε συνεπώς τρεις περιπτώσεις:

- Το βάρος του σώματος είναι μεγαλύτερο από την άνωση, οπότε το σώμα βυθίζεται.
- Το βάρος του σώματος είναι ίσο με την άνωση, οπότε το σώμα αιωρείται μέσα στο υγρό, δηλαδή παραμένει ακίνητο οπουδήποτε τοποθετηθεί μέσα στο υγρό.
- Το βάρος του σώματος είναι μικρότερο από την άνωση, οπότε το σώμα βγαίνει εν μέρει από την επιφάνεια του υγρού και επιπλέει.

Είναι προφανές ότι αυτό εξαρτάται από το ειδικό βάρος του σώματος (στερεού ή υγρού), που μπορεί να είναι αντίστοιχα μεγαλύτερο, ίσο ή μικρότερο από το ειδικό βάρος του υγρού. Π.χ. ο φελός, το ξύλο, το λάδι επιπλέουν στο νερό, ενώ ο σίδηρος, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος βυθίζονται.

Η Αρχή του Αρχιμήδη βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στην καθημερινή ζωή και στην Τεχνική. Οτιδήποτε πλέον, όπως τα πλοία, τα υποβρύχια, τα ελαφρότερα από το νερό σώματα, το ανθρώπινο σώμα, οι πλωτήρες κλπ. υπακούει στην Αρχή αυτή. Περισσότερο ενδιαφέρει η Αρχή αυτή τη ναυπηγική, δηλαδή την επιστήμη που ασχολείται με την κατασκευή των πλοίων. Εκεί η Αρχή του Αρχιμήδη μελετάται, αναλύεται και εφαρμόζεται σε όλες τις λεπτομέρειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 113

ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

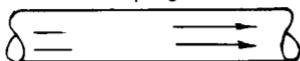
113.1 Η ροή των υγρών.

Η κίνηση των υγρών ονομάζεται στην Υδροδυναμική ειδικότερα **ροή**.

Η ροή των υγρών μέσα σε αγωγούς ή σωλήνες πραγματοποιείται είτε ως **παράλληλη** ή **στραπή** ροή, είτε ως **στροβιλώδης**.

Κατά την **παράλληλη** ροή το υγρό ρέει σε παράλληλες προς τον άξονα του αγωγού γραμμές (σχ. 113.1α), ενώ κατά τη **στροβιλώδη** ροή του υγρού οι υδάτινες γραμμές παίρνουν τη μορφή ακανονίστων καμπυλών, που τέμνουν συνεχώς τη μία την άλλη, και η όλη κίνηση του υγρού πραγματοποιείται με στροβιλισμούς (σχ. 113.1β).

Σωλήνας



Σχ. 113.1α.

Σωλήνας



Σχ. 113.1β.

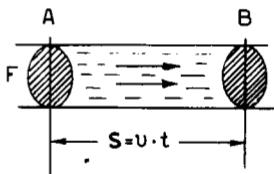
113.2 Παροχή.

Ονομάζεται παροχή ενός αγωγού, μέσα από τον οποίο ρέει ένα υγρό, ο όγκος του υγρού, που περνά από τον αγωγό (δηλαδή ο όγκος του υγρού που παρέχει ο αγωγός) στη μονάδα του χρόνου.

Εξ ορισμού συνεπώς η παροχή θα δίνεται από τον τύπο:

$$Q = \frac{V}{t}$$

όπου Q η παροχή σε m^3/sec , V ο όγκος του υγρού σε m^3 και t ο χρόνος διάρκειας της ροής σε sec.



Σχ. 113.2.

Ας θεωρήσουμε τώρα έναν αγωγό σταθερής διατομής F (m^2), μέσα στον οποίο ρέει υγρό με ταχύτητα V (m/sec) (σχ. 113.2). Επίσης μία διατομή A του αγωγού, από την οποία διέρχεται το υγρό σε μία δεδομένη στιγμή, την οποία και θεωρούμε αρχικό χρόνο καταμετρήσεως. Τα μόρια του υγρού, τα οποία περνούν τη στιγμή αυτή από τη διατομή A , μετά χρόνο t θα βρίσκονται π.χ. στη θέση της διατομής B , που θα απέχει από την A απόσταση s . Η απόσταση αυτή, κατά τα γνωστά από τη Φυσική, θα είναι γινόμενο της ταχύτητας u επί το χρόνο t , δηλαδή θα είναι $s = u \cdot t$.

Αυτό μας λέει ότι ο όγκος V , ο οποίος πέρασε από τη διατομή A , είναι ίσος προς $F \cdot s$, δηλαδή:

$$V = F \cdot s$$

Επειδή όμως $s = u \cdot t$, θα είναι $V = F \cdot u \cdot t$, ενώ η παροχή Q στο σωλήνα αυτό (η οποία δίνεται ως γνωστό από τον τύπο $Q = V/t$)

θα είναι:
$$Q = \frac{F \cdot u \cdot t}{t}$$

δηλαδή
$$Q = F \cdot u$$

Ο τύπος αυτός μας λέει ότι η **παροχή** ενός αγωγού είναι ίση με το **γνόμενο της διατομής** του **επί την ταχύτητα** που έχει το υγρό μέσα σε αυτόν.

Αν υποθέσουμε δηλαδή ότι από αγωγό διαμέτρου $0,5$ m ρέει νερό με ταχύτητα 4 m/sec, θα έχουμε ότι η διατομή F είναι:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot 0,5^2 = 0,195 \text{ m}^2 \text{ και } \text{επειδή } Q = F \cdot u, \text{ θα είναι:}$$

$$Q = 0,195 \text{ m}^2 \cdot 4 \text{ m/sec} = 0,78 \text{ m}^3/\text{sec},$$

δηλαδή η παροχή θα είναι $0,78$ κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο.

Πρακτικά, και όταν αυτό είναι εύκολο, μπορούμε να μετρήσουμε την παροχή ενός σωλήνα, συγκεντρώνοντας υγρό που βγαίνει σε δεξαμενή για ορισμένα χρόνο. Διαιρώντας τότε τον όγκο V του υγρού που συγκεντρώθηκε δια του χρόνου t , κατά τον οποίο διαρκεί η καταμέτρηση, έχουμε την παροχή Q κατά τον τύπο που αναφέρθηκε στην αρχή $Q = V/t$.

113.2 Η ροή των ιδανικών υγρών.

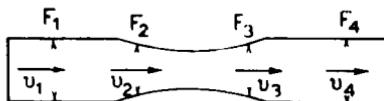
Κατά τη ροή των ιδανικών υγρών εφαρμόζονται οι δύο βασικοί νόμοι:

- α) Ο Νόμος της συνέχειας της ροής και
- β) ο Νόμος του Bernoulli.

A) Ο Νόμος της συνέχειας της ροής.

Ο Νόμος αυτός καθορίζει ότι: Η παροχη μιας φλέβας ή ενός αγωγού είναι σταθερή για οποιαδήποτε διατομή της.

Εάν θεωρήσουμε διάφορες διατομές $F_1, F_2, F_3, F_4 \dots$ ενός αγωγού (σχ. 113.3a) που έχει μεταβλητή διατομή, και εφ' όσον το υγρό είναι ασυμπίεστο και η ροή μόνιμη, θα πρέπει μέσα σε ορισμένο χρόνο να περνά από καθεμιά από τις διατομές ο ίδιος όγκος ρευστού. Επειδή η παροχή Q είναι: $Q = F \cdot u$, θα έχουμε: $Q = F_1 u_1, Q = F_2 u_2, Q = F_3 u_3, Q = F_4 u_4$ κλπ. άρα: $F_1 u_1 = F_2 u_2 = F_3 u_3 = F_4 u_4 = \dots = C$ σταθερό ή γενικά: $F_u =$ σταθερό.



Σχ. 113.3a.

Η σχέση αυτή ονομάζεται εξίσωση της **συνέχειας της ροής** και καθορίζει ότι, **όταν η διατομή αυξάνει, η ταχύτητα ελαττώνεται και αντίστροφα**, ώστε το γνόμενο διατομής επί ταχύτητα να παραμένει πάντοτε το ίδιο και ίσο προς τη **σταθερή παροχή του αγωγού**.

B) Ο Νόμος του Bernoulli.

Ο Νόμος αυτός λέγεται και **θεμελιώδες θεώρημα της Υδροδυναμικής** και ταυτίζεται με την **Αρχή της διατηρήσεως της ενέργειας** για την περίπτωση των υγρών. Ονομάζεται Νόμος

του Bernoulli από το όνομα του ελβετού επιστήμονα Daniel Bernoulli, ο οποίος πρώτος τον διατύπωσε. Στην απλή του μορφή καθορίζει την πίεση που επικρατεί μέσα στα υγρά, όταν αυτά βρίσκονται σε κίνηση. Παρέχει δηλαδή την πίεση κατά μήκος της φλέβας.

Εάν καλέσομε p_e την πίεση του υγρού, γ το ειδικό βάρος του, υ την ταχύτητά του και h το στατικό ύψος ενός θεωρούμενου σημείου, τότε ο Νόμος του Bernoulli παριστάνεται με την ακόλουθη μαθηματική διατύπωση:

$$p_e + \frac{\gamma \cdot u^2}{2g} + \gamma \cdot h = \text{σταθερό}$$

Στον τύπο αυτό p_e παριστάνει την πίεση που δημιουργείται από εξωτερικές δυνάμεις και αποτελεί το μέτρο της **ενέργειας θέσεως**,

η παράσταση $\frac{\gamma u^2}{2g}$ παριστάνει τη δυναμική πίεση και αποτε-

λεί το μέτρο της **κινητικής ενέργειας** του υγρού, ενώ η παράσταση $\gamma \cdot h$ παριστάνει την υδροστατική πίεση και είναι το μέτρο της **δυναμικής ενέργειας** λόγω ύψους ή λόγω του πεδίου βαρύτητας.

Μετά από τα παραπάνω ο Νόμος του Bernoulli καθορίζει ότι: **«Κατά μήκος μιας φλέβας το άθροισμα της εξωτερικής πέσεως, της δυναμικής πέσεως και της υδροστατικής πέσεως είναι σταθερό».**

Σύμφωνα με άλλη διατύπωση καθορίζει ότι: **Κατά μήκος μιας φλέβας η ολική ενέργεια μιας ποσότητας του υγρού** (δηλαδή η ενέργεια θέσεως, η κινητική ενέργεια και η δυναμική ενέργεια λόγω βαρύτητας) **παραμένει σταθερή σε όλο το μήκος της φλέβας**. Γι' αυτό και στην αρχή είπαμε ότι ο Νόμος του Bernoulli ταυτίζεται με την αρχή της διατηρήσεως της ενέργειας για την περίπτωση των υγρών.

Για την ειδική περίπτωση **οριζόντιας φλέβας**, οπότε το ύψος h παραμένει σταθερό κατά τη ροή του υγρού, ο τύπος παίρνει

$$\text{την απλούστερη μορφή: } p_e + \frac{\gamma \cdot u^2}{2g} = \text{σταθερό}$$

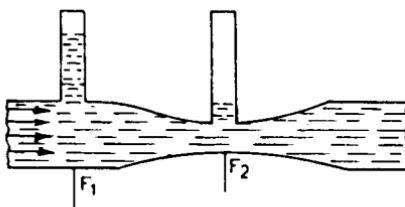
Από αυτό συνάγεται ότι κατά τη ροή του υγρού η πίεση **είναι**

μικρή σε σημεία όπου η ταχύτητα είναι μεγάλη, και αντίθετα είναι μεγάλη σε σημεία όπου η ταχύτητα είναι μικρή, ή και ότι: το άθροισμα της ενέργειας θέσεως και της κινητικής ενέργειας είναι σταθερό.

Αυτό άλλωστε εξηγείται εύκολα δεδομένου ότι, όταν αυξάνεται η κινητική ενέργεια του υγρού, η αύξηση αυτή πραγματοποιείται με αντίστοιχη ελάττωση της ενέργειας θέσεως, ώστε το άθροισμά τους να παραμένει σταθερό.

Γ) Εφαρμογή του Νόμου του Bernoulli στη μέτρηση παροχών με το μετρητή Venturi.

Ο μετρητής Venturi (σχ. 113.3β) είναι απλό όργανο, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παροχής. Στην απλή του μορφή αποτελείται από οριζόντιο σωλήνα, ο οποίος σε κάποιο σημείο φέρει στένωση της διατομής του. Το όργανο τοποθετείται στον αγωγό, του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την παροχή. Με κατάλληλη διάταξη μετράμε τις πιέσεις p_1 , p_2 σε δύο διατομές F_1 και F_2 διαφορετικού εμβαδού.



Σχ. 113.3β.

Κατά τους νόμους της συνέχειας της ροής και του Bernoulli

$$\text{θα έχουμε: } F_1 u_1 = F_2 u_2 \quad \text{και} \quad p_1 + \frac{\gamma u_1^2}{2} = p_2 + \frac{\gamma u_2^2}{2}$$

Από αυτούς τους τύπους προκύπτει η τιμή της ταχύτητας:

$$\text{a)} \quad u_2 = \frac{F_1 \cdot u_1}{F_2}$$

$$\text{b)} \quad p_1 + \frac{\gamma}{g} \frac{u_1^2}{2} = p_2 + \frac{\gamma}{g \cdot 2} \frac{F_1^2 \cdot u_1^2}{F_2^2}$$

$$\gamma) \quad (p_1 - p_2) = \frac{\gamma}{2g} u_1^2 - \frac{F_1^2}{F_2^2} - 1$$

$$\delta) \quad u_1^2 = \frac{2g (p_1 - p_2)}{\gamma \left(\frac{F_1^2}{F_2^2} - 1 \right)}$$

δηλαδή:

$$u_1 = \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \frac{(p_1 - p_2)}{\frac{F_1^2}{F_2^2} - 1}}$$

Από τον παραπάνω τύπο, εφόσον είναι γνωστά το ειδικό βάρος του υγρού γ , οι διατομές F_1 και F_2 του οργάνου και μετρηθούν και οι πίεσεις p_1 και p_2 από αυτό, βρίσκομε την ταχύτητα u_1 στη διατομή F_1 και από αυτά την παροχή.

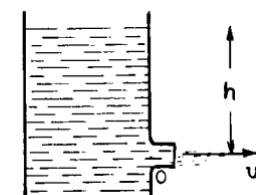
Δ) Θεώρημα του Torricelli.

Το θεώρημα αυτό οφείλεται στον Ιταλό φυσικό Torricelli, ο οποίος μέτρησε και την ατμοσφαιρική πίεση, και προσδιορίζει την εκροή ιδανικού υγρού στον ελεύθερο αέρα.

Στην απλή του διατύπωση λέει ότι:

'Όταν υγρό εκρέει στον ελεύθερο αέρα κάτω από την επίδραση της βαρύτητας από οπή που βρίσκεται σε βάθος h από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού, αποκτά κατά την εκροή ταχύτητα ίση προς εκείνη την οποία θα έπαιρνε εάν έπεφτε ελεύθερα από το ύψος αυτό.'

Προϋπόθεση για την ισχύ του θεωρήματος αυτού είναι ότι η οπή Ο (σχ. 113.3γ) έχει εμβαδό πολύ μικρό σε σχέση με το εμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού μέσα στο δοχείο.

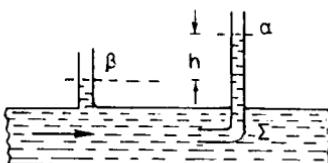


Σχ. 113.3γ.

Η ταχύτητα υ στο σημείο της εκροής δίνεται από τον τύπο: $u = \sqrt{2gh}$ m³/sec, ενώ η παροχή, όταν η διατομή της οπής είναι F, από τον τύπο: $Q = F\sqrt{2gh}$ m³/sec.

Ε) Μέτρηση της ταχύτητας με τον υδρομετρητικό σωλήνα Pitot.

Ο σωλήνας Pitot, που οφείλεται στο Γάλλο Μηχανικό Henri Pitot, είναι απλό όργανο, με τη βοήθεια του οποίου επιτυγχάνομε τον προσδιορισμό της ταχύτητας ροής ενός υγρού σε οποιοδήποτε σημείο του. Είναι σωλήνας γυάλινος Σ (σχ. 113.3δ), που έχει καμφθεί σε ορθή γωνία και ελεύθερος κατά τα δύο του άκρα, και τοποθετείται με το ένα σκέλος παράλληλο προς τον αγωγό και αντίθετο προς τη ροή του νερού. Λόγω της ταχύτητάς του το υγρό ανεβαίνει στο σωλήνα Σ μέχρι τη στάθμη α. Στον πιέζομετρικό σωλήνα σ εξ άλλου το υγρό ανέρχεται λόγω της πιέσεως του μέχρι τη στάθμη β.



Σχ. 113.3δ.

Η διαφορά μεταξύ της στάθμης α και β δίνει το ύψος h, το οποίο και είναι ίσο με: $h = \frac{u^2}{2g}$. Από αυτό η ταχύτητα ροής υ-

πολογίζεται ως $u = \sqrt{2gh}$, ενώ στην πραγματικότητα δίνεται από τον τύπο: $u = C \cdot \sqrt{2gh}$, όπου C συντελεστής που ονομάζεται σταθερά του οργάνου. Ο C δίνεται από τον κατασκευαστή του οργάνου.

Από την ταχύτητα που προσδιορίζεται, υπολογίζεται, κατά τα γνωστά, η παροχή Q από τη σχέση $Q = F \cdot u$, όταν τυχαίνει να είναι γνωστή η διατομή της ροής του νερού στον αγωγό.

113.4 Η ροή των φυσικών υγρών.

Η ροή των φυσικών υγρών είναι διαφορετική από αυτή των ιδανικών, επειδή επηρεάζεται από τα τρία χαρακτηριστικά των φυσικών υγρών (§ 111.1), δηλαδή το **συμπιεστό** τους, τη

συνοχή των μορίων τους και τη **συνάφειά** τους προς τα τοιχώματα του σωλήνα.

Το συμπιεστό όμως ελάχιστα επηρεάζει τη ροή, δεδομένου ότι τα υγρά θεωρούνται πρακτικά ασυμπίεστα. Μεγαλύτερη επήρεια έχει η ιδιότητα αυτή στα αέρια.

Η συνοχή όμως των μορίων του υγρού έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εσωτερικής τριβής μεταξύ τους και χαρακτηρίζεται από το λεγόμενο συντελεστή συνεκτικότητας ή συντελεστή **εσωτερικής τριβής** ή συντελεστή **ιξάδους**. Αυτός μετριέται με ειδικά όργανα, τα ιξόμετρα, σε βαθμούς Engler, Redwood, Saybolt κλπ., και παρέχεται ανάλογα σε κάθε περίπτωση από τα διάφορα εγχειρίδια.

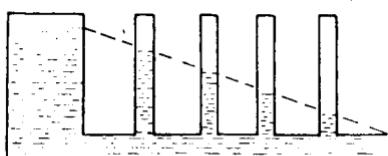
Η συνάφεια τέλος προέρχεται από τη δύναμη επαφής μεταξύ του υγρού και των τοιχωμάτων του σωλήνα. Αυτή εκδηλώνεται κατά τρόπο, ώστε τα μόρια του υγρού που βρίσκονται σε επαφή με τα τοιχώματα του σωλήνα να έχουν μηδενική ταχύτητα, ενώ όσα βρίσκονται στο κέντρο της φλέβας τη μέγιστη. Τα ενδιάμεσα μόρια έχουν ταχύτητα που κυμαίνεται ανάμεσα στη μηδενική και τη μέγιστη ταχύτητα.

A) Η παράλληλη ροή.

Στην παράγραφο 113.3(Β') στην απλουστευμένη μορφή του Νόμου του Bernoulli είδαμε ότι κατά τη ροή ιδανικού υγρού σε οριζόντιο σωλήνα η υδροστατική πίεση κατά μήκος του σωλήνα είναι σταθερή. Αυτό δεν συμβαίνει στη ροή του πραγματικού υγρού. Κατ' αυτήν η πίεση ελαττώνεται κατά μήκος της φλέβας, όπως εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε πειραματικά με τη διάταξη που παριστάνει το σχήμα 113.4a. 'Οπως διακρίνομε σε αυτό, οι ενδείξεις των πιεζομετρικών σωλήνων σταδιακά ελαττώνονται προς το άκρο της έκροής του υγρού.

Η παροχή οριζόντιου σωλήνα με βάση τη διαφορά πιέσεως στα άκρα του δίνεται από το νόμο του Poiseuille με τον τύπο:

$$Q = \frac{\pi}{8\sigma} \cdot \frac{(p_1 - p_2)}{1} \cdot R^4$$



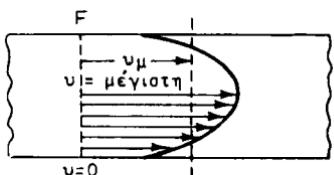
Σχ. 113.4a.

όπου Q η παροχή, $\pi = 3,14$, p_1 και p_2 οι πίεσεις στα άκρα του σωλήνα, 1 το μήκος του σωλήνα, R η ακτίνα του σωλήνα και $\sigma = 0$ συντελεστής ιξώδους ή συνεκτικότητας του υγρού.

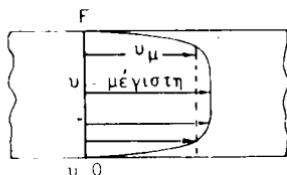
Η κατανομή της ταχύτητας των μορίων του υγρού πάνω σε μια εγκάρσια διατομή του σωλήνα λόγω δυνάμεων συνάφειας και εσωτερικής τριβής παριστάνεται γραφικά στο σχήμα 113.4β. Σε αυτό η ταχύτητα είναι μηδενική σε επαφή με τοιχώματα του σωλήνα, μέγιστη στο κέντρο και παίρνει ενδιάμεσες τιμές για τα υπόλοιπα σημεία της φλέβας, που εξαρτώνται από την απόστασή τους από το κέντρο.

Εάν καλέσομε u_μ τη μέση τιμή της ταχύτητας για όλη τη διατομή F , η παροχή Q του σωλήνα υπολογίζεται εύκολα από τον τύπο:

$$Q = F \cdot u_\mu$$



Σχ. 113.4β.



Σχ. 113.4γ.

Β) Στροβιλώδης ροή.

Στη στροβιλώδη ροή η κατανομή της ταχύτητας πάνω σε μία διατομή του σωλήνα δίνεται γραφικά από την καμπύλη του σχήματος 113.4γ, ενώ η μέση ταχύτητα u_μ έχει τιμή που προσεγγίζει τη μέγιστη.

Η παροχή στη στροβιλώδη ροή υπολογίζεται με τη βοήθεια πολυπλόκων τύπων για κάθε περίπτωση. Κατά τον απλούστερο τρόπο υπολογίζεται με τον τύπο:

$$Q = F \cdot u_\mu$$

εάν είναι γνωστή η μέση ταχύτητα της ροής.

Γ) Κρίσιμη ταχύτητα ροής. Αριθμός του Reynolds.

Από πειράματα του φυσικομαθηματικού Reynolds διαπιστώθηκε ότι η παράλληλη ροή μέσα σε σωλήνα μεταπίπτει σε στροβιλώδη, όταν η ταχύτητα ροής του υγρού υπερβεί ορισμένη τιμή, που λέγεται **κρίσιμη ταχύτητα** u_c .

Η κρίσιμη αυτή ταχύτητα χαρακτηρίζεται από το συντελεστή

ή αριθμό του Reynolds, R, και δίνεται για σωλήνα κυκλικής διατομής από τον τύπο:

$$u_k = R \cdot \frac{g \cdot \sigma}{\gamma \cdot r}$$

όπου είναι: R ο αριθμός Reynolds, g η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας, σ ο συντελεστής συνεκτικότητας ή ιξώδους του υγρού, γ το ειδικό βάρος του υγρού και r η ακτίνα διατομής του σωλήνα.

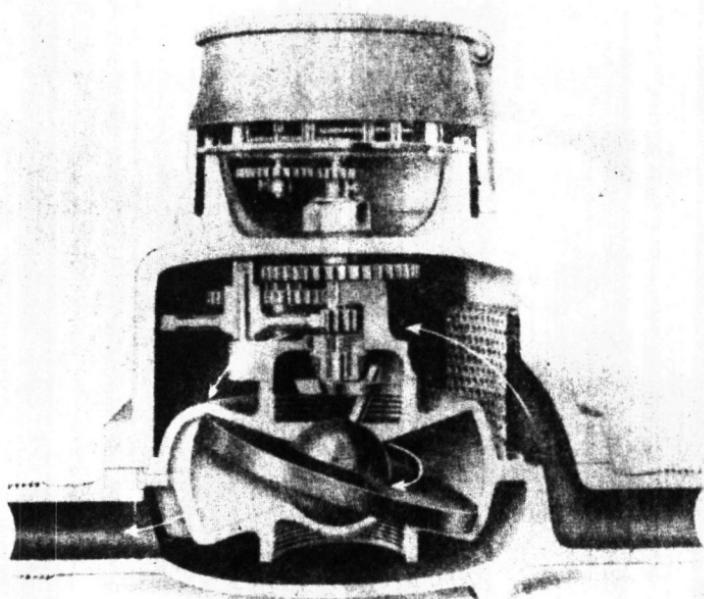
Ο αριθμός του Reynolds είναι καθαρός αριθμός και προσδιορίζεται πειραματικά για κάθε περίπτωση.

Δ) Ροήμετρο.

Για τη μέτρηση της παροχής χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα, τα **ροήμετρα** (τύπου Buffalo, Voith κλπ.).

Αυτά συνήθως αποτελούνται από δίσκο ή έλικα, που περιστρέφεται από το νερό που ρέει, το οποίο περνά από το όργανο κατά τρόπο, ώστε σε κάθε περιστροφή να αντιστοιχεί και ορισμένος όγκος διερχόμενου υγρού.

Ροήμετρο τύπου Buffalo δίνεται στο σχήμα 113.4δ. Αυτό



Σχ. 113.4δ.

είναι όργανο θετικής εκτοπίσεως. Το υγρό μπαίνει από τον αριστερό σωλήνα και ανεβαίνει από το φίλτρο στην κορυφή του κιβωτίου. Ρέει στη συνέχεια προς τη βάση και βγαίνει από το δεξιό σωλήνα. Ο θάλαμος καταμετρήσεως διαιρείται σε δύο διαμερίσματα από μετρητικό δίσκο που περιστρέφεται γύρω από σφαιροειδή φορέα. Η δύναμη της ροής περιστρέφει το δίσκο, κάθε στροφή του οποίου εκτοπίζει ορισμένο όγκο υγρού.

Ο δίσκος συνδέεται με οδοντωτούς τροχούς με τη διάταξη ενδείξεως, που βρίσκεται πάνω στην επάνω όψη του οργάνου και αποτελείται από οριζόντια πλάκα κατάλληλα βαθμολογημένη και δείκτη, ο οποίος παρέχει την παροχή που κάθε φορά μετριέται.

Ε) Εκροή φυσικών υγρών από οπή δοχείου.

Η εκροή φυσικού υγρού δεν ακολουθεί απόλυτα το νόμο του Torricelli: $V = \sqrt{2gh}$, [§ 113.3(Δ')], ο οποίος για τα φυσικά υγρά παρέχει μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας και παροχής από τις πραγματικές.

Πειραματικά διαπιστώθηκε ότι οι διαφορές στις τιμές οφείλονται: στην **εσωτερική τριβή** του υγρού, τη **συνάφειά** του με τα τοιχώματα του δοχείου και την οπή εκροής, την **παραμόρφωση των γραμμών ροής**, οι οποίες βγαίνουν συγκλίνοντας μεταξύ τους, και τη **συστολή της υδάπνης τομής** του υγρού που βγαίνει.

Με βάση τα παραπάνω η πραγματική ταχύτητα ροής του φυσικού υγρού δίνεται από τον τύπο:

$$u = \phi \sqrt{2gh}$$

όπου ϕ είναι ο **συντελεστής ταχύτητας** που εκφράζεται σε εκατοστιαίο ποσοστό, π.χ. $\phi = 92\%$. Η παροχή Q από τον τύπο:

$$Q = F_o \cdot u$$

όπου F_o το πραγματικό εμβαδό της συνεσταλμένης διατομής του υγρού που εκρέει.

Εάν πάρομε το πηλικό ή τη σχέση της συνεσταλμένης διατομής F_o προς τη διατομή της οπής εκροής F , τότε από αυτό θα έχομε τον καλούμενο **συντελεστή συστολής** ψ ίσο προς, $\frac{F_o}{F} \left(\psi = \frac{F_o}{F} \right)$

που εκφράζεται σε εκατοστιαίο ποσοστό (π.χ. $\psi = 85\%$).

Το γινόμενο $\phi \cdot \psi$ ονομάζομε **συντελεστή εκροής** λίστο προς: $\phi \cdot \psi (\lambda = \phi \cdot \psi)$, οπότε η παροχή Q για την περίπτωση φυσικού υγρού δίνεται από τον τύπο: $Q = \lambda \cdot F \cdot \sqrt{2gh}$, όπου οι συντελεστές ϕ και ψ υπολογίζονται κάθε φορά πειραματικά ή παρέχονται από πριν κατά περίπτωση.

ΣΤΙ) Χρόνος εκκενώσεως δοχείων.

Από τον παραπάνω τύπο είναι εύκολος ο υπολογισμός του χρόνου εκκενώσεως δοχείου, όταν είναι γνωστή η παροχή και ο όγκος του υγρού που πρόκειται να εκκενωθεί.

Πιο κάτω εξετάζομε με τη μορφή εφαρμογής τις ακόλουθες τρεις περιπτώσεις υπολογισμού του χρόνου εκκενώσεως υγρού από δοχείο:

α) Εκκένωση από πρισματικό ή κυλινδρικό δοχείο.

Έστω δοχείο πρισματικής ή κυλινδρικής μορφής, η οριζοντιά επιφάνεια του οποίου είναι F_1 και η επιφάνεια της οπής εκροής F (σχ. 113.4ε).

Στην περίπτωση αυτή ο χρόνος εκροής t για την εκκένωση τόσου υγρού, ώστε η στάθμη του από το ύψος h_1 , να κατεβεί στο h_2 θα δίνεται από τον τύπο:

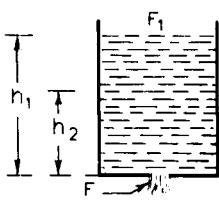
$$t = \frac{2 \cdot F_1 (h_1 - h_2)}{\lambda \cdot F (\sqrt{2gh_1} - \sqrt{2gh_2})}$$

εάν μάλιστα πρόκειται για τέλεια εκκένωση του δοχείου, τότε ο τύπος απλουστεύεται και γίνεται:

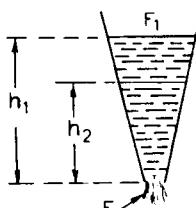
$$t = \frac{2 \cdot F_1}{\lambda \cdot F \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{h_1}$$

β) Εκκένωση από δοχείο τριγωνικής μορφής.

Στην περίπτωση αυτή (σχ. 113.4στ) ο τύπος για εκκένωση από το ύψος h_1 στο h_2 είναι:



Σχ. 113.4ε.



Σχ. 113.4στ.

$$t = \frac{2F_1 (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{5\lambda F h_1^2 \sqrt{2g}}$$

και για ολοκληρωτική εκκένωση απλουστεύεται ως:

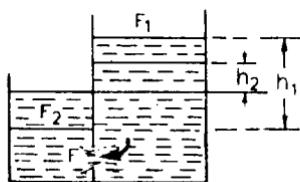
$$t = \frac{2F_1 \sqrt{h_1}}{5\lambda F \sqrt{2g}}$$

Ανάλογοι τέλοις τύποι ισχύουν για άλλες περιπτώσεις εκροής από δοχεία διαφόρων άλλων γεωμετρικών μορφών, δηλαδή κυλινδρικών με τον άξονα οριζόντιο, σφαιρικών κλπ.

γ) Εκροή υγρού από βυθομένη οπή.

Η περίπτωση αφορά δύο δεξαμενές, διαχωρισμένες μεταξύ τους από τοίχωμα, πάνω στο οποίο υπάρχει οπή. Οι δεξαμενές περιέχουν το ίδιο υγρό σε διαφορετική στάθμη η καθεμιά.

Έστω ότι F_1 (σχ. 113.4ζ) η επιφάνεια της δεξαμενής με την υψηλότερη στάθμη και F_2 αυτής με τη χαμηλότερη, F η διατομή της οπής και ότι μετά τη ροή από την οπή η διαφορά στάθμης h_1 έπεσε σε h_2 .



Σχ. 113.4ζ.

Ο χρόνος που απαιτείται για τη ροή αυτή δίνεται από τον τύπο:

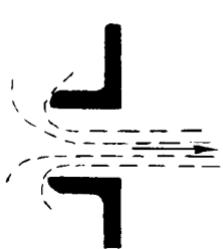
$$t = \frac{2 \cdot F_1 \cdot F_2 (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{\lambda \cdot F (F_1 + F_2) \sqrt{2g}}$$

και εάν οι επιφάνειες F_1 και F_2 είναι ίσες, ο τύπος απλουστεύεται και γίνεται:

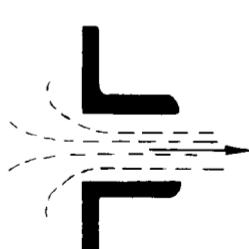
$$t = \frac{F_1 (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{\lambda \cdot F \sqrt{2g}}$$

113.5 Τύποι στομίων εκροής.

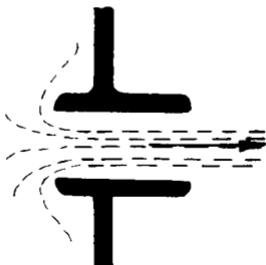
Στα σχήματα 113.5α, 113.5β, 113.5γ, 113.5δ και 113.5ε παριστάνονται διάφοροι τύποι των στομίων εκροής που χρησι-



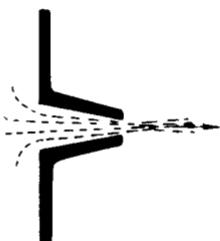
Σχ. 113.5α.



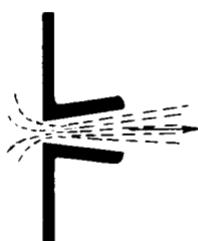
Σχ. 113.5β.



Σχ. 113.5γ.



Σχ. 113.5δ.



Σχ. 113.5ε.

μοποιούνται καθώς και η μορφή που παίρνει η φλέβα του υγρού βγαίνοντας από καθένα από αυτά.

Τα στόμια αυτά ονομάζονται ως εξής:

- Του σχήματος 113.5α **ευθύ εσωτερικό**.
- Του σχήματος 113.5β **ευθύ εξωτερικό**.
- Του σχήματος 113.5γ **ευθύ εσωτερικό - εξωτερικό**.
- Του σχήματος 113.5δ **κωνικό συγκλίνον**.
- Του σχήματος 113.5ε **κωνικό αποκλίνον**.

Η ταχύτητα εκροής από αυτά και η παροχή τους υπολογίζονται κατά τους τύπους:

$$u = \phi \sqrt{2gh} \quad \text{και} \quad Q = \lambda \cdot F \sqrt{2gh} \quad [\S \ 113.4(E)]$$

όπου οι τιμές των ϕ και λ είναι διαφορετικές κατά περίπτωση και υπολογίζονται πειραματικά, ενώ παρέχονται κάθε φορά από κατάλληλους πίνακες.

113.6 Αντιστάσεις και απώλειες σε αγωγούς κάτω από τίεστη.

Οι μορφές των αντιστάσεων και των απωλειών ενέργειας υγρού, του ρέει κάτω από πίεση μέσα σε αγωγό, είναι πολλές και ποικίλες. Το μέγεθος καθεμιάς από αυτές εξαρτάται από

πολλούς παράγοντες, οι οποίοι τελικά σταθμίζονται πειραματικά ως επί το πλείστον, και υπεισέρχονται στη διαμόρφωση εμπειρικών τύπων. Με αυτούς είναι δυνατός ο υπολογισμός των αντιστάσεων και των απώλειών σε κάθε περίπτωση.

Εδώ θα ονομάσουμε μόνο τις αντιστάσεις και απώλειες αυτές, χωρίς να προχωρήσουμε σε υπολογιστικούς τύπους οποιασδήποτε μορφής.

α) Η αντίσταση και οι απώλειες λόγω τριβών και στροβιλώδους ροής.

Κατά την κίνηση φυσικού υγρού σε κάθε φορες αναπτυσσόμενες τριβές ενεργούν ως αντιστάσεις που εμποδίζουν την κίνηση του υγρού.

Στην παράλληλη ροή αυτές εξαρτώνται από την **επφάνεια επαφής** του υγρού, την **ταχύτητα ροής** του και τη **θερμοκρασία**. Στη στροβιλώδη ροή εξαρτώνται από την **επφάνεια επαφής**, από την φύση, δηλαδή την **τραχύτητα της επφάνειάς της**, την **ταχύτητα της ροής**, το **συντελεστή ιξώδους** ή συνεκτικότητας του υγρού και τη **θερμοκρασία**.

β) Η αντίσταση και οι απώλειες λόγω απότομης συκρύνσεως της διατομής του σωλήνα.

Αυτές εμφανίζονται, όταν η διατομή του σωλήνα μικραίνει απότομα (σχ. 113.6a). Λόγω της παρεμβολής του εγκάρσιου τοιχώματος δημιουργούνται **στροβιλοροή**, που έχουν ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της κινήσεως του υγρού που ρέει.

γ) Η αντίσταση και οι απώλειες λόγω απότομης διευρύνσεως της διατομής του σωλήνα.

Είναι ανάλογες προς τις προηγούμενες (σχ. 113.6β) και οφείλονται και εδώ στη δημιουργία επιζημίων στροβιλισμών, που επιβραδύνουν την κίνηση του υγρού.

δ) Η αντίσταση και οι απώλειες λόγω αλλαγής διευθύνσεως του σωλήνα.

Οφείλονται στην **αλλαγή διευθύνσεως** του σωλήνα (σχ. 113.6γ) και εξαρτώνται από τη **διάμετρο του σωλήνα**, την



Σχ. 113.6α.



Σχ. 113.6β.



Σχ. 113.6γ.

απίνα καμπυλότητας στο σημείο της αλλαγής κατευθύνσεως, την **τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας** του σωλήνα, το **ειδικό βάρος** του υγρού και το **ιξώδες** του.

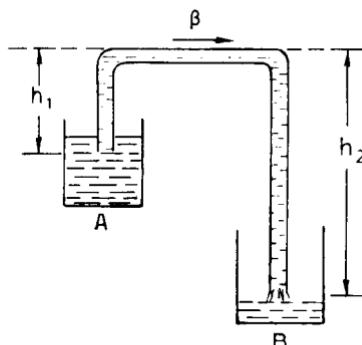
ε) Η αντίσταση και οι απώλειες στις θέσεις παρεμβολής των οργάνων.

Οφείλονται στην παρεμβολή κατά μήκος της φλέβας των διαφόρων οργάνων (**βαλβίδων, διακοπτών, κρουνών, θλιβομέτρων, θερμομέτρων κλπ.**) Από αυτές δημιουργείται **εκτροπή** της φλέβας και ανάλογοι **στροβιλισμοί** με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της κινήσεως του υγρού.

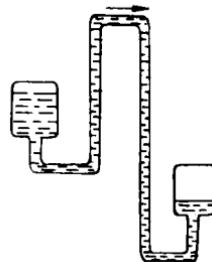
113.7 Ροή των υγρών από το σίφωνα.

Ο σίφωνας αποτελεί διάταξη, με την οποία μπορούμε να προκαλέσουμε τη ροή ή μετάγγιση υγρού από ένα δοχείο σε άλλο που βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη, όταν δεν είναι δυνατό να ανοίξουμε οπή στον πυθμένα του δοχείου που βρίσκεται ψηλότερα. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε σωλήνα, τον οποίο προηγουμένως γεμίζουμε με το υγρό που θέλομε να μεταγγίσουμε. Ο σωλήνας τοποθετείται όπως στο σχήμα 113.7α, το οποίο παριστάνει την όλη διάταξη του σίφωνα.

Η λειτουργία του σίφωνα βασίζεται στις δυνάμεις συνοχής των μορίων του υγρού. Η ροή προκαλείται από τη διαφορά βάρους των δύο υγρών στηλών h_1 και h_2 . Η στήλη h_2 περιέχει υγρό μεγαλύτερου βάρους από τη στήλη h_1 . Επειδή η φλέβα του υγρού δεν διακόπτεται λόγω της συνοχής των μορίων του, το υγρό θα κινηθεί κατά την έννοια του βέλους β .



Σχ. 113.7α.



Σχ. 113.7β.

Από τη λειτουργία του σίφωνα είναι φανερό ότι, αν δεν υπήρχαν οι δυνάμεις συνοχής, οι δύο στήλες του υγρού θα διακόπτονταν.

Είναι ευνόητο επίσης ότι η λειτουργία του σίφωνα δεν εξαρτάται από την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πιέσεως, επομένως ο σίφωνας μπορεί να λειτουργήσει και στο κενό. Το σχήμα 113.7β παριστάνει διάταξη σίφωνα που λειτουργεί σε κενό. Από τα δύο δοχεία α και β αφαιρείται προηγουμένως ο ατμοσφαιρικός αέρας. Για να θέσομε σε λειτουργία το σίφωνα, τον γέρνομε προς τα αριστερά, ώστε να αναγκάσομε όλο το υγρό να συγκεντρωθεί στο δοχείο α. Κατόπιν τον γέρνομε προς τα δεξιά, οπότε αρχίζει η ροή του νερού κατά την έννοια του βέλους β, και στη συνέχεια τον επαναφέρομε στην κατακόρυφη θέση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 114

Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΠΟΥ ΡΕΕΙ – ΙΣΧΥΣ

114.1 Γενικά.

Η μελέτη της δυναμικής ενέργειας του υγρού που ρέει ενδιαφέρει ιδιαίτερα τους υδραυλικούς κινητήρες και αποσκοπεί στον υπολογισμό του έργου που παράγεται από σώμα, όταν αυτό δέχεται την κρούση νερού που ρέει (είτε το σώμα είναι ακίνητο, είτε βρίσκεται σε κίνηση).

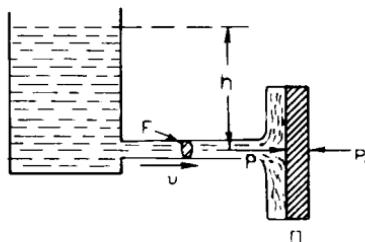
114.2 Κρούση του ρέοντος υγρού πάνω σε σταθερό σώμα.

Ας λάβομε (σχ. 114.2) την απλούστερη περίπτωση μιας επιπέδης πλάκας, προς το επίπεδο της οποίας πέφτει κάθετα υγρή μάζα διατομής F με ταχύτητα u . Κατά την πτώση του νερού αναπτύσσεται δύναμη P και η αντίθετή της αντίδραση P_1 .

Εάν καλέσομε Q την παροχή της διατομής F και γ το ειδικό βάρος του υγρού, θα έχομε ότι η δύναμη P , είναι ίση με:

$$P = \frac{\gamma}{g} \cdot Q \cdot u$$

και επειδή $Q = F \cdot u$, προκύπτει ότι: $P = \frac{\gamma}{g} \cdot F \cdot u \cdot u$



Σχ. 114.2.

δηλαδή

$$P = \frac{\gamma}{g} F \cdot u^2$$

Εάν με μεγάλη προσέγγιση, παραλείποντας τις τριβές κλπ. θεωρήσομε ότι η ταχύτητα του νερού που ρέει είναι κατά το θεώρημα του Toricelli ίση προς $u = \sqrt{2gh}$, οπότε και $h = \frac{u^2}{2}$ ο τύπος της δυνάμεως κρούσεως γίνεται:

$$P = 2 \cdot \gamma \cdot F \cdot h$$

Αυτό σημαίνει ότι η πλάκα Π δέχεται δύναμη ίση προς το διπλάσιο του βάρους στήλης νερού διατομής F και ύψους h .

114.3 Κρούση του ρέοντος υγρού πάνω σε κινητό σώμα.

Εάν τώρα θεωρήσομε ότι η πλάκα Π δεν είναι ακίνητη, αλλά μπορεί να κινηθεί με ταχύτητα u_0 κατά την έννοια της ροής και εξαιτίας αυτής, τότε παράγεται έργο από την πλάκα, το οποίο βρίσκεται ως εξής:

Ο όγκος του υγρού, ο οποίος κτυπά την πλάκα στη μονάδα του χρόνου, θα είναι $Q = F(u - u_0)$ και η αναπτυσσόμενη δύναμη

$$P = \frac{\gamma}{g} F \cdot (u - u_0)$$

Το έργο τότε ανά μονάδα χρόνου θα είναι:

$$W = P \cdot u_0 = \frac{\gamma}{g} F (u - u_0)^2$$

$$\dot{W} = \frac{\gamma}{g} Q (u - u_0) u_0 \text{ σε kgm/sec}$$

οπότε και η αναπτυσσόμενη ισχύς N θα δίνεται από τον τύπο:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot u_0 (u - u_0)}{75 \cdot g} \quad \text{σε PS (μετρικούς ίππους).}$$

Το έργο που παράγεται από την πλάκα Π αποδεικνύεται ότι

γίνεται μέγιστο όταν η ταχύτητα u_0 της πλάκας γίνει ίση προς το μισό της ταχύτητας του νερού, δηλαδή:

$$u_0 = \frac{u}{2}$$

οπότε και το μέγιστο έργο W_μ που αποδίδεται στη μονάδα του χρόνου θα είναι:

$$W_\mu = \frac{\gamma \cdot Q \cdot u^2}{4g}$$

Επειδή τέλος η κινητική ενέργεια (K E) του νερού είναι, κατά τα γνωστά ίση προς: $K E = \frac{1}{2} mu^2$, όπου m η μάζα του νερού ίση προς B/g (όπου B το βάρος, που είναι ίσο με τον όγκο Q επί το ειδικό βάρος γ), θα έχουμε ότι:

$$K E = \frac{1}{2} \cdot \frac{B}{g} u^2$$

ή $K E = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q \cdot \gamma}{g} u^2$

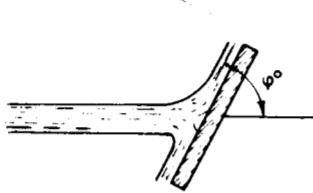
ή $K E = \frac{\gamma \cdot Q \cdot u^2}{2g}$

οπότε προκύπτει ότι: $W_\mu = \frac{1}{2} K E$

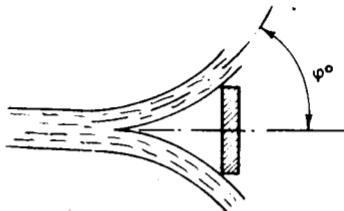
Δηλαδή το μέγιστο έργο που μπορεί να αποδοθεί από την πλάκα είναι ίσο με το μισό της κινητικής ενέργειας του υγρού.

114.4 Άλλες περιπτώσεις κρούσεως του υγρού που ρέει.

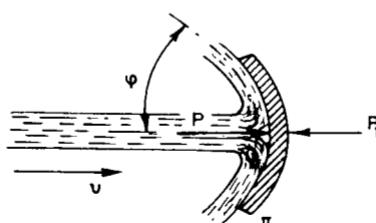
Ανάλογη με τα παραπάνω είναι η μελέτη της ενέργειας του νερού που ρέει και του έργου που παράγεται για άλλες περιπτώσεις, οι οποίες ενδιαφέρουν τους υδραυλικούς κινητήρες, όπως π.χ. πλάκας κεκλιμένης σε γωνία φ ως προς τον άξονα



Σχ. 114.4α.



Σχ. 114.4β.



Σχ. 114.4γ.

της ροής του νερού (σχ. 114.4α) ή μικρής πλάκας (σχ. 114.4β). Στις περιπτώσεις αυτές οι προηγούμενοι τύποι γίνονται περισσότερο πολύπλοκοι και επηρεάζονται κατ' αρχήν κάθε φορά από τη γωνία ϕ° .

Ειδικότερα, αν θεωρήσουμε κοίλη πλάκα ή πτερύγιο π, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στους υδραυλικούς κινητήρες (σχ. 114.4γ), θα έχομε ότι η δύναμη P θα είναι ίση με:

$$P = \frac{\gamma}{g} F \cdot u^2 (1 + \text{συνφ})$$

κι αν το πτερύγιο κινείται με ταχύτητα u_0 , η δύναμη P θα είναι:

$$P = \frac{\gamma}{g} Q (u - u_0) (1 + \text{συνφ})$$

το έργο: $W = \frac{\gamma}{g} Q \cdot u_0 (u - u_0) (1 + \text{συνφ})$ σε kgm/sec

και η ισχύς $N = \frac{\gamma \cdot Q u_0 (u - u_0) (1 + \text{συνφ})}{75 g}$ σε PS (μετρικούς ίππους)

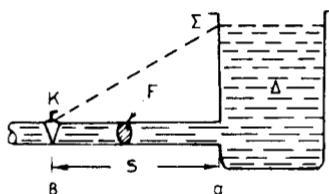
114.5 Το υδραυλικό κτύπημα.

Έστω ότι από τη δεξαμενή Δ (σχ. 114.5a) ρέει μέσα στο σωλήνα αβ υγρό με ταχύτητα υ και ότι στο άκρο του σωλήνα υπάρχει κρουνός Κ τελείως ανοικτός. Η παροχή από το σωλήνα τότε είναι η μέγιστη και η πιεζομετρική γραμμή ΣΚ [σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 133.4(A)] περνά από το άκρο α του σωλήνα, όπου και ο κρουνός.

Εάν κατά τη διάρκεια της ροής κλείσομε απότομα τον κρουνό Κ, η ταχύτητα ροής μηδενίζεται και η κινητική ενέργεια μετασχηματίζεται σε δυναμική με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της πιεσεως, που τελικά προκαλεί ισχυρή κρούση στο σωλήνα. Η κρούση αυτή ονομάζεται **υδραυλικό κτύπημα**.

Το υδραυλικό κτύπημα μεταδίδεται με τη μορφή κύματος προς τη δεξαμενή, ανακλάται και επανέρχεται μέχρι τον κρουνό Κ, μεταδίδεται πάλι προς τη δεξαμενή, ανακλάται πάλι, μέχρις ότου η μάζα του νερού (αφού ταλαντεύεται επανειλημμένα) ηρεμήσει τελείως. Αυτό είναι τόσο ισχυρό, ώστε μπορεί μερικές φορές να προκαλέσει και σπάσιμο του σωλήνα ή άλλη ζημιά στο συγκρότημα.

Γ' αυτό και πρέπει το κλείσιμο του κρουνού Κ να γίνεται όσο το δυνατό πιο αργά, εφόσον βεβαίως το επιτρέπουν οι συνθήκες λειτουργίας της εγκαταστάσεως.

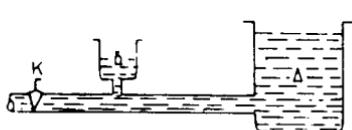


Σχ. 114.5a.

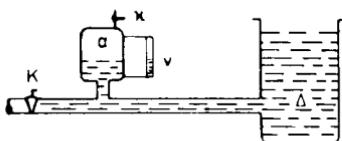
Εάν καλέσομε P τη δύναμη του κτυπήματος, ρ την ένταση ή πίεση του, F τη διατομή του σωλήνα, s το μήκος του σωλήνα αβ, υ την ταχύτητα του υγρού και t το χρόνο που απαιτείται για να ηρεμήσει, τότε, θεωρώντας το υγρό πρακτικά ασυμπίεστο και το υλικό του σωλήνα ανελαστικό, θα έχομε:

$$P = \frac{\gamma \cdot F \cdot s \cdot u}{g t} \quad \text{σε kg}$$

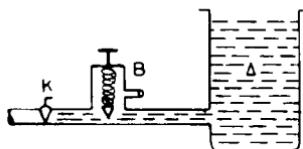
και η ένταση ή πίεση του κτυπήματος θα είναι: $p = \frac{P}{F}$



Σχ. 114.5β.



Σχ. 114.5γ.



Σχ. 114.5δ.

δηλαδή

$$p = \frac{\gamma \cdot s \cdot u}{g \cdot t} \text{ σε } \text{kg/m}^2$$

Για την αντιμετώπιση του υδραυλικού κτυπήματος στις υδραυλικές εγκαταστάσεις παρεμβάλλεται συχνά στο σωλήνα μικρή δεξαμενή εκτονώσεως δ (σχ. 114.5β) ή αεροκώδωνας (α) (σχ. 114.5γ). Αυτός ενεργεί ως απορροφητικό ελατήριο της κρούσεως με τη συμπίεση του αέρα που βρίσκεται μέσα σε αυτόν και εφοδιάζεται με υδροδείκτη υ και εξαεριστικό κρουνό κ. Μπορεί επίσης να παρεμβληθεί ασφαλιστική βαλβίδα Β (σχ. 114.5δ) που ρυθμίζεται με τη βοήθεια ελατηρίου, ώστε να ανοιγει σε ορισμένη τιμή της πιέσεως, πριν δηλαδή αυτή φθάσει σε επικίνδυνη τιμή.

Όσα αναπτύχθηκαν μέχρι τώρα από την υδραυλική είναι αναγκαία για την κατανόηση στη συνέχεια της περιγραφής των υδραυλικών κινητήρων και αντλιών, η οποία και αναπτύσσεται στα επόμενα κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 115

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

115.1 Γενικά.

Υδραυλικοί κινητήρες ονομάζονται οι μηχανές, που χρησιμοποιούν την υδραυλική ενέργεια για την παραγωγή αφέλιμου έργου.

Λέγοντας υδραυλική ενέργεια εννοούμε είτε τη δυναμική ενέργεια του νερού, δηλαδή το βάρος ḥ την πίεσή του, είτε την κινητική, η οποία και προσδιορίζεται από την ταχύτητα κινήσεώς του.

Οι υδραυλικοί κινητήρες κατατάσσονται σε τρία βασικά είδη:
α) Κινητήρες που λειτουργούν με το βάρος του νερού. Αυτοί ονομάζονται ειδικότερα **υδραυλικοί τροχοί**.

β) Κινητήρες που λειτουργούν με την πίεση του νερού. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι **εμβολοφόροι υδροκινητήρες** και τα **υδραυλικά πιεστήρια**.

γ) Κινητήρες που λειτουργούν με την κινητική ενέργεια του νερού. Αυτοί ονομάζονται ειδικότερα **υδροστρόβιλοι**.

Είναι προφανές ότι οι παραπάνω κινητήρες διαφέρουν βασικά από τους θερμικούς κινητήρες, που μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια σε μηχανικό έργο. Οι υδραυλικοί κινητήρες χρησιμοποιούν ως εργαζόμενη ουσία το νερό και μετατρέπουν τη μηχανική ενέργειά του, δηλαδή τη δυναμική ḥ κινητική του ενέργεια, σε μηχανικό έργο.

Από τα τρία είδη υδραυλικών κινητήρων, που αναφέρθηκαν οι υδραυλικοί τροχοί χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα και για πολλά χρόνια για την κίνηση διαφόρων μηχανισμών, όπως π.χ. μύλων, γεννητριών κλπ., σήμερα όμως χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρή κλίμακα.

Οι εμβολοφόροι κινητήρες χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις για την κίνηση ορισμένων μηχανισμών, ενώ τα υδραυλικά πιεστήρια για την εφαρμογή πολύ μεγάλων δυνά-

μεων με πολύ μικρή ταχύτητα, δηλαδή σε μεγάλα πιεστικά μηχανήματα, όπως είναι π.χ. οι καλούμενες υδραυλικές πρέσες και οι υδραυλικοί γρύλοι.

Οι υδροστρόβιλοι τέλος χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεγάλη έκταση κυρίως για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών και κατασκευάζονται σε μονάδες ποικίλης ισχύος, από πολύ μικρή (από 10 kW) έως και πολύ μεγάλη (μέχρι και 500 000 kW).

Ως ένα παράδειγμα μεγάλης χρησιμοποίησεως των υδροστροβίλων αναφέρομε ότι το σύνολο σχεδόν της ηλεκτρικής ενέργειας της Ελβετίας παράγεται σήμερα από γεννήτριες που κινούνται από υδροστρόβιλους. Στη χώρα μας επίσης γίνεται μεγάλη χρήση τους, ώστε το 30% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει η ΔΕΗ, να προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια της, που κινούνται από υδροστρόβιλους.

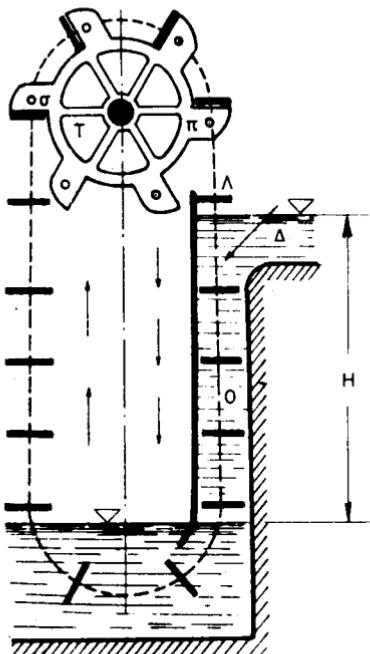
Αναγκαία προϋπόθεση για τη λειτουργία των υδραυλικών κινητήρων γενικά είναι ότι πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Γι' αυτό και οι κινητήρες αυτοί εγκαθίστανται πάντοτε σε μέρη, όπου υπάρχει άφθονο νερό, όπως π.χ. κοντά σε ποτάμια, λίμνες κλπ. Σε πολλές περιπτώσεις κατασκευάζονται ειδικά μεγάλα υδραυλικά έργα (φράγματα, τεχνητές λίμνες, διώρυγες κλπ.), για να δεσμευθούν κατάλληλα οι αναγκαίες ποσότητες νερού που απαιτούνται για τη συνεχή λειτουργία των υδραυλικών κινητήρων.

115.2 Οι υδραυλικοί τροχοί.

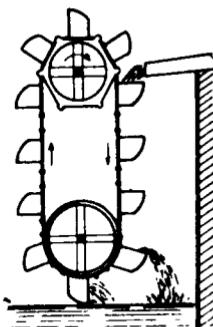
Οι υδραυλικοί τροχοί, όπως αναφέρθηκε, είναι το παλαιότερο είδος υδραυλικών κινητήρων, που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ισχύος. Εργάζονται με το βάρος του νερού, που πέφτει από μικρό σχετικά ύψος, έχουν μεγάλες διαστάσεις και βάρος σε σύγκριση με την ισχύ που αποδίδουν, η οποία εξαλλού χαρακτηρίζεται και ως μικρή. Ως μικρή επίσης χαρακτηρίζεται και η ταχύτητα, με την οποία περιστρέφονται.

Το σχήμα 115.2α παριστάνει χαρακτηριστικό τύπο υδραυλικού τροχού. Παρατηρούμε ότι αποτελείται από τροχό Τ, ο οποίος φέρει στην περιφέρειά του ακτινικούς προβόλους Π, που διαπερνούνται από πείρο. Ο τροχός περιβάλλεται από αλυσίδα που φέρει σε ίσες αποστάσεις τα ελάσματα Λ, τα οποία ακουμπούν πάνω στους προβόλους Π.

Το νερό πέφτει από τη στάθμη της δεξαμενής Δ μέσω του οχετού Ο, ωθεί με το βάρος του όλα τα ελάσματα Λ που περιέ-



Σχ. 115.2α



Σχ. 115.2β.

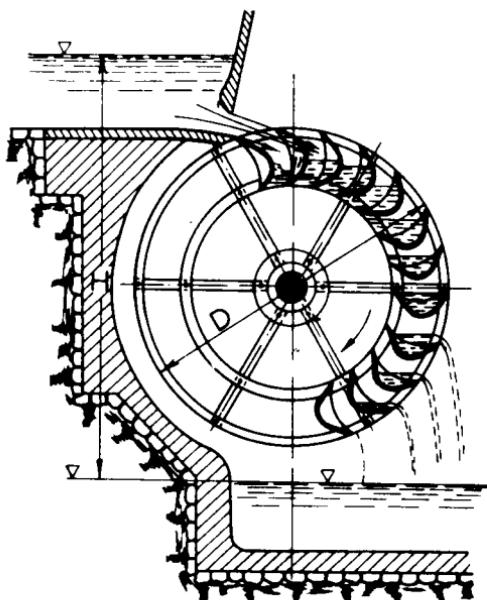
χονται στο ύψος H , δηλαδή μέσα στη διαφορά στάθμης από τη δεξαμενή μέχρι τον οχετό απαγωγής του νερού, και αναγκάζει έτσι τον τροχό T σε περιστροφική κίνηση. Κατά την περιστροφή του τροχού τα ελάσματα Λ μπαίνουν διαδοχικά στον οχετό O , δέχονται το βάρος του νερού, καθένα περιστρέφει τον τροχό T και λόγω της αλυσιδωτής τους συνδέσεως ανεβαίνουν, παρασυρόμενα από τον τροχό, για να μπουν με τη σειρά τους πάλι στον οχετό O και να το επαναλαμβάνουν αυτό αδιάκοπα, όσο ο τροχός βρίσκεται σε λειτουργία.

Μία άλλη μορφή τροχού αυτής της κατηγορίας παριστάνει το σχήμα 115.2β όπου αντί επιπέδων ελασμάτων χρησιμοποιούνται κύπελλα συνδεμένα κατ' αλυσιδωτή διάταξη μεταξύ τους. Αυτά γεμίζουν με νερό που εκρέει από το στόμιο S της δεξαμενής, περιστρέφουν τον τροχό με το βάρος τους και στο κατώτερο σημείο της διαδρομής τους αδειάζουν το νερό προς τον οχετό απαγωγής του. Κατά τα άλλα η λειτουργία του τροχού είναι όμοια με τη λειτουργία του προηγούμενου.

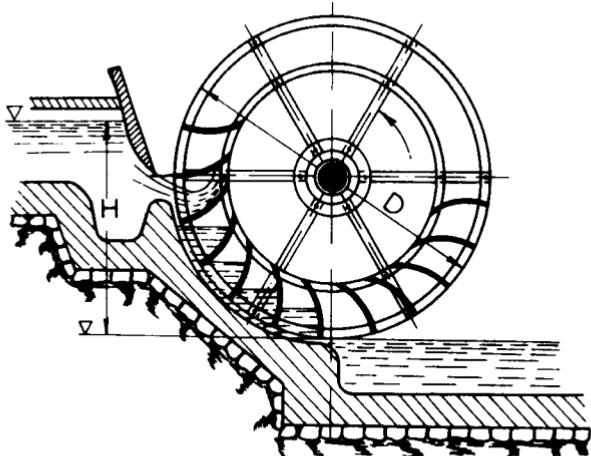
Ένα περισσότερο εξελιγμένο είδος υδραυλικών τροχών, που μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ως τον πρόδρομο των υδροστροβίλων, είναι αυτό στον οποίο τα κύπελλα είναι σταθερά προσαρμοσμένα στην περιφέρεια του ίδιου του τροχού.

Τα σχήματα 115.2γ, 115.2δ και 115.2ε παριστάνουν τρεις υδραυλικούς τροχούς αυτής της κατηγορίας. Σε όλους αυτούς D είναι η διάμετρος του τροχού και H η εκμεταλλεύσιμη διαφορά στάθμης του νερού. Παρατηρούμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το σημείο όπου πραγματοποιείται η είσοδος ή αλλιώς η προσβολή του νερού. Έτσι, ο τροχός του σχήματος 115.2γ λέγεται τροχός **επάνω προσβολής**, του σχήματος 115.2δ **μεσαίας προσβολής** και του σχήματος 115.2ε **κάτω προσβολής**.

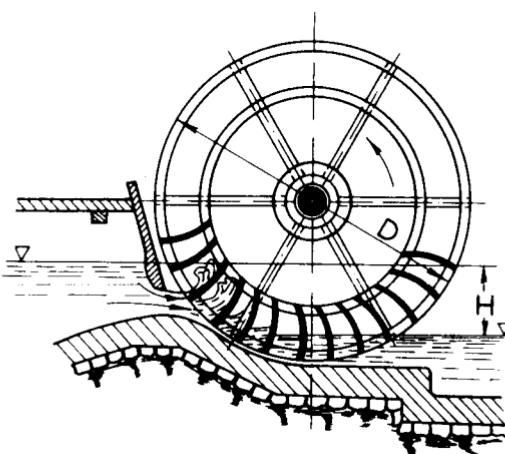
Οι τροχοί αυτοί περιστρέφονται με το βάρος του νερού, που βρίσκεται σε όσα κύπελλα είναι γεμάτα. Η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ο τροχός, είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο περισσότερα είναι τα γεμάτα κύπελλα και όσο η θέση, από την οποία πέφτει το νερό βρίσκεται υψηλότερα. Το ύψος H από όπου πέφτει το νερό, στην προκειμένη περίπτωση, έχει ιδιαίτερη σημασία, επειδή η περιστροφή του τροχού στην πραγματικότητα δεν γίνεται μόνο από το βάρος του νερού, αλλά και



Σχ. 115.2γ.
Τροχός άνω προσβολής.



Σχ. 115.2δ.
Τροχός μεσαίας προσβολής.



Σχ. 115.2ε.
Τροχός κάτω προσβολής.

από τη δύναμη κρούσεως, που αυτό εφαρμόζει λόγω της ταχύτητάς του. Καθώς τώρα περιστρέφεται ο τροχός, το νερό που βρίσκεται μέσα σε κάθε κύπελλο, αποκτά φυγόκεντρη δύναμη και έχει έτσι την τάση να εκσφενδονισθεί προς τα έξω. Αν αυτό συμβεί, το βάρος του νερού σε κάθε κύπελλο θα ελαττωθεί, με αποτέλεσμα να μας αποδώσει ο τροχός λιγότερο έννοι. Γι' αυτό

όταν έχομε τροχούς αυτού του τύπου, πρέπει να φροντίζομε, ώστε η ταχύτητα περιστροφής τους να μην υπερβαίνει ορισμένα όρια, πέρα από τα οποία το νερό εκτινάσσεται από τα κύπελλα.

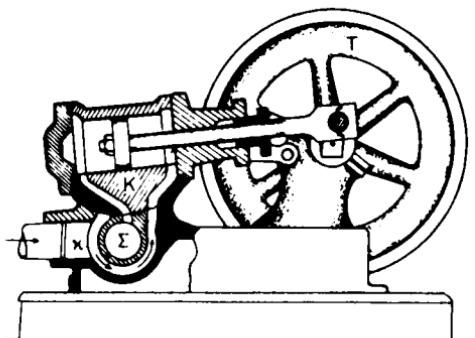
115.3 Εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες και υδραυλικά πιεστήρια.

Η λειτουργία τους, όπως είπαμε και στην αρχή, βασίζεται στη χρησιμοποίηση της πιέσεως του νερού ή άλλου υγρού που εργάζεται μέσα σε αυτούς για την παραγωγή μηχανικού έργου.

Α) Οι εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες.

Το σχήμα 115.3α παριστάνει σε τομή εμβολοφόρο υδραυλικό κινητήρα συνθησισμένης μορφής. Σε αυτόν ως εργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται το νερό, το οποίο κατεβαίνει με σωλήνα από λίμνη ή δεξαμενή ή διώρυγα κλπ., που βρίσκονται σε υψηλή στάθμη (ενώ ο υδραυλικός κινητήρας βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη).

Το νερό στο κάτω άκρο του σωλήνα κέχει πίεση, κατά τα γνωστά από την Υδραυλική, ανάλογη προς το στατικό ύψος του σημείου εισόδου του στον κινητήρα, δηλαδή ανάλογη προς το ύψος της στήλης του νερού. Με αυτή λοιπόν την πίεση μπαίνει στον κύλινδρο μέσω θυρίδας, που αφήνει κάθε φορά ανοικτή ο σύρτης Σ του μηχανήματος, και ωθεί το έμβολο προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά ανάλογα. Το βάκτρο του εμβόλου περιστρέφει στη συνέχεια τον τροχό T χωρίς την παρεμβολή διωστήρα. Καθώς περιστρέφεται ο τροχός T και δεδομένου ότι δεν παρεμβάλλεται διωστήρας, το όλο σώμα του κυλίνδρου



Σχ. 115.3α.

ταλαντεύεται δεξιά-αριστερά, ώστε οι θυρίδες του να αντικρύζουν εναλλακτικά τη μία φορά το χώρο εισαγωγής του νερού που συγκοινωνεί με το σωλήνα και την άλλη το χώρο εξαγωγής (η εξαγωγή γίνεται από το εσωτερικό του σύρτη Σ, ο οποίος παραμένει ακίνητος).

Κατ' αυτόν τον τρόπο, όταν από τη μία θυρίδα γίνεται εισαγωγή νερού στον κύλινδρο, από την άλλη γίνεται εξαγωγή του νερού, που είχε εισαχθεί προηγουμένως, και αυτό επαναλαμβάνεται αδιάκοπα, εφ' όσον ο κινητήρας τροφοδοτείται με νερό και βρίσκεται σε λειτουργία.

Ο κινητήρας εργάζεται όπως η παλινδρομική ατμομηχανή, χωρίς όμως εκτόνωση λόγω του ότι, όπως γνωρίζομε από την Υδραυλική, ο όγκος του νερού είναι πρακτικά αμετάβλητος.

Εκτός από τον τύπο που περιγράψαμε πιο πάνω υπάρχουν και άλλοι τύποι έμβολοφόρων υδροκινητήρων, όπου ο σύρτης κινείται από το βάκτρο τους, με τη βοήθεια τροχαλίας, αντιβάρου κλπ. Όλοι όμως, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιούνται ελάχιστα σήμερα.

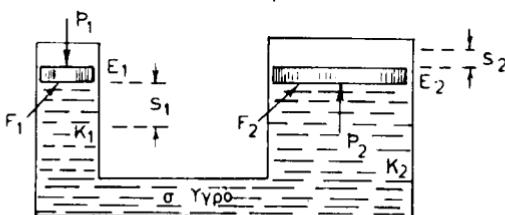
B) Τα υδραυλικά πιεστήρια.

Το υδραυλικό πιεστήριο είναι μηχανή, που η λειτουργία της βασίζεται στην αρχή του Pascal (\S 114.2).

Στο σχήμα 115.3β δίνεται διαγραμματικά η λειτουργία υδραυλικού πιεστηρίου. Αυτό αποτελείται από δύο κυλίνδρους K_1 - K_2 μικρής και μεγάλης διαμέτρου, γεμάτους υγρό. Οι κύλινδροι συγκοινωνούν μεταξύ τους με το σωλήνα σ και κλείνονται από πάνω με τα έμβολα E_1 και E_2 μικρής και μεγάλης διαμέτρου αντίστοιχα.

Εάν πάνω στο μικρό έμβολο E_1 εξασκήσουμε δύναμη P_1 , η πίεση πάνω στην επιφάνεια F_1 του υγρού θα είναι:

$$p_e = \frac{P_1}{F_1}$$



Σχ. 115.3β.

Κατά την αρχή του Pascal, η πίεση πάνω στην επιφάνεια F_2 θα είναι η ίδια, δηλαδή ίσης προς p_e , και επομένως η δύναμη, που θα εξασκείται πάνω στην επιφάνεια F_2 θα είναι: $P_2 = F_2 \cdot p_e$.

Θα έχομε επομένως: $P_2 = F_2 \cdot \frac{P_1}{F_1}$ και από αυτό:

$$\frac{P_2}{F_2} = \frac{P_1}{F_1}$$

Αυτό σημαίνει ότι οι δυνάμεις που εφαρμόζονται πάνω στα έμβολα είναι ανάλογες με τις επιφάνειές τους.

Με άλλους λόγους με μικρή δύναμη P_1 πάνω στο μικρό έμβολο, δημιουργούμε στη μάζα του υγρού πίεση p_e , η οποία, όταν εφαρμόζεται πάνω στην επιφάνεια του μεγάλου έμβολου, μας δημιουργεί την πίεση P_2 . Αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη της P_1 , όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση μεταξύ των επιφανειών των έμβολων $F_2 : F_1$.

Από τη σχέση αυτή αντιλαμβανόμαστε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του έμβολου E_2 , που ονομάζεται **ανυψωτικό**, σε σχέση με την επιφάνεια του έμβολου E_1 , που ονομάζεται **κινητήριο**, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το βάρος, που μπορούμε να ανυψώσουμε με το έμβολο E_2 ή γενικότερα τόσο μεγαλύτερη η αντίσταση, που μπορούμε να υπερνικήσουμε με τη δύναμη P_1 , που εφαρμόζομε στο μικρό έμβολο. Δηλαδή μπορούμε να πούμε ότι το υδραυλικό πιεστήριο ενεργεί ως είδος υδραυλικού μηχανού.

Πρέπει μόνο να σημειωθεί ότι οι διαδρομές των δύο έμβολων είναι αντιστρόφως ανάλογες των επιφανειών τους.

Έτσι, αν καλέσομε S_1 και S_2 τις αντίστοιχες διαδρομές των έμβολων E_1 και E_2 και αν λάβουμε υπόψη ότι το έργο W που παράγεται από το έμβολο E_1 θα είναι ίσο με το έργο που παραλαμβάνεται από το E_2 , θα έχομε ότι:

$$W = P_1 \cdot S_1$$

$$W = P_2 \cdot S_2$$

και

$$P_1 \cdot S_1 = P_2 \cdot S_2$$

Άλλα $P_1 = F_1 \cdot p_e$ και $P_2 = F_2 \cdot p_e$

άρα $F_1 \cdot p_e \cdot S_1 = F_2 \cdot p_e \cdot S_2$ δηλαδή $F_1 \cdot S_1 = F_2 \cdot S_2$

και

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

Οι ταχύτητες επίσης κινήσεως του κινητήριου έμβολου και του ανυψωτικού βρίσκονται σε αντίστροφη σχέση με τις επιφάνειές τους. Αυτό προκύπτει από την εξίσωση συνέχειας της ροής [§ 113.3(1)]. Εάν δηλαδή θεωρήσουμε τους κυλίνδρους K_1 και K_2 ως μέρη ενός κοινού αγωγού, μέσα στον οποίο κινείται το υγρό με διάφορες ταχύτητες και αν καλέσουμε την ταχύτητά του στο σημείο όπου βρίσκεται σε επαφή με το κινητήριο έμβολο u_1 , και την ταχύτητά του στο σημείο όπου βρίσκεται σε επαφή με το ανυψωτικό έμβολο u_2 , θα έχουμε ότι:

$$F_1 \cdot u_1 = F_2 \cdot u_2 \quad \text{δηλαδή} \quad \frac{u_1}{u_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

Εάν μάλιστα θεωρήσουμε ότι το υγρό είναι στην προκειμένη περίπτωση ασυμπίεστο, συμπεραίνομε ότι οι ταχύτητες u_1 και u_2 του υγρού ταυτίζονται με τις αντίστοιχες ταχύτητες των έμβολων E_1 και E_2 , ώστε να ισχύει η αντίστροφη σχέση που προαναφέρθηκε ανάμεσα στις ταχύτητες και τις επιφάνειες των έμβολων του πιεστηρίου.

Απλούστερα φθάνομε στο ίδιο συμπέρασμα, εάν λάβομε υπόψη μας ότι η ταχύτητα γενικά είναι πηλικό της διαδρομής δια του χρόνου στον οποίο πραγματοποιείται, δηλαδή:

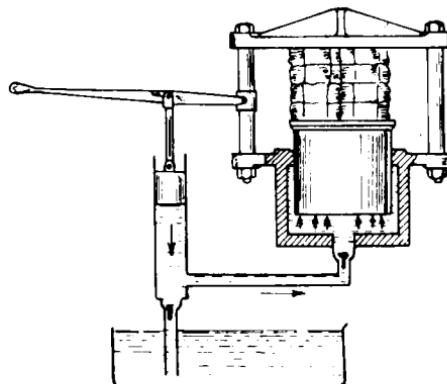
$$u = \frac{s}{t}$$

Επειδή όμως οι διαδρομές S_1 και S_2 πραγματοποιούνται στον ίδιο χρόνο t , έπειται ότι οι ταχύτητες u_1 και u_2 είναι ανάλογες των διαδρομών S_1 και S_2 και επομένως αντιστρόφως ανάλογες προς τις επιφάνειες F_1 και F_2 , δηλαδή πάλι:

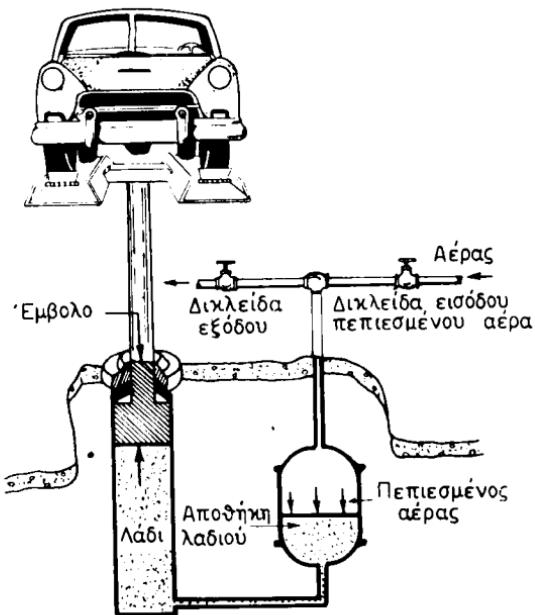
$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

Στο σχήμα 115.3γ παριστάνεται υδραυλικό πιεστήριο συνηθισμένης μορφής που χρησιμοποιείται για την άσκηση δυνάμεως συμπιέσεως.

Στη βιομηχανία υπάρχουν πολλές εφαρμογές του υδραυλικού



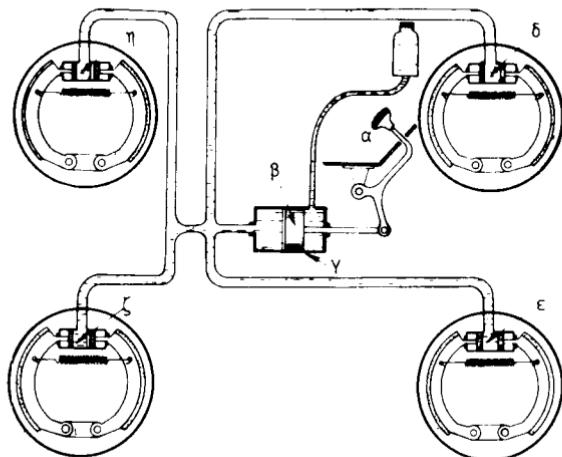
Σχ. 115.3γ.



Σχ. 115.3δ.

πιεστηρίου, όπως π.χ. στους υδραυλικούς ανυψωτήρες (γρύλους), στα υδραυλικά φρένα των αυτοκινήτων, τους υδραυλικούς συμπιεστές (πρέσες και σφύρες) κ.ά.

Το σχήμα 115.3δ παριστάνει υδραυλικό ανυψωτήρα αυτοκινήτων. Αυτός χρησιμοποιείται ευρύτατα και λειτουργεί με πε-



Σχ. 115.3ε.

πιεσμένο αέρα, ο οποίος και δημιουργεί την κινητήρια δύναμη πάνω στην επιφάνεια του εργαζόμενου υγρού.

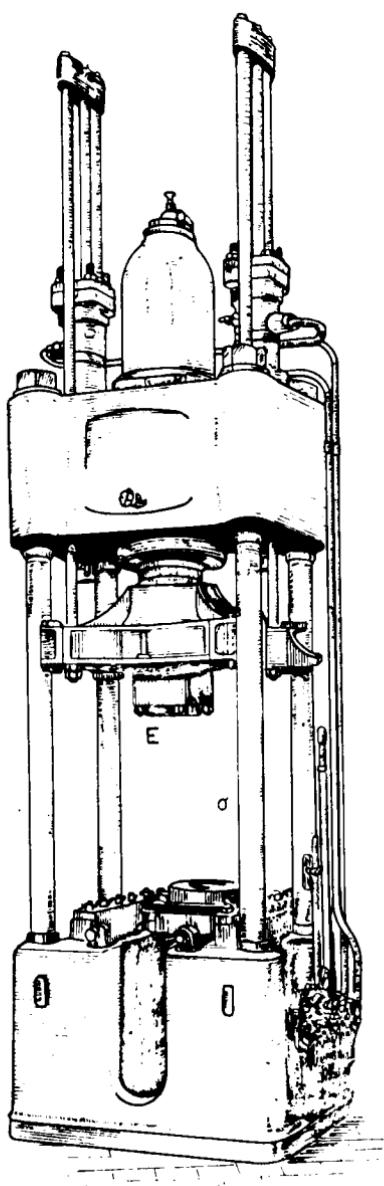
Στο σχήμα 115.3ε παριστάνεται διαγραμματικά η υδραυλική τροχοπέδη.

Η τροχοπέδη αυτή ενεργοποιείται με την πίεση του ποδιού μας πάνω στο κουμπί α (πεντάλ) του φρένου του αυτοκινήτου, με την οποία προκαλούμε τη μετακίνηση του εμβόλου β μέσα στον κύλινδρο γ. Αυτός είναι γεμάτος με υγρό και συγκοινωνεί με τέσσερις κυλίνδρους (δ, ε, ζ, η), τοποθετημένους από ένας σε κάθε τροχό. Η πίεση που ασκείται στον κεντρικό κύλινδρο γ λόγω της μετακίνησεως του εμβόλου β, μεταβιβάζεται μέσω του υγρού στους άλλους κυλίνδρους και προκαλεί τη μετακίνηση των εμβόλων τους, τα οποία τελικά ωθούν τα σαγόνια των φρένων. Τα σαγόνια εφάπτονται στα τύμπανα, που είναι συνδεμένα με τους τροχούς και με την τριβή που δημιουργείται αναγκάζουν το αυτοκίνητο να σταματήσει.

Το σχήμα 115.3ετ τέλος παριστάνει υδραυλικό πίεστρο (πρέσα) βαριού τύπου από αυτά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία.

Γενικά σε κάθε πίεστρο μπαίνει το νερό ή άλλο υγρό με υψηλή πίεση και προκαλεί τη μετακίνηση του εμβόλου Ε, που κινείται ευθύγραμμα και κατακόρυφα με τη βοήθεια καταλλήλων οδηγών σ.

Με τα πίεστρα αυτά μπορούμε να αναπτύξουμε πολύ μεγάλες



Σχ. 115.3στ.

δυνάμεις συμπιέσεως, που πολλές φορές φθάνουν σε αρκετές χιλιάδες τόννους. Αυτά χρησιμοποιούνται και για τη σφυρηλάτηση χονδρών μεταλλικών τεμαχίων σε σιδηρουργεία, ελασματουργεία κλπ. και τότε ονομάζονται **υδραυλικές σφύρες**.

115.4 Υδροστρόβιλοι.

Στους υδροστρόβιλους χρησιμοποιείται κυρίως η ταχύτητα του νερού, δηλαδή η **κινητική ενέργεια** του για την παραγωγή έργου.

Αυτή αποκτιέται κατά την εκροή ḥ την πτώση του από υψηλή στάθμη σε χαμηλότερη. Η ταχύτητα αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο και η διαφορά στάθμης ḥ ύψους είναι μεγαλύτερη κατά τη γενική σχέση του Torricelli, όπου η ταχύτητα u είναι ίση με

$$u = \sqrt{2gh}$$

Έτσι, στις εγκαταστάσεις αποταμιεύσεως νερού με μεγάλο ύψος, το νερό μπαίνει στον υδροστρόβιλο με πολύ μεγάλη ταχύτητα, ενώ στις εγκαταστάσεις ροής, όπου εκμεταλλεύομαστε την ταχύτητα του νερού ενός ποταμού π.χ., η ταχύτητα αυτή είναι μικρότερη.

Την ταχύτητα του νερού εκμεταλλεύομαστε διοχετεύοντάς το κατάλληλα, ώστε να το αναγκάσουμε να περάσει μέσα από τα πτερύγια στροβίλου ḥ να κτυπήσει τα κύπελλα τροχού και να προκαλέσει την περιστροφή του άξονά τους, από τον οποίο και παραλαμβάνεται το μηχανικό έργο.

Οι υδροστρόβιλοι χρησιμοποιούνται συνήθως, για να κινούν ηλεκτρογεννήτριες παραγωγής ρεύματος και είναι διαδεδομένοι σε όλο τον κόσμο, γιατί με αυτούς ο άνθρωπος εκμεταλλεύται την ενέργεια των υδατοπτώσεων, που του παρέχει η φύση, όπως του παρέχει και τα διάφορα καύσιμα. Γι' αυτό άλλωστε μεταφορικά οι υδατοπτώσεις ονομάζονται και **λευκός άνθρακας**.

Οι υδροστρόβιλοι γενικά κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: σε υδροστρόβιλους **δράσεως** και υδροστρόβιλους **αντιδράσεως**.

Ανάλογα με τη διεύθυνση ροής του νερού μέσα τους οι υδροστρόβιλοι και των δύο κατηγοριών διακρίνονται στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

- α) Σε υδροστρόβιλους **ακτινικής ροής με φορά προς την περιφέρεια**.

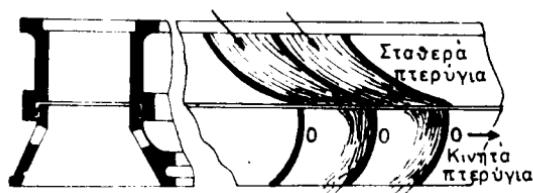
β) Σε υδροστρόβιλους **ακτινικής ροής με φορά προς το κέντρο.**

γ) Σε υδροστρόβιλους **αξονικής ροής.**

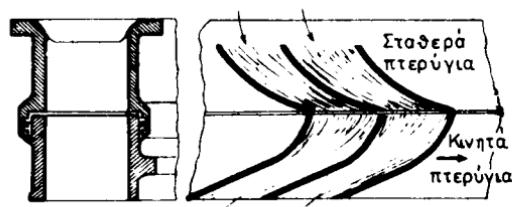
δ) Σε υδροστρόβιλους **εφαπτομενικής ροής.**

Στους υδροστρόβιλους δράσεως όλη η ενέργεια, που περιέχει το νερό όταν πέφτει από ένα ύψος, μετατρέπεται πρώτα σε κινητική ενέργεια. Τη μετατροπή αυτή επιτυγχάνομε αναγκάζοντας το νερό να περάσει από σταθερά πτερύγια (σχ. 115.4α), τα οποία είναι διαμορφωμένα σε σκαφίδια ή ακροφύσια, όπως στους ατμοστρόβιλους. Στη συνέχεια το νερό περνά με μεγάλη ταχύτητα από τα κινητά πτερύγια του τροχού, χωρίς να γεμίζει τα αυλάκια τους σε όλο το πλάτος τους, κτυπά πάνω σε αυτά, προκαλεί την περιστροφή του τροχού, αλλάζει κατεύθυνση και βγαίνει από το στρόβιλο. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το νερό μπορεί να στέλνεται είτε σε όλη την περιφέρεια του τροχού είτε σε ένα τόξο της, όπως και στους ατμοστρόβιλους. Το λεγόμενο **τόξο εγκύσεως ή τόξο προσβαλής**. Ο υδροστρόβιλος πρέπει να τοποθετείται στη χαμηλότερη θέση της στήλης του νερού. Η πίεση του νερού στα πτερύγια του τροχού είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Η ταχύτητα, τέλος, με την οποία περιστρέφεται ο στρόβιλος, ρυθμίζεται εύκολα χωρίς μεγάλες απώλειες.

Στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως, εξάλλου (σχ. 115.4β) ένα μέρος μόνο της ενέργειας του νερού μετατρέπεται σε κινη-



Σχ. 115.4α.



Σχ. 115.4β.

τική ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο παραμένει μέσα σ' αυτόν με τη μορφή δυναμικής ενέργειας ή πιέσεως. Στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως τα σταθερά πτερύγια τοποθετούνται σε όλη την περιφέρεια, ενώ το νερό βρίσκεται κάτω από πίεση μέσα στα σταθερά και στα κινητά πτερύγια, τα αυλάκια των οποίων είναι πάντοτε γεμάτα με νερό. Γι' αυτό ο στρόβιλος αυτός μπορεί να εργάζεται και όταν το νερό κατά την εξαγωγή του εκρέει ελεύθερα, αλλά και όταν ακόμη κατευθύνεται σε δεξαμενή, της οποίας η στάθμη μπορεί να βρίσκεται έως και 8 μέτρα περίπου ψηλότερα από τα κινητά πτερύγια του. Κατά τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής αυτού του υδροστρόβιλου ανακύπτουν υπολογίσιμες κάθε φορά απώλειες.

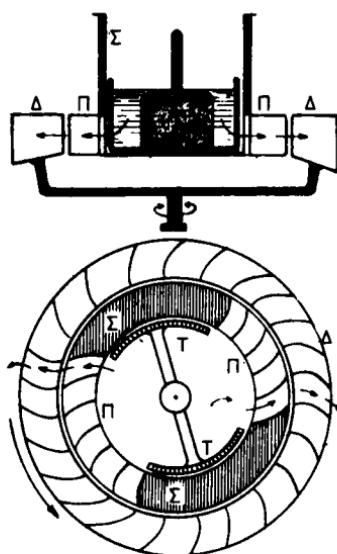
Είναι προφανές ότι στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως (με παρόμοιο τρόπο όπως και στους ατμοστρόβιλους) το νερό δρα και με τη δύναμη δράσεως, λόγω της ταχύτητάς του και με τη δύναμη αντιδράσεως, λόγω της πιέσεως του. Ωστε και εδώ, όπως και στους ατμοστρόβιλους, μπορούμε να πούμε ότι οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως δεν είναι στρόβιλοι καθαρής αντιδράσεως, αλλά ότι σε αυτούς το έργο του νερού πραγματοποιείται κατά ένα ποσοστό λόγω δράσεως και κατά το υπόλοιπο λόγω αντιδράσεως. Η σχέση δράσεως-αντιδράσεως ονομάζεται στην προκείμενη περίπτωση **βαθμός αντιδράσεως**.

115.5 Υδροστρόβιλοι δράσεως ακτινικής ροής με φορά προς την περιφέρεια.

Το σχήμα 115.5α παριστάνει υδροστρόβιλο αυτής της κατηγορίας στην απλή του μορφή.

Το σταθερό μέρος του Σ βρίσκεται στο κέντρο. Στην περιφέρεια και σε δύο τόξα, τα οποία βρίσκονται το ένα απέναντι στο άλλο, υπάρχουν σταθερά πτερύγια Π, που σχηματίζουν σκαφίδια ή σταθερά ακροφύσια. Οι κυλινδρικοί σύρτες Τ χρησιμεύουν, ώστε με μερική στροφή τους να ρυθμίζουν τον αριθμό των ακροφυσίων που θα παραμείνουν ανοικτά, με σκοπό τη ρύθμιση της ταχύτητας και της ισχύος του στροβίλου. Στη θέση που παριστάνει το σχήμα 115.5α, οι σύρτες Τ έχουν αφήσει ανοικτά όλα τα ακροφύσια. Ο τροχός Δ φέρει πάνω του τα κινητά πτερύγια.

Το νερό μπαίνει στο κέντρο του σταθερού μέρους Σ, περνά από τα σταθερά ακροφύσια και όλη η δυναμική του ενέργεια λόγω πιέσεως μετατρέπεται σε ταχύτητα. Με αυτή δρα πάνω



Σχ. 115.5α.

στα κινητά πτερύγια, τα οποία κτυπά, και προκαλεί την περιστροφή του τροχού Δ , από τον ἀξονα του οποίου παραλαμβάνεται το έργο.

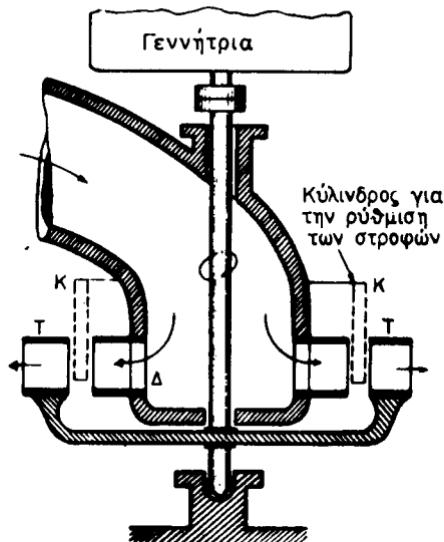
Η ροή του νερού στο στρόβιλο αυτό πραγματοποιείται κατά την έννοια της ακτίνας με φορά από το κέντρο προς την περιφέρεια.

115.6 Υδροστρόβιλοι δράσεως ακτινικής ροής με φορά προς το κέντρο

Οι υδροστρόβιλοι αυτοί είναι παρόμοιοι με τον προηγούμενο, με τη διαφορά ότι στο εξωτερικό τους μέρος υπάρχει δακτύλιος, που φέρει τα σταθερά ακροφύσια και στο εσωτερικό τους ο τροχός με τα κινητά πτερύγια. Σε αυτούς η ροή του νερού πραγματοποιείται κατά την έννοια της ακτίνας, με φορά όμως από την περιφέρεια προς το κέντρο.

115.7 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ακτινικής ροής με κατεύθυνση προς την περιφέρεια.

Το σχήμα 115.7α παριστάνει στρόβιλο αυτής της κατηγορίας. Στο κέντρο του υπάρχει σταθερός δακτύλιος Δ , ο οποίος



Σχ. 115.7a.

σε όλη την περιφέρειά του φέρει σταθερά πτερύγια. Ο κινητός τροχός Τ φέρει επίσης σε όλη την περιφέρεια τα κινητά πτερύγια.

Καθώς το νερό περνά μέσα από τα σταθερά πτερύγια, μέρος της δυναμικής του ενέργειας μετατρέπεται σε ταχύτητα. Με την ταχύτητα αυτή το νερό περνά από τα κινητά πτερύγια του τροχού Τ και τα ωθεί με τη δύναμη **δράσεως**. Επί πλέον όμως μέσα στα κινητά πτερύγια πέφτει η πίεση του νερού και κατ' αυτό τον τρόπο, το νερό αποδίδει και το υπόλοιπο μέρος της ενέργειάς του και ωθεί τα πτερύγια με τη δύναμη της **αντιδράσεως**.

Έτσι, όπως είπαμε και στην παράγραφο 115.4, το έργο στο στρόβιλο αυτό παράγεται λόγω δράσεως και αντιδράσεως ταυτόχρονα, οι οποίες και προκαλούν την περιστροφή του στροφείου του.

Χαρακτηριστικό στο στρόβιλο αντιδράσεως είναι ότι τα κινητά πτερύγιά του είναι γεμάτα νερό, πράγμα που επιβάλλει τα σταθερά πτερύγιά του να εκτείνονται σε όλη την περιφέρεια.

Για τη ρύθμιση της ποσότητας του νερού που περνά από το στρόβιλο, είτε τοποθετούμε ανάμεσα στα σταθερά και τα κινητά πτερύγια τον κύλινδρο Κ, ο οποίος είναι κινητός πάνω-κάτω και περιορίζει ή αυξάνει τη ροή του νερού, είτε δίνομε κατάλληλη

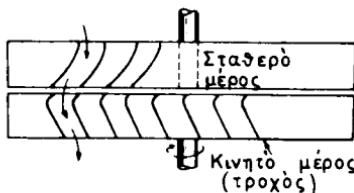
κλίση στα σταθερά πτερύγια. Έτσι επιτυγχάνομε τη ρύθμιση και της ταχύτητας περιστροφής του υδροστρόβιλου και της ισχύος του.

115.8 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ακτινικής ροής με κατεύθυνση προς το κέντρο.

Μοιάζουν με τον προηγούμενο με τη διαφορά ότι ο σταθερός δακτύλιος με τα σταθερά πτερύγια είναι εξωτερικός, ενώ ο κινητός με τα κινητά είναι εσωτερικός. Έτσι η ροή σε αυτούς είναι ακτινική με κατεύθυνση από την περιφέρεια προς το κέντρο.

115.9 Υδροστρόβιλοι αξονικής ροής.

Οι στρόβιλοι αυτοί αποτελούνται βασικά από ένα σταθερό δακτύλιο, ο οποίος στην περιφέρειά του φέρει τα σταθερά ακροφύσια (σχ. 115.9). Κάτω από αυτόν βρίσκεται ο ομόκεντρος κινητήριος τροχός, που έχει στην περιφέρειά του τα κινητά πτερύγια. Η ροή του νερού εδώ έχει κατεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα των δακτυλίων.



Σχ. 115.9.

Μέσα στα σταθερά πτερύγια το νερό αποκτά κινητική ενέργεια, δηλαδή ταχύτητα, και ενεργεί στη συνέχεια στα κινητά είτε λόγω δράσεως μόνο είτε λόγο δράσεως και αντιδράσεως συγχρόνως (εάν ο υδροστρόβιλος είναι δράσεως ή αντιδράσεως αντίστοιχα).

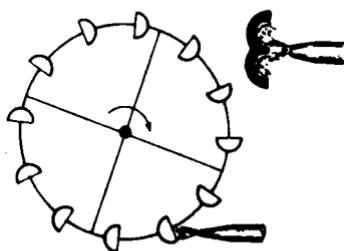
Στους στροβίλους δράσεως αξονικής ροής όλη η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ταχύτητα, ενώ στους αντιδράσεως ένα μόνο μέρος της μετατρέπεται σε ταχύτητα, ενώ το υπόλοιπο παραμένει ως πίεση, ώστε η ενέργεια του νερού μέσα σε αυτούς να προέρχεται από δράση και αντίδραση ταυτόχρονα.

115.10 Υδροστρόβιλοι εφαπτομενικής ροής.

Στους υδροστρόβιλους αυτούς το χαρακτηριστικό είναι ότι η ροή του νερού πραγματοποιείται κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του τροχού (σχ. 115.10).

Το νερό προσβάλλει τα κυπελλοειδή πτερύγια του τροχού, καθώς βγαίνει με ταχύτητα από ένα ή δύο ακροφύσια τοποθετημένα κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του τροχού, τον οποίο και αναγκάζει έτσι σε περιστροφική κίνηση.

Χαρακτηριστικός τύπος υδροστρόβιλου εφαπτομενικής ροής είναι ο υδροστρόβιλος Pelton που θα περιγράψουμε στα επόμενα.



Σχ. 115.10.

115.11 Υδροστρόβιλοι μικτής ροής.

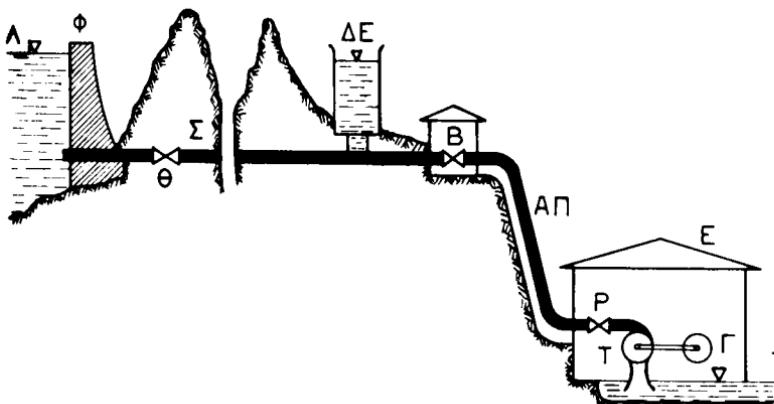
Εκτός από τις πιο πάνω κατηγορίες κατασκευάσθηκαν και υδροστρόβιλοι όπου γίνεται χρήση της ακτινικής και αξονικής ροής ταυτόχρονα και για το λόγο αυτό ονομάζονται υδροστρόβιλοι **μικτής ροής**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 116

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

116.1 Εγκαταστάσεις με αποταμιευτήρα και μεγάλο ή μέτριο ύψος πτώσεως.

Το σχήμα 116.1 παριστάνει τυπική διάταξη εγκαταστάσεως υδροστρόβιλου με **αποταμιευτήρα νερού** και **μεγάλο ύψος πτώσεως**. Διακρίνεται η **τεχνητή λίμνη** Λ, που σχηματίζεται από το φράγμα Φ, και ο **αγωγός** Σ, που οδηγεί το νερό προς το εργοστάσιο με μικρή κλίση. Ο αγωγός αυτός Σ μπορεί να είναι ανοικτός, δηλαδή αγωγός με ελεύθερη ροή, ήπως λέγεται, οπότε και οδηγεί το νερό κατευθείαν στη βαλβίδα Β. Μπορεί όμως να είναι και κλειστός αγωγός ή, ήπως αλλιώς ονομάζεται, αγωγός με ροή νερού κάτω από πίεση. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση παίρνει κατά κανόνα τη μορφή σήραγγας, η οποία διαπερνά το όρος και τότε οδηγεί το νερό πρώτα στη **δεξαμενή εξισώσεως** ή **απονήσεως** ΔΕ και κατόπιν στη **βαλβίδα** Β.



Σχ. 116.1.

Ο διακόπτης Θ κοντά στη θέση υδροληψίας χρησιμεύει σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες πρέπει να εκκενώσομε τον αγωγό Σ για επιθεώρηση ή επισκευή.

Τη χρησιμότητά της δεξαμενής εκτονώσεως ΔΕ έχουμε εξηγήσει στην παράγραφο 114.5. Με την ύπαρξή της δηλαδή ή κινητική ενέργεια του νερού, όταν η ρυθμιστική βαλβίδα Ρ του υδροστρόβιλου κλείσει απότομα, εκτονώνεται ή αλλιώς «ξεθυμαίνει» μέσα σε αυτή και η στάθμη του νερού ταλαντεύεται ορισμένες φορές, μέχρις ότου τελικά ισορροπήσει στο ύψος της στάθμης της λίμνης.

Η βαλβίδα στην κανονική λειτουργία του εργοστασίου είναι πάντοτε ανφικτή και κλείνεται μόνο, όταν αυτό πρόκειται να παραμείνει για πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας ή όταν πρόκειται να εκκενώσομε τον αγωγό ΑΠ για επιθεώρηση, συντήρηση ή επισκευή.

Από τη βαβλίδα Β αρχίζει ο αγωγός πτώσεως ΑΠ, που είναι πάντα χαλύβδινος και οδηγεί το νερό στο στρόβιλο Τ μέσω της ρυθμιστικής βαλβίδας Ρ. Με αυτή ρυθμίζεται η ποσότητα του νερού που θα περάσει προς το στρόβιλο Τ και επομένως και η ισχύς του, όπως και η ισχύς της γεννήτριας Γ ανάλογα με τη ζήτηση της καταναλώσεως. Εγκαταστάσεις αυτής της μορφής υπάρχουν στη χώρα μας στους ποταμούς Λάδωνα, Εδεσσαίο και Ταυρωπό.

Σε πολλές άλλες περιπτώσεις υπάρχουν εγκαταστάσεις αποταμιεύσεως νερού με μέτριο ύψος, οπότε το εργοστάσιο κατασκευάζεται στη βάση του φράγματος. Τότε δεν υπάρχουν ο αγωγός Σ και η δεξαμενή εξισώσεως ΔΕ, ενώ ο αγωγός πιέσεως ΑΠ, που αρχίζει κατευθείαν από τη λίμνη, είναι συνήθως μικρού μήκους και φέρει στην αρχή του αποφρακτικό **θυρόφραγμα** ή **συρταρωτό διακόπτη** και στο τέλος του **ρυθμιστή βαλβίδα** Ρ.

Εγκαταστάσεις αυτής της κατηγορίας είναι αυτές των Κρεμαστών και του Καστρακίου στον Αχελώο.

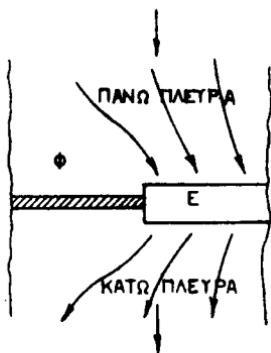
Οι στρόβιλοι που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις των προηγουμένων κατηγοριών, είναι τύπου Pelton (δράσεως) ή Francis (αντιδράσεως). Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι στις εγκαταστάσεις αυτές μπορούμε να ρυθμίζομε κατά βούληση την ισχύ του εργοστασίου ρυθμίζοντας την παροχή του νερού ανάλογα με τις ανάγκες της καταναλώσεως. Έτσι δεν χάνεται το επί πλέον νερό του ποταμού, το οποίο αποθηκεύεται στη λίμνη.

116.2 Εγκαταστάσεις ροής με μικρή κλίση και μικρό ύψος.

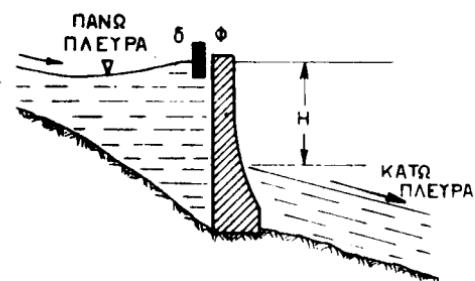
Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν έχουμε τη δυνατότητα σχηματισμού τεχνητής λίμνης και εκμεταλλευόμαστε το ισχυρό ρεύμα ενός ποταμού, που ρέει σε σχετικά πεδινό έδαφος με μικρή κλίση. Τότε κατασκευάζομε τις εγκαταστάσεις ροής, που χαρακτηρίζονται πάντοτε από μεγάλη παροχή νερού και μικρό ύψος, κάτω των 50 μέτρων. Η τυπική διάταξη έργου αυτού του είδους παριστάνεται στο σχήμα 116.2α σε κάτωψη.

Με το φράγμα Φ ανακόπτομε τη ροή του ποταμού και δημιουργούμε ανάμεσα στις δύο πλευρές του (πάνω και κάτω) τη διαφορά του ύψους Η (σχ. 116.2α). Με αυτήν εργάζονται οι στρόβιλοι του εργοστασίου Ε μέσα από τους οποίους αναγκάζεται να περάσει το νερό.

Το ύψος του φράγματος Φ ρυθμίζεται έτσι, ώστε να επιτρέπει να περνά πάνω από αυτό η πλεονάζουσα ποσότητα νερού του ποταμού, όταν η παροχή του είναι μεγαλύτερη από εκείνη που μπορεί να απορροφήσει το εργοστάσιο. Στο σχήμα 116.2β διακρίνεται η διάταξη δη της ρυθμίσεως του ύψους του σε πλάγια τομή.



Σχ. 116.2α.

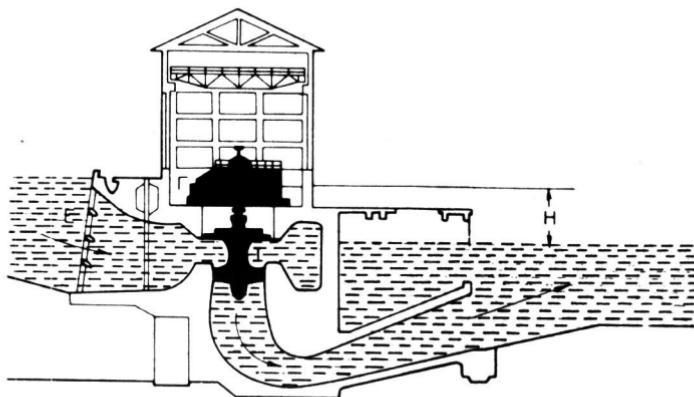


Σχ. 116.2β.

Το σχήμα 116.2γ παριστάνει τυπική πλαγιά τομή στη θέση του εργοστασίου. Διακρίνονται η σχάρα εισοδου Ε, ο υδροστρόβιλος Τ και η γεννήτρια Γ.

Το σχήμα 116.2δ παριστάνει το πρότυπο (μοντέλο) έργου αυτής της μορφής που έχει κατασκευασθεί στον ποταμό Ρήνο, με ύψος λειτουργίας 10 μέτρα περίπου.

Διακρίνονται το φράγμα Φ και το εργοστάσιο Ε. Το διακο-



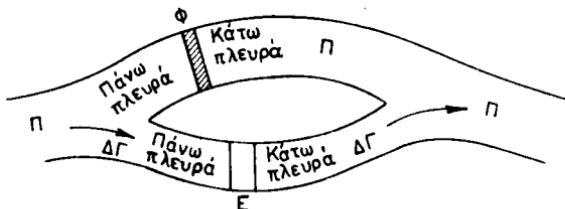
Σχ. 116.2γ.



Σχ. 116.2δ.

πτόμενο βέλος παριστάνει τη ροή του νερού, όταν γίνεται υπερεκχείλιση από το φράγμα. Η ειδική τέλος δεξαμενή Δ χρησιμεύει, για να ανυψώνονται τα πλοία που συνεχίζουν τον πλούτο τους μέσα στον ποταμό προς τα πάνω.

Τα έργα της μορφής αυτής μπορεί να έχουν και διαφορετική διάταξη ινάλογα με τις τοπικές γεωγραφικές συνθήκες. Συνηθισμένη π.χ. είναι η περίπτωση, κατά την οποία το φράγμα Φ καλύπτει όλο το πλάτος του ποταμού Π και το εργοστάσιο Ε



Σχ. 116.2ε.

τοποθετείται σε ιδιαίτερη για το σκοπό αυτό διώρυγα $\Delta\Gamma$ (σχ. 116.2 στ). Το νερό, που ρέει πλέον μέσα στη διώρυγα, πριν από το εργοστάσιο, έχει τη στάθμη της επάνω πλευράς και μετά από αυτό τη στάθμη της κάτω πλευράς του ποταμού.

Οι στρόβιλοι που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αυτές, είναι πάντοτε υδροστρόβιλοι αντιδράσεως τύπου Francis ή Kaplan.

Η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα των έργων της κατηγορίας αυτής είναι ότι, η ισχύς που μπορούν να δώσουν εξαρτάται από τη στιγμιαία παροχή του ποταμού. 'Ετσι, όταν ο ποταμός έχει μικρή παροχή, η ισχύς του εργοστασίου καθορίζεται από αυτή και δεν μπορεί να γίνει μεγαλύτερη. 'Όταν πάλι ο ποταμός έχει μεγάλη παροχή, τότε το εργοστάσιο πρέπει να εργάζεται με τη μέγιστη ισχύ του για να γίνεται όσο το δυνατό μεγαλύτερη εκμετάλλευση του νερού.

Συχνά όμως, ακόμη και όταν το εργοστάσιο λειτουργεί με τη μέγιστη ισχύ του, υπάρχει περίσσευμα νερού, που τότε κατ' ανάγκη υπερεκχειλίζει και συνεπώς χάνεται.

Στη χώρα μας δεν έχουμε έργα ροής, γιατί δεν υπάρχουν ποταμοί με μεγάλη και σχετικά ομοιόμορφη παροχή. Σε άλλες χώρες όμως, όπου υπάρχουν τέτοιου είδους ποταμοί (όπως π.χ. ο Ρήνος, ο Δούναβις, ο Ροδανός κλπ.), γίνεται μεγάλη χρησιμοποίηση των έργων αυτών. Στον ποταμό Ρήνο π.χ., ο οποίος σε όλο σχεδόν το μήκος της ελβετο-γερμανικής και της γαλλο-γερμανικής μεθορίου έχει κλίση 1‰ περίπου, γίνεται ανακοπή του ανά 10 χιλιόμετρα περίπου και δημιουργείται πτώση 10 μέτρων, που τροφοδοτεί εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος περίπου 100 000 kW.

116.3 Οι υδροστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Οι υδροστρόβιλοι, που χρησιμοποιούνται σήμερα, είναι συνή-

θως τριών τύπων: υδροστρόβιλοι Pelton, Francis και Kaplan.

Από αυτούς ο υδροστρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται μόνο σε εγκαταστάσεις αποταμιεύσεως με μεγάλο ύψος πτώσεως, ο υδροστρόβιλος Francis χρησιμοποιείται και στα δύο είδη εγκαταστάσεων (αποταμιεύσεως και ροής), ενώ ο υδροστρόβιλος Kaplan σε εγκαταστάσεις ροής μόνο.

Ο υδροστρόβιλος Pelton είναι στρόβιλος δράσεως, ενώ οι Francis και Kaplan αντιδράσεως.

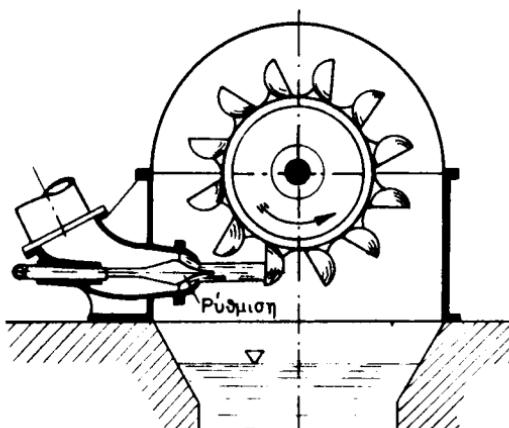
Διάφοροι άλλοι τύποι υδροστροβίλων που κατασκευάσθηκαν παλαιότερα, όπως οι στρόβιλοι Girard, Jonvial, Poncelot, Fourneyron κλπ., χρησιμοποιούνται σπάνια πλέον σήμερα.

Στα επόμενα κεφάλαια θα περιγράψουμε τους παραπάνω βασικούς τύπους υδροστροβίλων Pelton, Francis και Kaplan.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 117

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ PELTON

Ο υδροστρόβιλος Pelton ή τροχός Pelton αποτελείται από τροχό (σχ. 117.1α και 117.1β), ο οποίος στην περιφέρειά του φέρει κύπελλα με διπλή κοιλότητα. Τη μορφή τους δείχνει το σχήμα 117.1γ σε τρεις όψεις.

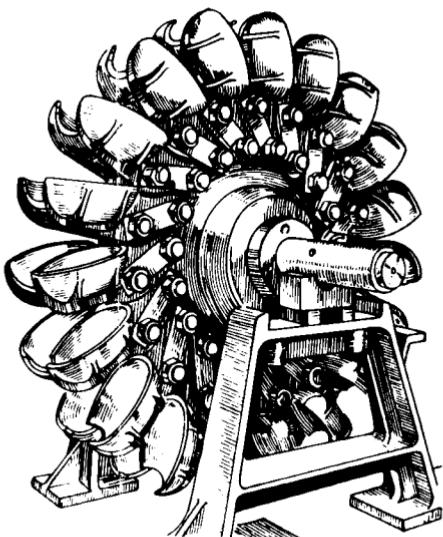


Σχ. 117.1α.

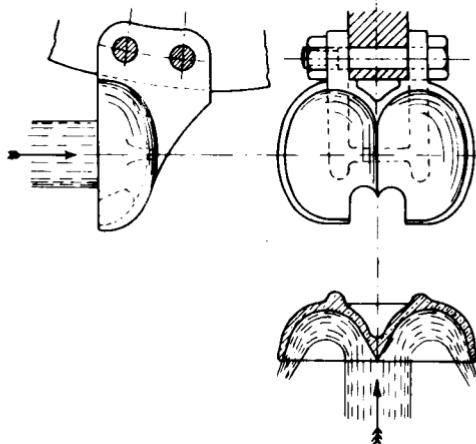
Το νερό, κατεβαίνοντας από την υψηλή στάθμη αποταμιεύσεως, βγαίνει από ακροφύσιο τοποθετημένο οριζόντια και με κατεύθυνση ροής την εφαπτομένη προς τον τροχό.

Λόγω του στατικού ύψους του άξονα του ακροφύσιου, δηλαδή της υψομετρικής διαφοράς του από την επιφάνεια της λίμνης αποταμιεύσεως, το νερό αποκτά πολύ μεγάλη ταχύτητα και η φλέβα του, όπως βγαίνει από τα ακροφύσια, προσβάλλει με μεγάλη δύναμη τα κύπελλα του τροχού και τον αναγκάζει σε περιστροφική κίνηση.

Αφού ενεργήσει κατ' αυτόν τον τρόπο το νερό πάνω στα κύπελλα του τροχού και λόγω του σχήματός τους αναστρέφει κατεύθυνση κατά 180° , βγαίνει από το στρόβιλο και οδεύει προς τον αγωγό αποχετεύσεως.



Σχ. 117.1β.



Σχ. 117.1γ.

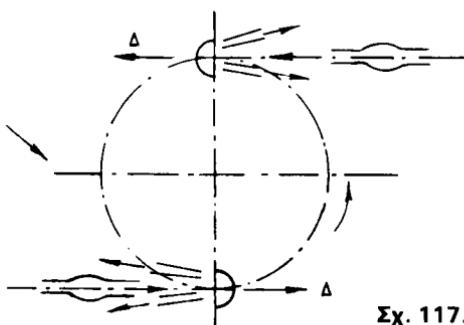
Η μεγαλύτερη απόδοση κατά τη λειτουργία του στροβίλου αυτού επιτυγχάνεται, όταν η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού είναι ίση με το $\frac{1}{2}$ της ταχύτητας με την οποία το νερό βγαίνει από το ακροφύσιο (§ 114.3).

Το ακροφύσιο παροχής του νερού φέρει εσωτερικά βελονοειδή βαλβίδα. Με αυτή ρυθμίζεται η διατομή της φλέβας του

νερού, δηλαδή η παροχή του, από την οποία εξαρτάται και η ισχύς του στροβίλου.

Στον ίδιο άξονα με τον τροχό βρίσκεται και η γεννήτρια, που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Από κατασκευαστική πλευρά οι στροβίλοι Pelton κατασκευάζονται με τον άξονά τους είτε οριζόντιο είτε κατακόρυφο. Στους οριζόντιους στροβίλους υπάρχουν συνήθως δύο ακροφύσια, που τοποθετούνται συμμετρικά ως προς το κέντρο του τροχού και με τέτοιο τρόπο, ώστε οι δύο φλέβες του νερού να ασκούν πάνω στον τροχό δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις Δ (σχ. 117.1δ). Οι δυνάμεις αυτές συνθέτουν έτσι ζεύγος περιστροφής που περιστρέφει τον τροχό, χωρίς όμως να προκαλεί οποιαδήποτε κάμψη του άξονα.



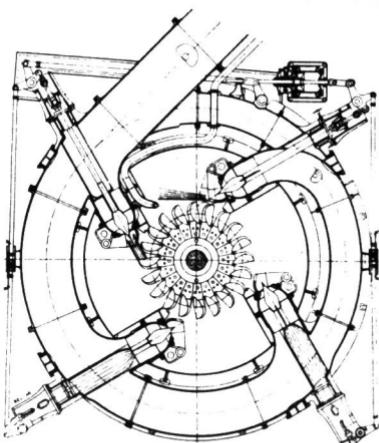
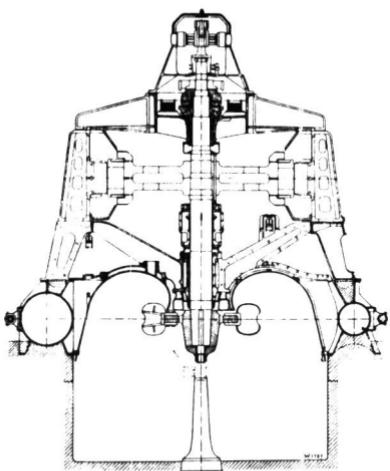
Σχ. 117.1δ.

Στους κατακόρυφους στροβίλους τοποθετούνται περισσότερα ακροφύσια, 2-6, ομοιόμορφα διαταγμένα στην περιφέρεια του τροχού (σχ. 117.1ε).

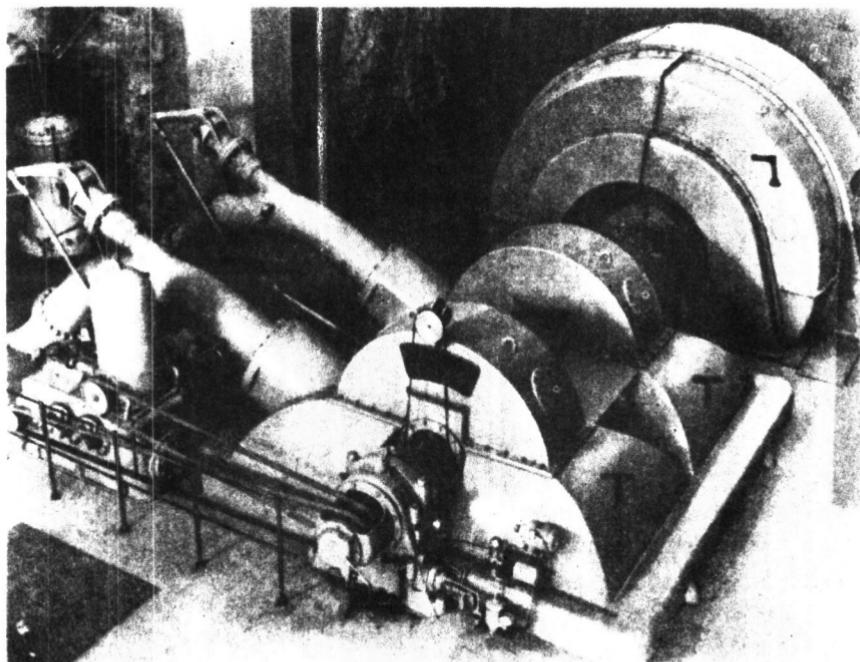
Το σχήμα 117.1στ παριστάνει υδροστρόβιλο Pelton εγκαταστημένο μαζί με τη γεννήτρια που κινεί. Διακρίνονται οι δύο τροχοί T , T και η γεννήτρια G . Η όλη εγκατάσταση είναι με οριζόντιο άξονα και παράγει ισχύ 16 000 kW σε ταχύτητα περιστροφής των τροχών 500 rpm (στροφές ανά λεπτό).

Οι υδροστρόβιλοι Pelton κατασκευάζονται σήμερα για οποιαδήποτε ισχύ, από λίγους μόνο ιππους έως και 150 000 ιππους και περισσότερο. Η απόδοσή τους φθάνει τα 90% περίπου.

Ο στροβίλος Pelton είναι προφανές ότι ανήκει στην κατηγορία των στροβίλων δράσεως. Μέσα σε αυτόν η ταχύτητα του νερού δεν υφίσταται καμιά μεταβολή, καθώς ρέει δια μέσου των κυπέλλων του τροχού. Απλά μόνο αλλάζει η διεύθυνσή του. Έτσι δεν έχομε επιτάχυνση του νερού και συνεπώς καμιά δύναμη αντιδράσεως.



$\Sigma\chi.$ 117.1ε.



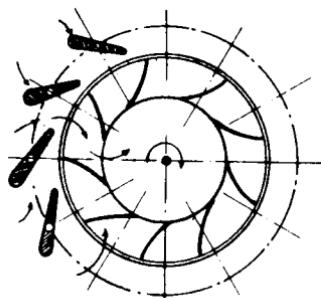
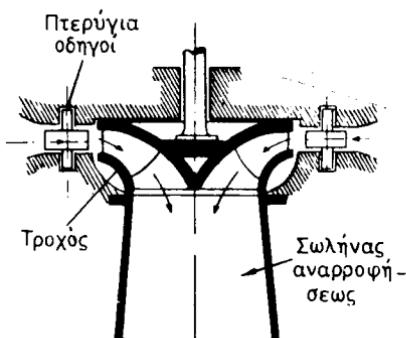
$\Sigma\chi.$ 117.1στ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 118

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ FRANCIS

Το σχήμα 118.1α παριστάνει υδροστρόβιλο τύπου Francis. Αυτός χρησιμοποιείται γενικά για μεσαία ύψη πτώσεως μέχρι 500 μέτρα και μέση παροχή και αποτελείται από τρία κύρια μέρη, τα **σταθερά πτερύγια-οδηγούς**, τον **τροχό**, πάνω στον οποίο υπάρχουν τα **κινητά πτερύγια**, και το **σωλήνας αναρροφής**.

Το νερό μπαίνει στα πτερύγια-οδηγούς από την εξωτερική περιφέρεια με κατεύθυνση περίπου ακτινική και οδηγείται προς



Σχ. 118.1α.

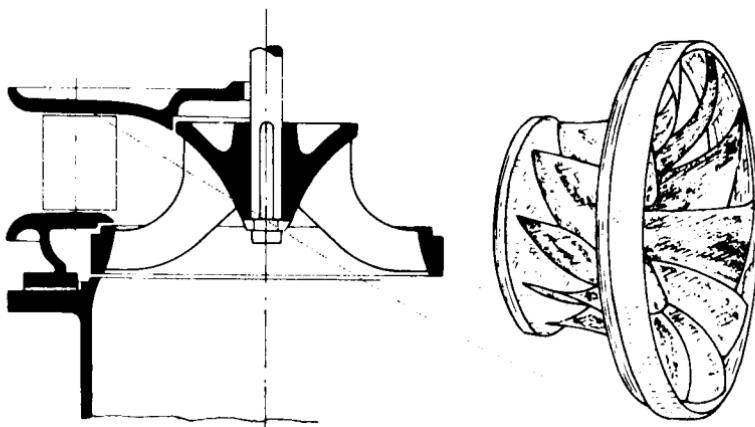
τα κινητά πτερύγια του τροχού. Αυτά είναι κάθετα προς τον άξονά του, αλλά και με την κατάλληλη κλίση ως προς την περιφέρεια. Από τον τροχό το νερό βγαίνει κατά κανόνα κατά τη διέυθυνση του άξονα.

'Όλα τα σταθερά πτερύγια είναι στέρεα προσαρμοσμένα σε δακτύλιο, με την περιστροφή του οποίου είναι δυνατό να μεταβάλλεται η κλίση τους. 'Έτσι ρυθμίζεται η διατομή εισόδου του νερού και συνεπώς η παροχή του και η ισχύς του στροβίλου.

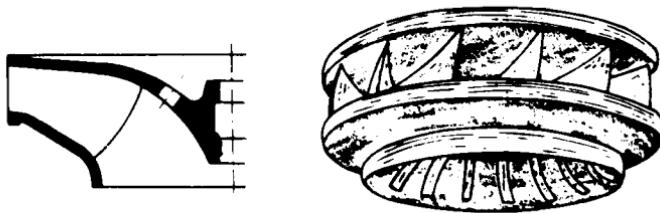
Είναι προφανές ότι όσο περισσότερο ανοικτά είναι τα πτερύγια-οδηγοί, τόσο περισσότερο η κατεύθυνση της φλέβας του νερού που μπαίνει στον τροχό πλησιάζει προς την ακτίνα του τροχού. Η παροχή τότε γίνεται μεγαλύτερη, ενώ οι φλέβες του νερού προσβάλλουν τα κινητά πτερύγια με κατεύθυνση περισσότερο κάθετη πάνω στην επιφάνειά τους.

Η τροφοδότηση των σταθερών πτερυγίων με νερό πραγματοποιείται συνήθως από σπειροειδές κέλυφος από χάλυβα ή σιδηροπαγές σκυροκονίαμα (μπετόν-αρμέ). Το κέλυφος αυτό περιβάλλει όλο το στρόβιλο και συνδέεται απευθείας με το σωλήνα της πτώσεως, ο οποίος και οδηγεί το νερό προς αυτό.

Ο τροχός του στροβίλου Francis αποτελείται από μία πλήμνη (ομφαλός-κεφαλάρι) και μία εξωτερική στεφάνη, ανάμεσα στις οποίες προσαρμόζονται τα πτερύγια (σχ. 118.1β και 118.1γ). Το σχήμα 118.1β παριστάνει τον τροχό ταχύστροφου στροβίλου Francis, ενώ το 118.1γ τον τροχό βραδύστροφου στροβίλου.

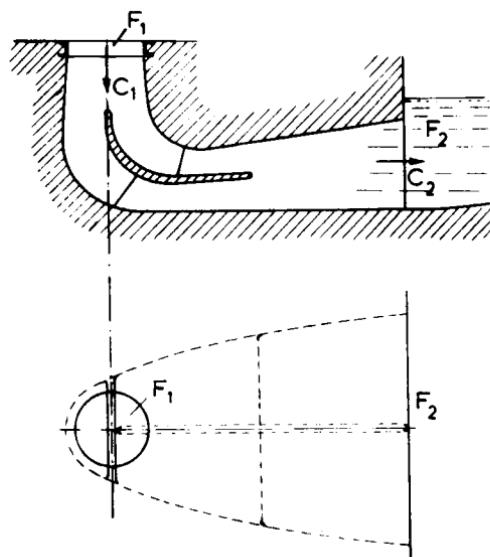


Σχ. 118.1β.



Σχ. 118.1γ.

Ο σωλήνας αναρροφήσεως οδηγεί το νερό προς την εξαγωγή κατά τρόπο ομαλό, χωρίς δηλαδή απώλειες από στροβιλισμούς ή άλλες αιτίες. Σε στροβίλους με σχετικά μικρό ύψος πτώσεως ο σωλήνας αναρροφήσεως έχει πολύ μεγάλη σημασία και για το λόγο αυτό διαμορφώνεται με μεγάλη προσοχή, με κύριο σκοπό να αποφεύγεται η απώλεια ενέργειας λόγω ταχύτητας του νερού κατά την έξοδό του. Έτσι με τη βαθμιαία αύξηση της διατομής του σωλήνα αναρροφήσεως (σχ. 118.1δ), από τη διατομή F_1 εξόδου του νερού από τον τροχό, όπου επικρατεί ακόμα υπολογίσιμη ταχύτητα (ηC_1), μέχρι την πολύ μεγαλύτερη διατομή F_2 στην τελική έξοδο, όπου επικρατεί μηδενική ταχύτητα (ηC_2), ελαττώνεται η ταχύτητα και η κινητική ενέργεια του νερού στο μηδέν και επομένως δεν υπάρχουν

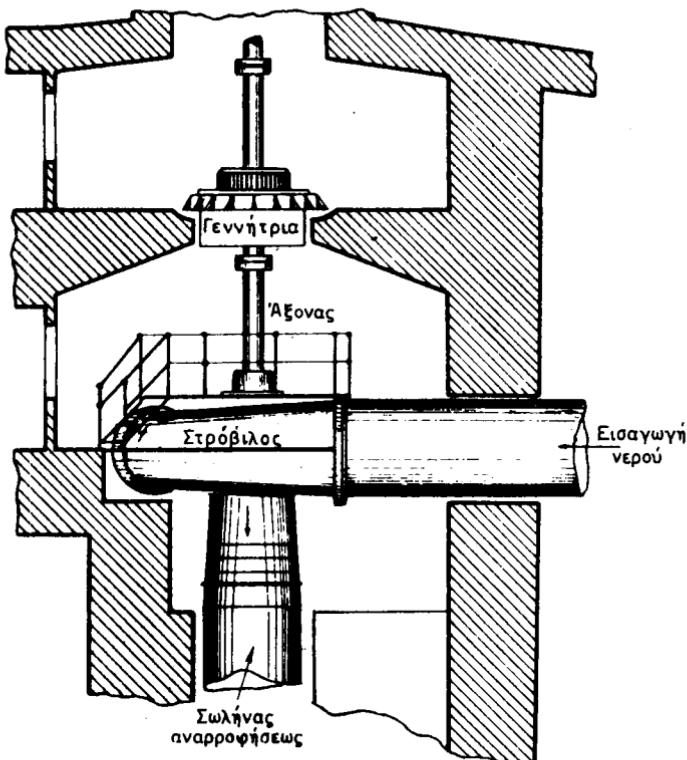


Σχ. 118.1δ.

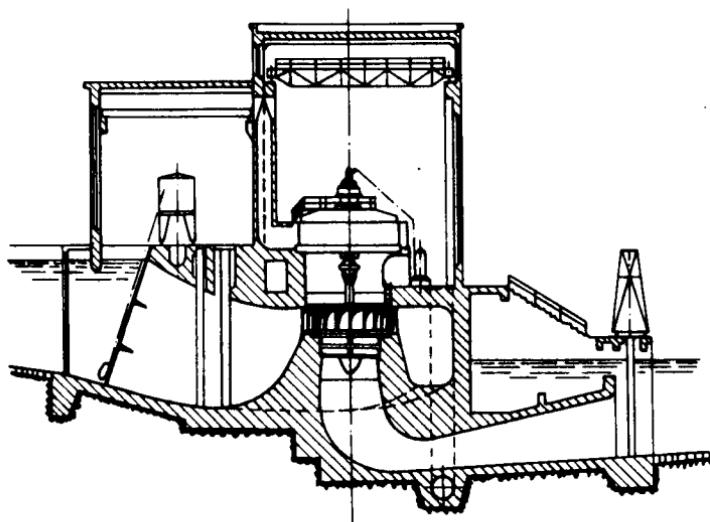
απώλειες ενέργειας κατά την έξοδο του νερού. Επειδή όμως κατά την τελική έξοδο στο F_2 έχομε ατμοσφαιρική πίεση, είναι επόμενο ότι κατά το νόμο του Bernoulli στην έξοδο από τον τροχό θα έχομε πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική, δηλαδή κενό. Αυτό ισοδυναμεί σαν να αυξανόταν το ύψος της πτώσεως κατά τόσα μέτρα, όσο είναι το κενό στο σημείο F_2 μετρημένο σε μέτρα στήλης νερού.

Με άλλους λόγους το κενό αυτό δημιουργεί αναρρόφηση του νερού από το στρόβιλο, η οποία αυξάνει την ισχύ που αποδίδεται από αυτόν. Γι' αυτό και ο σωλήνας της εξαγωγής ονομάζεται σωλήνας αναρροφήσεως. Αντιλαμβανόμαστε ότι αυτός δεν χρησιμεύει απλά για να οδηγεί το νερό στην έξοδο, αλλά αποτελεί ιδιαίτερο **οργανικό μέρος** του υδροστρόβιλου Francis.

Ο υδροστρόβιλος Francis ανήκει στους στροβίλους αντιδράσεως, στους οποίους το νερό γεμίζει συνεχώς ολόκληρο το



Σχ. 118.1ε.



Σχ. 118.1στ.

εσωτερικό του στροβίλου και κατά τη ροή του βρίσκεται συνέχως κάτω από πίεση. Κατά τη ροή του νερού μέσω των πτερυγίων του τροχού έχομε πάντοτε μείωση της πιέσεως του με ανάλογη αύξηση της ταχύτητας ροής, δηλαδή επιτάχυνση του νερού, από την οποία και δημιουργείται η δύναμη αντιδράσεως. Η δύναμη αντιδράσεως αυτή προστίθεται, κατά τα γνωστά, στη δύναμη δράσεως, την οποία ασκεί οπωσδήποτε το νερό, ώστε το έργο του στροβίλου να παράγεται και από δράση και από αντίδραση.

Το σχήμα 118.1ε παριστάνει εγκατάσταση στροβίλου Francis με χαλύβδινο σπειροειδές κέλυφος εισόδου του νερού και χαλύβδινο κατακόρυφο σωλήνα αναρροφήσεως.

Το σχήμα 118.1στ δείχνει στρόβιλο με σπειροειδές κέλυφος εισόδου και σωλήνα αναρροφήσεως από μπετόν.

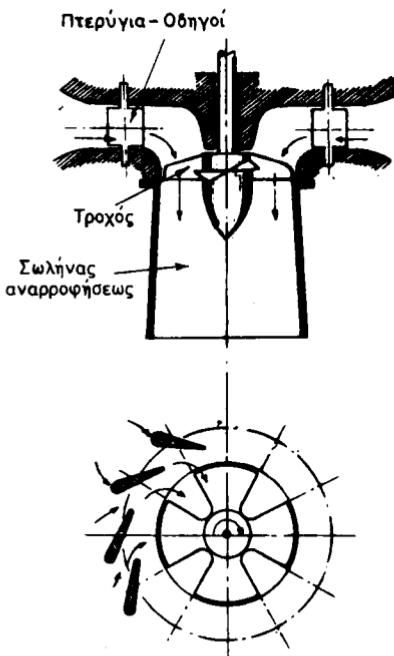
Η συνηθισμένη διάταξη του στροβίλου Francis είναι κατακόρυφη, ενώ σπανιότερα συναντιούνται και στρόβιλοι αυτής της κατηγορίας με οριζόντιο άξονα. Στην περίπτωση αυτή ο στρόβιλος είναι πολλές φορές και «δίδυμος», αποτελείται δηλαδή από δύο τροχούς πάνω στον ίδιο άξονα.

Οι υδροστρόβιλοι Francis κατασκευάζονται για ιπποδυνάμεις μέχρι και 250 000 ίππους.

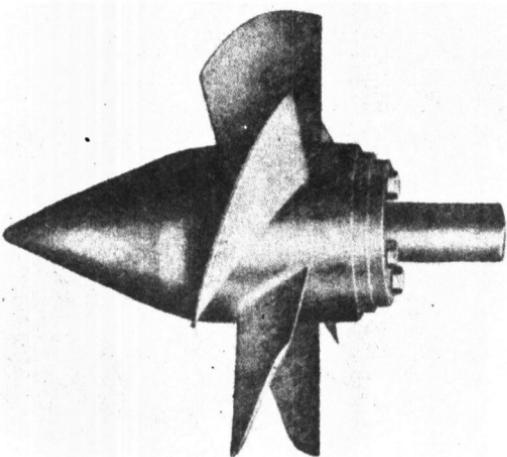
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 119

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ KAPLAN

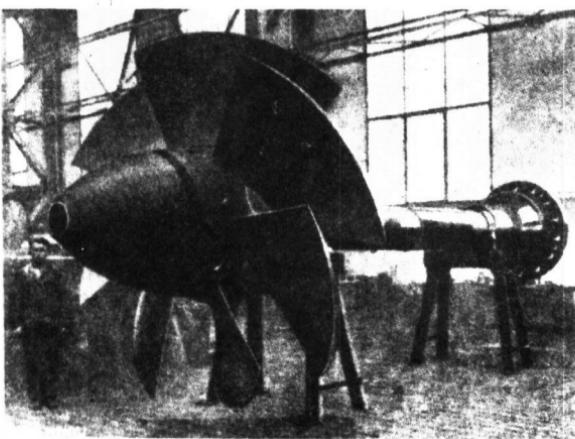
Ο υδροστρόβιλος Kaplan χρησιμοποιείται για μικρά ύψη πτώσεως (μέχρι 60 μέτρα) και μεγάλη παροχή, μοιάζει δε αρκετά με τον υδροστρόβιλο Francis. Αποτελείται από το σπειροειδές κέλυφος εισόδου, τα σταθερά πτερύγια-οδηγούς, τον τροχό και το σωλήνας αναρροφήσεως. Η διαφορά με το στρόβιλο Francis συνίσταται κυρίως στον τροχό, που φέρει πτερύγια όμοια με τα πτερύγια έλικας (σχ. 119.1α). Τα πτερύγια αυτά μπορεί να είναι



Σχ. 119.1α.



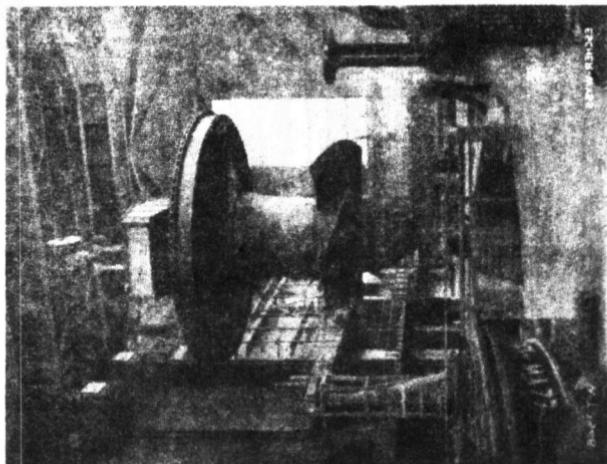
Σχ. 119.1β.



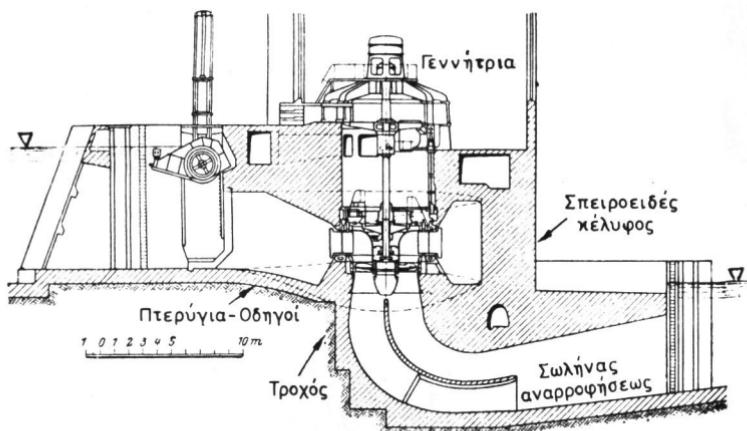
Σχ. 119.1γ.

μόνιμα πάνω στον τροχό (σχ. 119.1β) ή περιστρεφόμενα γύρω από τον άξονά του (σχ. 119.1γ). Τα τελευταία λέγονται και μεταβλητού βήματος.

Ο τύπος αυτός με περιστρεφόμενα πτερύγια είναι ο πιο τελειοποιημένος, επειδή τα πτερύγια αλλάζουν αυτόματα την κλίση τους (δηλαδή το αξονικό τους βήμα) με τη βοήθεια του ρυθμιστή του στροβίλου και ανάλογα με το φορτίο του. Κατ' αυτόν τον τρόπο διατηρείται ο βαθμός αποδόσεως του στροβίλου σχεδόν σταθερός και στα μικρά φορτία.



Σχ. 119.1δ.



Σχ. 119.1ε.

Το σχήμα 119.1δ δείχνει τροχό Kaplan έτοιμο για τοποθέτηση και το σχήμα 119.1ε πλήρη εγκατάσταση υδροστρόβιλου Kaplan με σπειροειδές κέλυφος εισόδου και σωλήνα αναρροφήσεως από μπετόν.

Οι υδροστρόβιλοι Kaplan ανήκουν και αυτοί στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως και κατασκευάζονται για ιπποδυνάμεις μέχρι και 150 000 ίππους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 120

ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Εάν ένας υδροστρόβιλος λειτουργεί με παροχή νερού Q σε m^3/sec και ύψος πτώσεως H σε m , τότε θα έχει διαθέσιμη ισχύ N_0 , την οποία βρίσκομε από τον τύπο:

$$N_0 = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75} \quad \text{σε PS}$$

Επειδή το ειδικό βάρος του νερού γ είναι ίσο με 1000 kg/cm^3 , ο τύπος αυτός της διαθέσιμης ισχύος γίνεται:

$$N_0 = 13,3 \cdot Q \cdot H \quad \text{σε PS}$$

Επειδή όμως η πραγματική ισχύς, που μας δίνει ο στρόβιλος στον άξονά του, θα είναι μικρότερη, γιατί υπάρχουν οι λεγόμενες απώλειες κατά τη λειτουργία του, υδραυλικής και μηχανικής φύσεως (στροβιλισμοί, τριβές κλπ.).

Γ' αυτό, για να βρούμε την πραγματική ισχύ N του στροβίλου, πολλαπλασιάζομε την διαθέσιμη ισχύ με το βαθμό αποδόσεώς του η και έχομε:

$$N_0 = 13,3 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Ο βαθμός αποδόσεως των υδροστροβίλων είναι πάντοτε αρκετά υψηλός και μάλιστα τόσο μεγαλύτερος, όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς του υδροστρόβιλου.

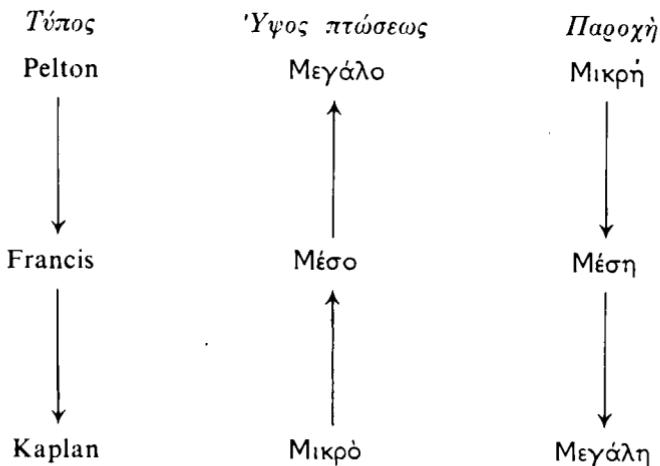
Οι συνηθισμένες τιμές του βαθμού αποδόσεως είναι περίπου οι εξής:

Για στρόβιλους Pelton μικρής ισχύος	$\eta \approx 0,80$
Για στρόβιλους Pelton μεσαίας ισχύος	$\eta \approx 0,85$
Για στρόβιλους Pelton μεγάλης ισχύος	$\eta \approx 0,90$
Για στρόβιλους Francis και Kaplan μικρής ισχύος	$\eta \approx 0,80$
Για στρόβιλους Francis και Kaplan μεσαίας ισχύος	$\eta \approx 0,85$
Για στρόβιλους Francis και Kaplan μεγάλης ισχύος	$\eta \approx 0,92$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 121

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΕΙΔΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

'Οπως αναφέρθηκε, οι τρεις τύποι υδροστροβίλων χρησιμοποιούνται καθένας ανάλογα με το διαθέσιμο ύψος πτώσεως και τη διαθέσιμη παροχή του νερού όπως παρακάτω:



Οι υδροστροβίλοι είναι οι μόνες μηχανές, την ισχύ των οποίων δεν μπορούμε να επιλέξουμε ελεύθερα. Αυτή καθορίζεται κυρίως από τη φύση, με το ύψος και την παροχή του νερού που μας δίνει. Για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να υπάρχουν τυποποιημένες σχέσεις για τους υδροστροβίλους, όπως υπάρχουν για τις περισσότερες θερμικές μηχανές.

Για τη σύγκριση των διαφόρων τύπων υδροστροβίλων χρησιμοποιείται ένα βασικό μέγεθος, που ονομάζεται **ειδική ταχύτητα περιστροφής** ή **ειδικός αριθμός στροφών**. Αυτό μας βοηθά κατά την επιλογή του τύπου του στροβίλου, που θα χρησιμοποιήσουμε σε κάθε περίπτωση, για τον καθορισμό της

τητας περιστροφής του και άλλων στοιχείων.

Η ειδική ταχύτητα περιστροφής n_s καθορίζεται ως η ταχύτητα περιστροφής ενός φανταστικού στροβίλου όμοιου ακριβώς με εκείνον που έχομε (με ταχύτητα n , ύψος H και ισχύ N), ο οποίος όμως λειτουργεί με ύψος 1 m και δίνει ισχύ 1 PS.

Αυτή δίνεται από τον τύπο:

$$n_s = n \frac{\sqrt{N}}{H \cdot 4\sqrt{H}} \quad \text{σε στροφές ανά λεπτό (rpm)}$$

όταν η είναι η πραγματική ταχύτητα περιστροφής σε rpm, H το ύψος σε m και N η ισχύς σε PS του πραγματικού υδροστρόβιλου.

Σε κάθε περιοχή τιμών του n_s αντιστοιχεί μία ορισμένη μορφή τροχού και επομένως και ένας ορισμένος τύπος υδροστρόβιλου. Δηλαδή κάθε τύπος υδροστρόβιλου μπορεί να εργάζεται με καλό βαθμό αποδόσεως μόνο σε μία ορισμένη περιοχή τιμών του n_s , όπως μας παρέχει ο ακόλουθος πίνακας:

Στρόβιλος Pelton $n_s = 12 \approx 50$

Στρόβιλος Francis $n_s = 50 \approx 500$

Στρόβιλος Kaplan $n_s = 500 \approx 1200$

Αποτελεί δηλαδή σύμφωνα με τα παραπάνω η ειδική ταχύτητα περιστροφής n_s ένα πολύ χρήσιμο κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου υδροστρόβιλου σε κάθε περίπτωση, όπως θα κατανοήσουμε καλύτερα με τις ακόλουθες δύο εφαρμογές.

Εφαρμογή 1η.

Σε υδροηλεκτρική εγκατάσταση αποταμιεύσεως έχομε διαθέσιμο ύψος $H = 550$ m και παροχή $Q = 18 \text{ m}^3/\text{sec}$ και χρειαζόμαστε υδροστρόβιλο που να κινεί απευθείας την ηλεκτρογεννήτρια με ταχύτητα $n = 300$ rpm Ποιον τύπο στροβίλου πρέπει να επιλέξουμε;

Αν δεχθούμε βαθμό αποδόσεως του στροβίλου $\eta = 0,88$, θα έχομε ισχύ υδροστρόβιλου N ίση με: $13,3 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$, δηλαδή $N = 13,3 \times 18 \times 55 \times 0,88 \approx N = 116\,000$ PS.

Η τιμή του n_s θα είναι:

$$n_s = n \frac{\sqrt{N}}{H \cdot 4\sqrt{H}}$$

$$\text{δηλαδή} \quad n_s = 300 \cdot \frac{\sqrt{116000}}{550 \cdot 4\sqrt{550}} = 38,5$$

Από τον αριθμό 38,5, ο οποίος βρίσκεται μεταξύ 12 και 50, συμπεραίνομε ότι θα πρέπει να επιλέξουμε στρόβιλο Pelton.

Εφαρμογή 2η.

Σε μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση ροής, με διαθέσιμο ύψος $H = 10 \text{ m}$ και παροχή $Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$, χρειαζόμαστε υδροστρόβιλο, που να κινεί απευθείας την ηλεκτρογεννήτρια με ταχύτητα $n = 150 \text{ rpm}$.

Ποιο τύπο στροβίλου πρέπει να επιλέξουμε:

Αν δεχθούμε βαθμό αποδόσεως του στροβίλου $\eta = 0,83$, θα έχουμε ισχύ του υδροστρόβιλου $13,3 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$, δηλαδή:

$$N = 13,3 \times 100 \times 10 \times 0,83 \quad \text{ή} \quad N = 11\,000 \text{ PS}$$

$$\text{Η τιμή του } n_s \text{ θα είναι: } n_s = n \cdot \frac{\sqrt{N}}{H \cdot 4\sqrt{H}}$$

$$\text{δηλαδή} \quad n_s = 150 \cdot \frac{\sqrt{11\,000}}{10 \cdot 4\sqrt{10}} = 885$$

ώστε στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να επιλέξουμε στρόβιλο Kaplan.

Εάν όμως δεν θέλομε στρόβιλο ισχύος 11000 PS, αλλά 4 υδροστρόβιλους ισχύος 2750 PS τον καθένα, τότε το n_s θα προκύψει ίσο με 442,5 και επομένως στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να επιλέξουμε 4 όμοιους υδροστρόβιλους τύπου Francis.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 122

ΑΝΤΛΙΕΣ

122.1 Γενικά.

Η αντλία είναι μηχάνημα που χρησιμεύει για να διακινεί οποιοδήποτε υγρό από ένα δοχείο σε άλλο, που βρίσκεται ψηλότερα από το πρώτο ή κάτω από μεγαλύτερη πίεση. Με άλλα λόγια, η αντλία αναρροφά το υγρό από ένα χώρο και το καταθλίβει με πίεση σε έναν άλλο.

Οι αντλίες, όπως άλλωστε και οι αεροσυμπιεστές, δεν είναι κινητήριες μηχανές, αλλά «εργομηχανές», δηλαδή μηχανές που για τη λειτουργία τους καταναλώνουν μηχανικό έργο και δημιουργούν δυναμική ή κινητική ενέργεια. Παρ' όλα αυτά εξετάζονται στο βιβλίο αυτό, γιατί η λειτουργία τους είναι ακριβώς αντιστροφή προς τη λειτουργία των υδραυλικών κινητήρων και γιατί είναι μηχανές που συναντάμε σε κάθε εγκατάσταση κινητηρίων μηχανών.

Για τη λειτουργία οποιασδήποτε αντλίας χρησιμοποιείται ένα μηχάνημα που την κινεί και λέγεται, ακριβώς για το λόγο αυτό, **κινητήριο μηχάνημα της αντλίας**.

Τα κινητήρια μηχανήματα των αντλιών μπορεί να είναι ατμομηχανές, ατμοστρόβιλοι, μηχανές ντίζελ ή βενζινομηχανές και σε μεγάλη κλίμακα ηλεκτροκινητήρες. Μπορεί όμως μία αντλία μικρής παροχής να είναι και χειροκίνητη. Τέλος η αντλία μπορεί να είναι και εξαρτημένη, δηλαδή να κινείται από ένα κινητό μέρος της κύριας μηχανής.

122.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία των αντλιών.

Κάθε αντλία χαρακτηρίζεται από ορισμένα βασικά στοιχεία, τα οποία και προσδιορίζουν τις ικανότητές της. Αυτά είναι τα διάφορα ύψη της αντλίας, η παροχή της, οι διάφοροι βαθμοί αποδόσεώς της και η ισχύς που απαιτείται για την κίνησή της.

Από τα παραπάνω στοιχεία θα εξετασθούν στη συνέχεια όσα

αφορούν τα διάφορα ύψη των αντλιών. Όσα αφορούν την παροχή, βαθμούς αποδόσεως και ιπποδύναμη, η σημασία των οποίων πάντως μας είναι ήδη γνωστή, θα αναλυθούν λεπτομερέστερα στο τέλος, μετά την ολοκλήρωση της περιγραφής των διαφόρων τύπων των αντλιών.

122.3 Τα ύψη των αντλιών και η μέτρησή τους.

α) Στατικό ύψος αναρροφήσεως H_a ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από τη στάθμη του υγρού που θα αναρροφήσει η αντλία, μέχρι το θάλαμο αναρροφήσεως της. Ο θάλαμος αυτός στην εμβολοφόρο αντλία είναι το κιβώτιο των βαλβίδων, ενώ στις φυγόκεντρες ο χώρος του αγωγού στο σημείο όπου το υγρό μπαίνει στο στροφείο της αντλίας.

β) Στατικό ύψος καταθλίψεως H_k ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από το θάλαμο καταθλίψεως της αντλίας, έως τη στάθμη του δοχείου, στο οποίο καταθλίβεται το υγρό.

γ) Στατικό ύψος H_s ονομάζεται το άθροισμα των δύο υψών που προαναφέρθηκαν, δηλαδή η κατακόρυφη απόσταση από τη στάθμη αναρροφήσεως, μέχρι τη στάθμη καταθλίψεως του υγρού. Θα είναι δηλαδή $H_s = H_a + H_k$.

δ) Ύψος αντιστάσεων H_r . Το σύνολο των αντιστάσεων, οι οποίες συνιστούν εμπόδιο στην κίνηση των φλέβας του υγρού, προσδιορίζεται σε αντίστοιχο ύψος στήλης του υγρού και χαρακτηρίζεται ως ύψος αντιστάσεων (H_r).

Οι αντιστάσεις αυτές δημιουργούνται κατά τη ροή του υγρού, την οποία πραγματοποιεί η αντλία, και έχουν ως συνέπεια απώλεια ενέργειας του υγρού που βρίσκεται σε κίνηση (§ 113.6). Οι αντιστάσεις αυτές οφείλονται σε **τριβές, στροβισμούς, στενάματα ή διαυρύσσεις** της διατομής της ροής, **καμπύλες** των σωληνώσεων, **παρεμβολή των ρυθμιστικών οργάνων**, βαλβίδων, διακοπών κλπ. και δημιουργούνται είτε μέσα στην ίδια την αντλία, είτε μέσα στις σωληνώσεις αναρροφήσεως και καταθλίψεως. Οι αντιστάσεις διακρίνονται έτσι σε **εσωτερικές** της αντλίας και **εξωτερικές** των σωληνώσεων. Οι τελευταίες πάλι διακρίνονται σε αντιστάσεις **αναρροφήσεως** και **καταθλίψεως** αντίστοιχα. Το μέγεθός τους ποικίλει κάθε φορά, ενώ ο υπολογισμός τους γίνεται με εμπειρικούς κυρίως τύπους και μετρήσεις κατά τις μεθόδους της Υδραυλικής.

Το ύψος αντιστάσεων δεν είναι σταθερό κατά τη λειτουργία

της αντλίας, όπως τα δύο προηγούμενα, αλλά εξαρτάται από τη στιγμαία παροχή της και μάλιστα μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνό της.

Από λειτουργική πλευρά είναι ευνόητο ότι οι αντιστάσεις συμπεριφέρονται σαν να προσθέτουν επί πλέον ύψος κατά τη μεταφορά του υγρού και αυτό αποτελεί πρόσθετο στοιχείο κατά τον υπολογισμό της ικανότητας και των διαστάσεων της αντλίας. Με άλλα λόγια, για να μετακινήσουμε υγρό από χαμηλή στάθμη σε άλλη υψηλότερη, δεν αρκεί να υπερνικήσουμε μόνο τη ύψη αναρροφήσεως και καταθλίψεως, αλλά και το πρόσθετο αυτό ύψος των αντιστάσεων H_r .

ε) Ολικό ύψος H_o ονομάζεται σύμφωνα με τα παραπάνω το άθροισμα του στατικού ύψους H_σ και του ύψους αντιστάσεων H_r , δηλαδή: $H_o = H_\sigma + H_r$ ή $H_o = H_a + H_k + H_r$.

στ) Μανομετρικό ύψος της αντλίας H_m ονομάζεται το προηγούμενο ολικό ύψος H_o , αν από αυτό αφαιρέσουμε τις εξωτερικές αντιστάσεις των σωληνώσεων αναρροφήσεως και καταθλίψεως, δηλαδή όσες δημιουργούνται στις σωληνώσεις μέχρι τις περιαυχένιες συνδέσεις τους με την αντλία.

Αυτό είναι αναγκαίο, για να χαρακτηρίσει την ικανότητα μόνο της αντλίας, ανεξάρτητα από τη θέση και τις τοπικές συνθήκες της εγκαταστάσεως των σωληνώσεων αναρροφήσεως και καταθλίψεως της, δεδομένου μάλιστα ότι οι αντιστάσεις στις σωληνώσεις αυτές εξαρτώνται από τη θέση, τις καμπύλες, το μήκος τους, τους διακόπτες που παρεμβάλλονται κλπ.

Το μανομετρικό ύψος της αντλίας αφορά επομένως την ίδια την αντλία και παρέχεται κάθε φορά από τον κατασκευαστή ως προσδιοριστικό μέγεθος των ικανοτήτων της.

ζ) Η μέτρηση των υψών.

'Ολα τα ύψη, που αναφέρθηκαν προηγουμένως μετριούνται σε μέτρα ή πόδια στήλης νερού. Στην προκειμένη περίπτωση υφίστανται οι εξής αντιστοιχίες ανάμεσα στις πιέσεις και τα ύψη.

Για το μετρικό σύστημα:

1 φυσική ατμόσφαιρα Atm = 10,33 m στήλης νερού

1 τεχνική ατμόσφαιρα At = 1 kg/cm² = 10 m στήλης νερού

Για το αγγλικό σύστημα:

1 Atm = 14,7 p.s.i. = 34,5 ft στήλης νερού
και 1 At = 14,2 p.s.i. = 32,8 ft στήλης νερού

122.4 Η αναρρόφηση της αντλίας.

Η αναρρόφηση της αντλίας πραγματοποιείται χάρη στο κενό που δημιουργεί η αντλία μέσα στο θάλαμό της. Αυτό είναι μία μικρότερη απόλυτη πίεση από εκείνη, η οποία επικρατεί πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και η οποία συνήθως είναι η ατμοσφαιρική ή ορθότερα η βαρομετρική πίεση που ισχύει κάθε φορά. Έτσι το υγρό αναγκάζεται λόγω της διαφοράς αυτής πιέσεων να κινηθεί μέσα στη σωλήνωση της αναρροφήσεως από το χώρο της υψηλότερης πιέσεως, δηλαδή της ατμοσφαιρικής, προς το χώρο της χαμηλότερης, δηλαδή προς το θάλαμο αναρροφήσεως της αντλίας.

Η διαφορά όμως αυτή των πιέσεων μπορεί το περισσότερο να λάβει την τιμή της μιας ατμόσφαιρας ή της βαρομετρικής πιέσεως που ισχύει κάθε φορά, και αυτό αν υποθέσομε ότι η υποπίεση, που δημιουργεί η αντλία φθάνει στο τέλειο κενό. Αυτό όμως είναι σχεδόν αδύνατο στην πράξη.

Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνομε ότι το μέγιστο **θεωρητικό** ύψος, από το οποίο θα μπορούσε να αναρροφήσει μία αντλία, είναι 10,33 μέτρα ή 34,5 πόδια.

Η ικανότητα αντλίας για αναρρόφηση ή, όπως αλλιώς λέγεται, το πραγματικό ύψος αναρροφήσεώς της, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες:

a) Από τη **βαρομετρική πίεση** που ισχύει κάθε φορά. Όσο μικρότερη είναι αυτή, τόσο δυσκολότερα αναρροφά η αντλία.

b) Από τη **θερμοκρασία** του υγρού. Όσο θερμότερο είναι το υγρό, τόσο πάλι δυσκολότερα το αναρροφά η αντλία. Π.χ. νερό θερμοκρασία 0°C μπορεί θεωρητικά να το αναρροφήσει η αντλία από ύψος 10,33 μέτρων; ενώ νερό θερμοκρασίας 100°C , δηλαδή θερμοκρασίας βρασμού δεν μπορεί να το αναρροφήσει καθόλου. Σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες μεταξύ 0° και 100°C και λόγω της τάσεως των ατμών του νερού που δημιουργούνται, η αντλία αναρροφά το νερό από ενδιάμεσα ύψη, δηλαδή χαμηλότερα από τα 10,33 μέτρα.

c) Από το **ειδικό βάρος** του υγρού. Όσο ελαφρότερο είναι το υγρό, τόσο ευκολότερα το αναρροφά η αντλία.

d) Από το συντελεστή **συνοχής** των μορίων του υγρού, δηλαδή το **ιξώδες** του. Όσο πιο παχύρευστο είναι το

υγρό, τόσο δυσκολότερα το αναρροφά η αντλία.

- ε)** Από τις **αντιστάσεις στη σωλήνωση αναρροφήσεως**. Όσο λιγότερες οι αντιστάσεις, τόσο ευκολότερα αναρροφά η αντλία. Οι αντιστάσεις αυτές, όπως αναφέρθηκε, είναι πάντοτε μικρότερες, όταν η διάμετρος του σωλήνα είναι μεγαλύτερη, όταν οι σωλήνες είναι ευθείς, χωρίς πολλές καμπύλες και λείοι εσωτερικά, ώστε να μη δημιουργούνται δυνάμεις συνάφειας του υγρού με τα τοιχώματα του σωλήνα, ή όταν παρεμβάλλονται στη σωλήνωση όσο το δυνατό λιγότερα όργανα ρυθμίσεως και ελέγχου.
- στ)** Από τις **βαλβίδες της αντλίας**. Σε αντλίες που έχουν βαλβίδες, η ροή του υγρού είναι τόσο ευκολότερη, όσο μικρότερος ο αριθμός των βαλβίδων αυτών.
- δ)** Από τη **στεγανότητα** του σωλήνα αναρροφήσεως και του όλου μηχανισμού της αντλίας. Όσο καλύτερη είναι η στεγανότητα του σωλήνα αναρροφήσεως, των βαλβίδων, των εμβόλων της εμβολοφόρου αντλίας ή πάλι όσο μικρότερα τα διάκενα του στροφείου μιας περιστροφικής αντλίας, τόσο καλύτερα αναρροφά αυτή το υγρό.
- η)** Από διάφορες άλλες αιτίες που εξαρτώνται από τον τύπο της αντλίας. Έτσι π.χ. ο **μεγάλος αριθμός εμβολισμών** στις εμβολοφόρες αντλίες ή οι **πολλές στροφές στις φυγόκεντρες** επηρεάζουν ανάλογα την ικανότητα αναρροφήσεώς τους.

122.5 Η κατάθλιψη της αντλίας.

'Οσον αφορά την κατάθλιψη της αντλίας, αυτή μπορεί, θεωρητικά τουλάχιστον, να πραγματοποιείται σε απεριόριστο ύψος καταθλίψεως. Στην πράξη το ύψος καταθλίψεως εξαρτάται από το είδος της αντλίας και τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της, τα χαρακτηριστικά της σωληνώσεως και τις διάφορες αντιστάσεις.

Μεγάλα ύψη καταθλίψεως επιτυγχάνονται με εμβολοφόρες αντλίες και αντλίες εκτοπίσεως, ενώ στις φυγόκεντρες το ύψος καταθλίψεως σε μονάδες πιέσεως δεν μπορεί να υπερβεί τις 10 At περίπου. Γι' αυτό και καταφεύγομε στις πολυβάθμιες φυγόκεντρικές αντλίες, όταν θέλομε μεγαλύτερες πιέσεις καταθλίψεως.

122.6 Κατάταξη των αντλιών.

Οι διάφορες κατηγορίες, στις οποίες κατατάσσονται οι αντλίες ανάλογα με τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας καθεμιάς, είναι οι εξής:

α) Εμβαλοφόρες αντλίες εκτοπίσεως.

β) Περιστροφικές αντλίες εκτοπίσεως (γραναζωτές, μαχαιρωτές, κοχλιοειδείς κλπ.).

γ) Εγχυτήρες (τζιφάρια).

Καθέναν από τους παραπάνω τύπους θα εξετάσομε χωριστά στα επόμενα κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 123

ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

123.1 Γενικά.

Εμβολοφόρος ονομάζεται η αντλία που αποτελείται από ένα ή περισσότερους κυλίνδρους, μέσα στον καθένα από τους οποίους παλινδρομεί έμβολο. Το έμβολο αυτό χρησιμεύει για να αναρροφά και να καταθλίβει το υγρό.

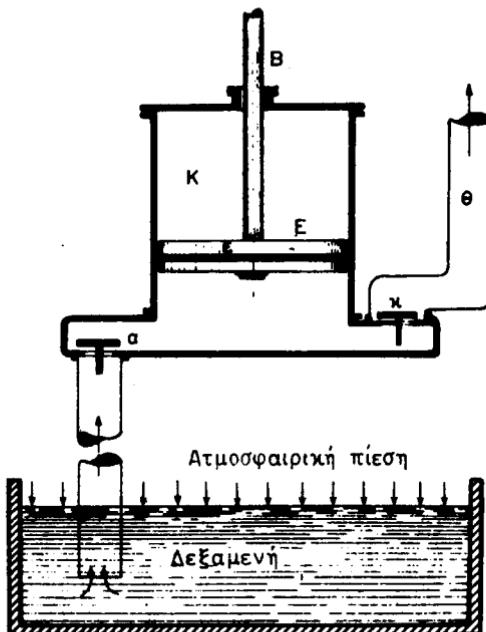
Η εμβολοφόρος αντλία, που αναρροφά και καταθλίβει το υγρό από τη μία μόνο όψη του εμβόλου της, ονομάζεται **απλής ενέργειας**, ενώ εκείνη, που το αναρροφά και το καταθλίβει και από τις δύο όψεις του εμβόλου της ονομάζεται **διπλής ενέργειας**.

123.2 Εμβολοφόρες αντλίες απλής και διπλής ενέργειας.

Το σχήμα 123.2α παριστάνει εμβολοφόρο αντλία απλής ενέργειας. Αποτελείται από τον κύλινδρο Κ, πάνω στον οποίο υπάρχουν η βαλβίδα αναρροφήσεως α και η βαλβίδα καταθλίψεως κ. Μέσα στον κύλινδρο παλινδρομεί το έμβολο Ε με το ελατήριο στεγανότητας ε. Το έμβολο συνδέεται με το βάκτρο Β, με το οποίο κινείται από κινητήριο μηχάνημα.

Καθώς το έμβολο ανεβαίνει, δημιουργεί κενό από την κάτω όψη του, ανοίγει η βαλβίδα αναρροφήσεως α λόγω της ατμοσφαιρικής πιέσεως που ασκείται πανω στην επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής και το υγρό μπαίνει μέσα στον κύλινδρο. Ετσι πραγματοποιείται η αναρρόφηση, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο ανώτατο νεκρό σημείο της διαδρομής του (ΑΝΣ).

Από το ΑΝΣ το έμβολο αρχίζει να κατεβαίνει και να συμπιέζει το υγρό, οπότε λόγω της πιέσεως που αναπτύσσεται, κλείνεται η βαλβίδα αναρροφήσεως α και ανοίγει η βαλβίδα καταθλίψεως κ και το υγρό ρέει προς το σωλήνα της καταθλίψεως Θ, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο κατώτατο νεκρό σημείο



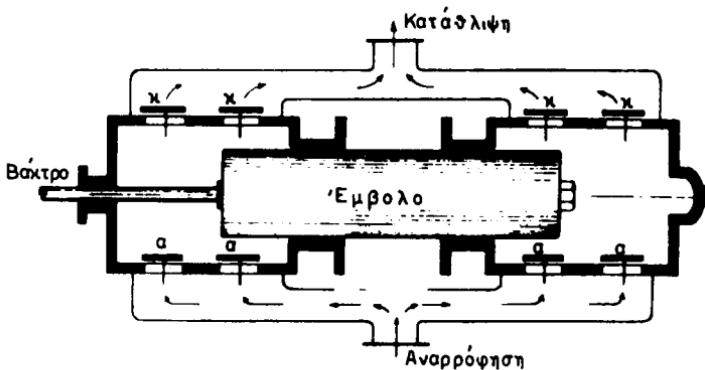
Σχ. 123.2α.

ΚΝΣ της διαδρομής του. Από αυτό το έμβολο αρχίζει να ανεβαίνει πάλι προς το ΑΝΣ, οπότε και αρχίζει πάλι η ίδια λειτουργία, που επαναλαμβάνεται αυτή συνεχώς όσο η αντλία βρίσκεται σε κίνηση.

Από τη λειτουργία της αντλίας αυτής αντιλαμβανόμαστε ότι εργάζεται η μία όψη του εμβόλου μόνο, στην προκειμένη περίπτωση η κάτω και γι' αυτό η αντλία αυτή ονομάζεται **απλής ενέργειας**.

Το σχήμα 123.2β παριστάνει εμβολοφόρο αντλία διπλής ενέργειας. Σε αυτή οι βαλβίδες α είναι οι βαλβίδες αναρροφής, ενώ οι κ της καταθλίψεως. Η λειτουργία της αντλίας αυτής είναι όμοια με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι πραγματοποιείται και από τις δύο όψεις του εμβόλου, και την αριστερή και τη δεξιά. Γι' αυτό η αντλία αυτή ονομάζεται **διπλής ενέργειας**.

Χαρακτηριστικό της λειτουργίας της αντλίας διπλής ενέργειας είναι ότι, όταν από τη μία όψη του εμβόλου γίνεται αναρρόφηση, από την άλλη γίνεται κατάθλιψη και αντίστροφα.



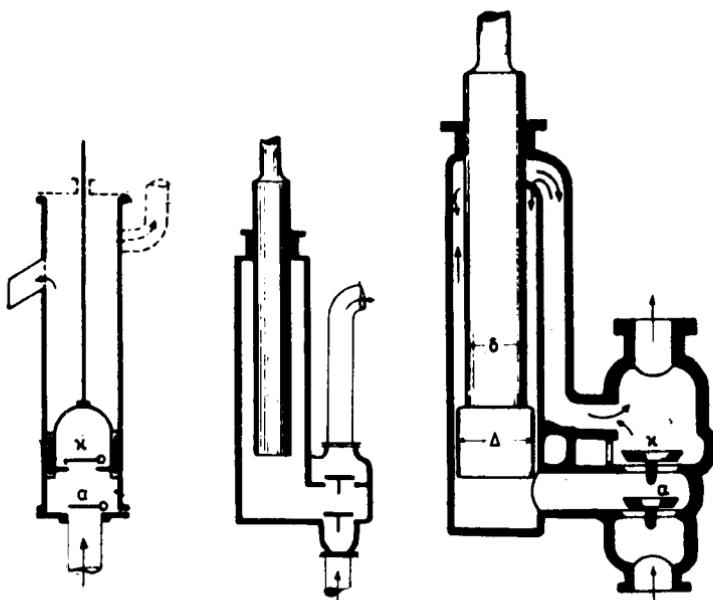
Σχ. 123.2β.

123.3 Ειδικοί τύποι εμβολοφόρων αντλιών.

Το σχήμα 123.3α παριστάνει αντλία για την άντληση από τα φρεάτια. Καθώς το έμβολό της ανεβαίνει, δημιουργείται από την κάτω όψη του κενό και ανοίγει η βαλβίδα αναρροφήσεως α, από όπου το νερό μπαίνει στον κύλινδρο. Με την κάθοδο του εμβόλου στη συνέχεια κλείνεται η βαλβίδα α και ανοίγει η βαλβίδα καταθλίψεως και το νερό περνάει από την κάτω στην άνω όψη του εμβόλου. Καθώς πάλι ανεβαίνει το έμβολο, από την κάτω όψη του γίνεται νέα αναρρόφηση, ενώ ταυτόχρονα κλείνεται η βαλβίδα κ και το νερό, που είχε περάσει προηγουμένως στην άνω όψη του, παρασύρεται από το έμβολο και εκδιώκεται από το σωλήνα εξαγωγής, που διακρίνεται αριστερά στο σχήμα.

Οι βαλβίδες της αντλίας αυτής είναι επίπεδες τύπου δικλείδας (κλαπέτα), δηλαδή όμοιες με γλωττίδες ή γιγγλύμους (μεντεσέδες). Η αντλία αναρροφεί από μικρό μόνο ύψος και είναι, όπως είναι ευνόητο, απλής ενέργειας. Εάν είναι αναγκαίο να καταθλίψει το νερό σε μεγαλύτερο ύψος, τότε ο σωλήνας καταθλίψεως διαμορώνεται, όπως εικονίζεται στο ίδιο σχήμα 123.3α με τις διακοπτόμενες γραμμές.

Το σχήμα 123.3β παριστάνει εμβολοφόρο αντλία απλής ενέργειας, που χρησιμοποιείται για υψηλές πιέσεις αποβολής. Χρησιμεύει για τη λεγόμενη **υδροστατική δοκιμή** δοχείων, λεβήτων και σωλήνων, με την οποία διαπιστώνομε τη στεγανότητα και την αντοχή τους στην εσωτερική πίεση. Το έμβολο της



Σχ. 123.3α.

Σχ. 123.3β.

Σχ. 123.3γ.

αντλίας είναι ολόσωμος κύλινδρος και ονομάζεται **έμβολο βυθίσεως**.

Το σχήμα 123.3γ παριστάνει αντλία με **διαφορικό έμβολο**. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στην αντλία αυτή είναι ότι το έμβολο της είναι έμβολο βυθίσεως, αλλά είναι κατασκευασμένο σε δύο διαμέτρους, τη μικρή δ και τη μεγάλη Δ .

Καθώς το έμβολο ανεβαίνει, ανοίγει η βαλβίδα a και το υγρό εισέρχεται στον κύλινδρο, στο χώρο κάτω από το έμβολο, εκεί όπου η διάμετρός του είναι Δ . Με την κάθοδο του εμβόλου κλείνεται η βαλβίδα a και ανοίγει η βαλβίδα κ , οπότε μέρος του υγρού οδεύει στο δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου (στην περιοχή της μικρής διαμέτρου του εμβόλου), ενώ το υπόλοιπο οδεύει προς την κατάθλιψη. (Το ποσό του υγρού, που θα μπει στο δακτυλιοειδή χώρο, εξαρτάται από τη σχέση των διαμέτρων Δ και δ). Όταν πάλι ανεβαίνει ξανά το έμβολο, από την κάτω όψη του γίνεται νέα αναρρόφηση, ενώ το υγρό που είχε συγκεντρωθεί στο δακτυλιοειδή χώρο οδεύει προς την κατάθλιψη. Με την επόμενη κάθοδο του εμβόλου το υγρό πάλι διαμοιράζεται σε δύο, δηλαδή σε ένα μέρος που μπαίνει στο δακτυλιοειδή χώρο, και σε ένα μέρος που πηγαίνει προς την

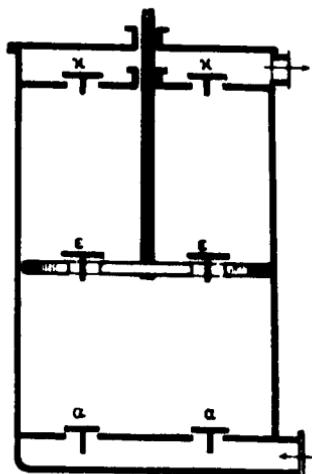
αποβολή. Κατ' αυτό τον τρόπο συνεχίζεται η λειτουργία της αντλίας, ώστε η κατάθλιψη του υγρού να είναι περίπου συνέχης.

Όταν η διάμετρος δ είναι ίση προς $0,7 \Delta$, τότε σε κάθε εμβολισμό η αντλία στέλνει στην αποβολή την ίδια περίπου ποσότητα υγρού.

Και η αντλία αυτή είναι απλής ενέργειας, εφόσον η ποσότητα του υγρού που καταθλίβει, είναι η ίδια με την ποσότητα που αποβάλλουν οι αντλίες απλής ενέργειας, αδιάφορο αν κατανέμεται στους δύο εμβολισμούς ή διαδρομές του εμβόλου.

Το σχήμα 123.3δ παριστάνει εμβολοφόρο αντλία απλής ενέργειας με τρεις σειρές βαλβίδων. Καθώς το έμβολο ανέρχεται, δημιουργείται κενό από την κάτω όψη του. Τότε ανοίγουν οι κάτω βαλβίδες α, μπαίνει το υγρό στον κύλινδρο και γεμίζει το χώρο που δημιουργείται από το έμβολο του κυλίνδρου, μέχρι το έμβολο να φθάσει στο ΑΝΣ της διαδρομής του.

Κατά την προς τα κάτω διαδρομή του εμβόλου, το υγρό συμπίέζεται και λόγω της αναπτυσσόμενης πιέσεως ανοίγουν οι βαλβίδες ε, δια μέσου των οποίων το υγρό μπαίνει στο χώρο του κυλίνδρου πάνω από το έμβολο. Καθώς το έμβολο ανεβαίνει πάλι, απ' την κάτω όψη του γίνεται νέα αναρρόφηση, ενώ από την άνω όψη του, όπου βρίσκεται το υγρό, που μπήκε προηγουμένως, πραγματοποιείται η συμπίεση του υγρού. Λόγω



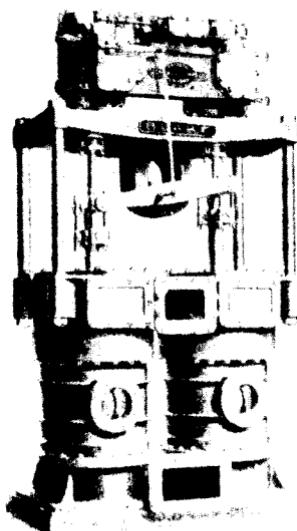
Σχ. 123.3δ.

της πιέσεως που αναπτύσσεται, από τη μια κλείνονται οι βαλβίδες ε, ενώ από την άλλη ανοίγουν οι βαλβίδες κ της αποβολής, με τις οποίες το υγρό οδηγείται με πίεση προς το σωλήνα της καταθλίψεως.

'Όταν πάλι το έμβολο αρχίσει να κατεβαίνει, κλείνονται οι βαλβίδες κ, που είναι **ανεπιστρόφες**, ώστε να μην επιστρέφει το υγρό από το σωλήνα αποβολής προς τον κύλινδρο. Κλείνονται επίσης οι βαλβίδες α και ανοίγουν οι βαλβίδες πάνω στο έμβολο ε, οπότε και επαναλαμβάνεται η ίδια λειτουργία, όπως και προηγούμενα.

Κατά τη λειτουργία της αντλίας παρατηρούμε ότι σε κάθε άνοδο του εμβόλου έχομε αναρρόφηση από κάτω και κατάθλιψη από πάνω, ενώ σε κάθε κάθοδό του έχομε μετάβαση του υγρού από το χώρο που είναι κάτω από το έμβολο στο χώρο πάνω από αυτόν. Με άλλα λόγια μόνο κατά την άνοδο του εμβόλου έχομε κατάθλιψη του υγρού, γι' αυτό και η αντλία αυτή είναι, όπως και στην αρχή είπαμε, αντλία απλής ενέργειας.

Οι αντλίες του παραπάνω τύπου χρησιμοποιούνται ως εξαγωγικές αντλίες συμπυκνώματος (αεραντλίες) στις εγκαταστάσεις παλινδρομικών ατμομηχανών. Το σχήμα 123.3ε παριστάνει δίδυμη αντλία αυτού του τύπου. Αποτελείται από δύο κυλίν-



Σχ. 123.3ε.

δρους, πάνω από τους οποίους βρίσκεται το κινητήριο ατμομηχανήμα της αντλίας. Παρατηρούμε ότι τα βάκτρα των δύο εμβόλων της αντλίας συνδέονται μεταξύ τους με ζυγό. Από αυτόν, μέσω συστήματος μοχλών, μεταδίδεται η κίνηση προς τον ατμοδιανομέα του διδύμου ατμομηχανήματος και κατά τρόπο, ώστε τα δύο υδρέμβολα της αντλίας να μην κινούνται ταυτόχρονα, αλλά εναλλάξ. Έτσι, όταν το αριστερό κατεβαίνει, το δεξιό ανεβαίνει και αντίστροφα. Με την παραπάνω διάταξη επιτυγχάνεται περίπου συνεχής ροή στο σωλήνα της αποβολής. Οι βαλβίδες αυτής της αντλίας είναι τύπου Kinghorn.

Για να κλείσουμε την περιγραφή των εμβολοφόρων αντλιών, πρέπει να προσθέσουμε ότι τις διακρίνουμε σε οριζόντιες και κατακόρυφες, ανάλογα με την τοποθέτηση των κυλίνδρων τους, δηλαδή με τον άξονα οριζόντια ή κατακόρυφα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 124

ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

124.1 Βαλβίδες.

Οι βαλβίδες είναι όργανα των εμβολοφόρων αντλιών που επιτρέπουν ή διακόπτουν τη ροή του υγρού, το οποίο αναρροφά ή αποβάλλει η αντλία. Διακρίνονται ως εκ τούτου σε **βαλβίδες αναρροφήσεως και βαλβίδες καταθλίψεως**.

Οι βαλβίδες αναρροφήσεως ανοίγουν, όταν πάνω από αυτές υπάρχει κενό, ενώ οι βαλβίδες καταθλίψεως ανοίγουν, όταν κάτω από αυτές υπάρχει πίεση. Τόσο οι βαλβίδες αναρροφήσεως όσο και αυτές της καταθλίψεως κλείνουν μόνες τους, όταν σταματήσει να υπάρχει η αιτία που προκάλεσε το άνοιγμά τους. Είναι, όπως λέμε, αυτόκλειστες ή ανεπίστροφες και κατασκευάζονται έτσι, για να μην επιτρέπουν την επιστροφή του υγρού.

Η επιφάνεια, πάνω στην οποία εφαρμόζει η βαλβίδα κατά στεγανό τρόπο, ονομάζεται έδρα της βαλβίδας. Ανάλογα με το είδος της παραπάνω επιφάνειας, οι βαλβίδες διακρίνονται σε **επίπεδες, κωνικές και δισκοειδείς**.

Επίπεδες βαλβίδες ονομάζονται εκείνες, των οποίων η επιφάνεια στεγανότητας είναι επίπεδη.

Κωνικές βαλβίδες ονομάζονται αυτές που έχουν κωνική επιφάνεια στεγανότητας και κωνική έδρα αντίστοιχα (σχ. 124.1β) με γωνία 30° ή 60° ή συνηθέστερα 45° μοιρών.

Και οι επίπεδες και οι κωνικές βαλβίδες φέρουν οδηγό. Αυτός είναι πάντοτε τοποθετημένος στον άξονα της βαλβίδας όπως ένα μικρό βάκτρο, που κινείται μέσα σε κυλινδρική υποδοχή (σχ. 124.1α). Άλλοτε πάλι αποτελείται από 3 έως 4 προεκτάσεις της βαλβίδας (ποδαράκια), τοποθετημένες στην περιφέρειά της (σχ. 124.1β). Ο οδηγός της βαλβίδας κινείται μαζί της πάνω-κάτω κι εξασφαλίζει την ευθύγραμμη κίνησή της, ώστε να επιτυγχάνεται ασφαλώς η στεγανότητα, όταν η βαλβίδα επικάθεται στην έδρα της.

Στο πώμα του κιβωτίου των βαλβίδων, όπως φαίνεται και στα σχήματα 124.1α και 124.1β, υπάρχει προεξοχή, που καλείται **αναστολέας** και περιορίζει την ανύψωση τους. Συχνά ο αναστολέας αυτός είναι βίδα, η οποία διαπερνά το πώμα του κιβωτίου και βιδώνεται ή ξεβιδώνεται εξωτερικά. Κατ' αυτὸν τὸν τρόπο ρυθμίζεται η μέγιστη ανύψωση της βαλβίδας στα επιθυμητά όρια.

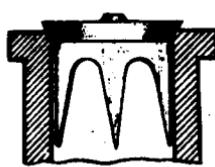
Οι επίπεδες και κωνικές βαλβίδες των αντλιών κατασκευάζονται συνήθως από καλής ποιότητας ορείχαλκο.

Διοποιεῖται βαλβίδες ονομάζονται κείνες που εδράζονται με όλη την επιφάνειά τους πάνω στην έδρα τους και διακρίνονται σε:

α) Βαλβίδες από ελαστικό ή δέρμα (σχ. 124.1γ), που ανοιγουν και σχηματίζουν γωνία κατά το άνοιγμά τους σαν δικλείδα (κλαπέτο) ή γίγγλυμος (μεντεσές). Το πάχος του ελαστικού ή του δέρματος είναι συνήθως 12-16 mm. Η έδρα και ο αναστολέας της έχουν τη μορφή σχάρας και κατασκευάζονται από ορείχαλκο.

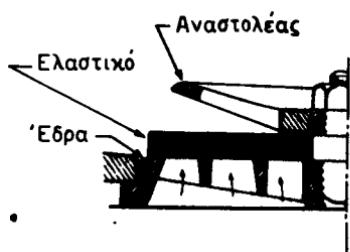
Η γωνία, την οποία σχηματίζει το ελαστικό ή το δέρμα όταν ανοιγει, κυμαίνεται σε 30° περίπου. Η ανύψωση της βαλβίδας στην περιφέρεια φθάνει έως 20 mm.

β) Βαλβίδες τύπου Kinghorn (σχ. 124.1δ). Αποτελούνται

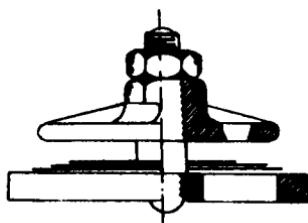


Σχ. 124.1α.

Σχ. 124.1β.



Σχ. 124.1δ.



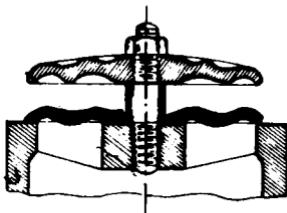
Σχ. 124.1γ.

συνήθως από 3 δίσκους από φύλλο ορειχάλκου 1-2 mm.

Το κέντρο των δίσκων διαπερνάται από άξονα που χρησιμεύει και ως οδηγός. Οι δύο κατώτεροι δίσκοι φέρουν οπές σε διαφορετική ο καθένας απόσταση από το κέντρο, ώστε να μη συμπίπτουν κατά την εφαρμογή του ενός δίσκου πάνω στον άλλο. Διαμέσου των οπών αυτών διέρχεται το υγρό, το οποίο και σχηματίζει λεπτό στρώμα που παρεμβάλλεται μεταξύ των δίσκων. Κατ' αυτόν τον τρόπο δεν κτυπούν οι δίσκοι μεταξύ τους, όταν επικάθονται ο ένας πάνω στον άλλον. Για τον ίδιο λόγο υπάρχουν ανάλογες οπές και στον αναστολέα της βαλβίδας.

Μεταξύ του ανώτερου δίσκου και του αναστολέα τοποθετείται συνήθως και σπειροειδές ελατήριο, που υποβοηθεί το κλείσιμο της βαλβίδας. Η έδρα της βαλβίδας μπορεί να έχει απλώς κυκλική οπή στο κέντρο ή να έχει τη μορφή σχάρας. Οι δίσκοι ανυψώνονται κατά 3-8 mm.

γ) Βαλβίδες τύπου Beldam (σχ. 124.1ε). Οι βαλβίδες αυτές μοιάζουν με τις βαλβίδες τύπου Kinghorn, με τη διαφορά ότι αποτελούνται από ένα μόνο κυματοειδή δίσκο από φύλλο ορειχάλκου πάχους 2-5 mm. Ο αναστολέας της βαλβίδας έχει ανάλογο κυματοειδές σχήμα.



Σχ. 124.1ε.

Οι βαλβίδες Kinghorn και Beldam είναι γενικώς κατάλληλες για ταχυκίνητες αντλίες, το έμβολο των οποίων εκτελεί πολλούς εμβολισμούς ανά λεπτό. Μερικές φορές αντί βαλβίδων χρησιμοποιούνται και δικλείδες (κλαπέτα) που κατασκευάζονται είτε από ορείχαλκο είτε από ελαστικό ή δέρμα με εσωτερικό οπλισμό.

124.2 Έμβολα εμβολοφόρων αντλιών.

Τα έμβολα των εμβολοφόρων αντλιών διακρίνονται σε **έμβολα βυθίσεως** και σε **έμβολα δισκοειδή**.

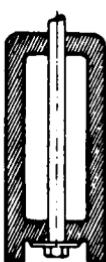
α) Τα έμβολα βυθίσεως (σχ. 124.2α) έχουν μήκος πολύ μεγαλύτερο από τη διάμετρό τους. Κατασκευάζονται άλλοτε συμπαγή και άλλοτε κοίλα και χρησιμοποιούνται σε αντλίες με μικρή παροχή αλλά μεγάλη πίεση στην αποβολή.

Τα έμβολα βυθίσεως δεν έχουν συνήθως ελατήρια στεγανότητας, γιατί η στεγανότητα εξασφαλίζεται χάρη στο μεγάλο μήκος που έχουν και με ένα κατάλληλο στυπειοθλίπτη. Ο στυπειοθλίπτης βρίσκεται πάνω στον κύλινδρο και στο σημείο όπου το έμβολο εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο.

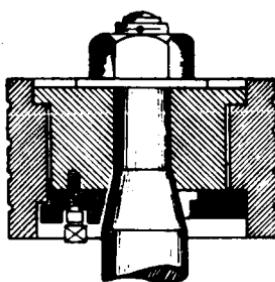
Τα έμβολα βυθίσεως κατασκευάζονται από ορείχαλκο ή ανοδείξωτο χάλυβα.

β) Έμβολα δισκοειδή. Τα δισκοειδοί μβολα είναι σχεδόν όμοια με τα έμβολα των παλινδρομικών ατμομηχανών. Ονομάζονται δισκοειδή γιατί το ύψος τους είναι πολύ μικρό σε σχέση με τη διάμετρο τους και έτσι μοιάζουν με δίσκους.

Για τη στεγανότητα χρησιμοποιούν ελατήρια από **εφονίτη** ή **ορείχαλκο**, όταν εργάζονται σε νερό ή από **χυτοσιδήρο** όταν εργάζονται σε λάδι ή πετρέλαιο. Μερικές φορές αντί ελατηρίων περιβάλλονται από δέρμα οπλισμένο με λευκό μέταλλο ή από κύλινδρο μεγάλου ύψους από λευκό μέταλλο (σχ. 124.2β). Στον κύλινδρο αυτό ανοίγονται περιφερειακά αυλάκια, τα οποία και συγκρατούν λιγό υγρό. Με τη βοήθεια του υγρού επιτυγχάνεται καλύτερα η στεγανότητα.



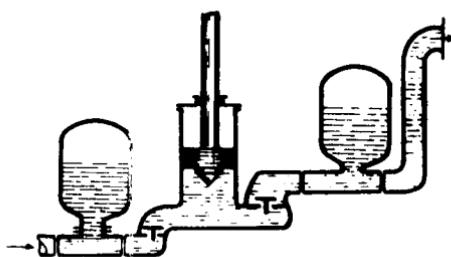
Σχ. 124.2α.



Σχ. 124.2β.

124.3 Αεροκώδωνες εμβολοφόρων αντλιών.

Οι αεροκώδωνες είναι μεταλλικοί θάλαμοι, που παρεμβάλλονται είτε στην αναρρόφηση είτε στην αποβολή των εμβολοφόρων αντλιών ή συνηθέστερα και στις δύο. Το σχήμα 124.3α



Σχ. 124.3α.

παριστάνει αντλία με αεροκώδωνες και στην αναρρόφηση και στην αποβολή.

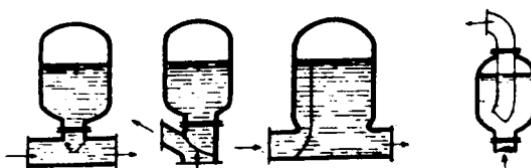
Την ενέργεια του αεροκώδωνα έχομε εξηγήσει ήδη στην υδραυλική (§ 114.5).

Ο αεροκώδωνας στην αναρρόφηση τοποθετείται για να καταστήσει ομαλή την εισροή του υγρού στον κύλινδρο, ώστε να αποφεύγονται οι κτύποι του υγρού στα πλάγια και τα πώματα της αντλίας. Οι κτύποι αυτοί δημιουργούνται όταν το υγρό εισρέει απότομα στον κύλινδρο. Ο αεροκώδωνας στην αποβολή τοποθετείται για να καταστήσει ομαλή και συνεχή τη ροή του υγρού στην καταθλιψη.

Όσο πιο κοντά στην αντλία είναι τοποθετημένος ο αεροκώδωνας, τόσο καλύτερη είναι η απόδοσή του.

Οι αεροκώδωνες γενικώς περιέχουν μέχρι ορισμένη στάθμη υγρό από αυτό που διακινεί η αντλία. Πάνω από τη στάθμη του υγρού υπάρχει αέρας, ο οποίος συμπιέζεται από το υγρό στο τέλος της αναρροφήσεως και στην αρχή της καταθλιψεως ή εκτονώνεται και εκδιώκει το υγρό στην αρχή της αναρροφήσεως και στο τέλος της καταθλιψεως.

Ο αεροθάλαμος του αεροκώδωνα είναι συνήθως 1-1,5 φορές μεγαλύτερος από τον όγκο του κυλίνδρου της αντλίας, ενώ ο ολικός όγκος του αεροκώδωνα 2-6 φορές μεγαλύτερος από τον όγκο του κυλίνδρου της αντλίας. Αυτό πάντως εξαρτάται και



Σχ. 124.3β.

από το σκοπό της αντλίας, καθώς και από το μήκος της σωληνώσεως, στην οποία είναι προσαρμοσμένος ο αεροκώδωνας.

Οι μεγάλοι αεροκώδωνες έχουν συνήθως υδροδείκτη, που δείχνει τη στάθμη του υγρού μέσα στον αεροκώδωνα, και φέρουν μανόμετρο και μικρή εξαεριστική βρύση.

Το σχήμα 124.3β παριστάνει διάφορους αεροκώδωνες των πιο συνηθισμένων μορφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 125

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

125.1 Γενικά.

Στις επόμενες παραγράφους θα εξετάσομε τις περιστροφικές αντλίες εκτοπίσεως, οι οποίες εκτοπίζουν το υγρό και το αναγκάζουν σε ροή υπό πίεση. Η ενέργειά τους είναι η ίδια με την ενέργεια των εμβολοφόρων, με τη διαφορά ότι στις εμβολοφόρες το κινητό μέρος εκτελεί παλινδρομική κίνηση, ενώ στις περιστροφικές περιστροφική.

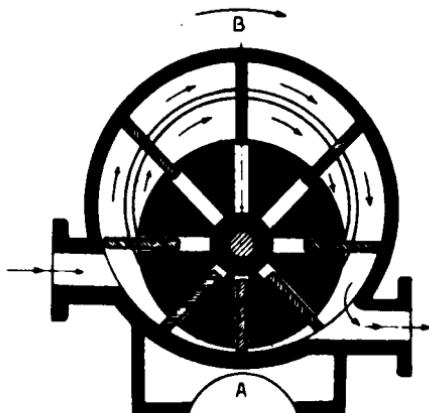
Οι αντλίες εκτοπίσεως έχουν την ιδιότητα ότι μπορούν να δώσουν διάφορα μανομετρικά ύψη, ανάλογα με την αντίσταση (δηλαδή το ολικό ύψος) που συναντούν κατά την κατάθλιψη του ύδατος, χωρίς σοβαρή μεταβολή της παροχής τους. Μόνο όταν το υλικό ύψος υπερβεί τη μέγιστη πίεση, στην οποία η αντλία μπορεί να διατηρήσει στεγανότητα ανάλογα με τον τύπο της, τότε ελαττώνεται η παροχή του υγρού.

Οι αντλίες αυτές κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους, όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

125.2 Αντλία μαχαιρωτή.

Η μαχαιρωτή αντλία (σχ. 125.2) αποτελείται από στροφείο και κυλινδρικό κέλυφος. Το στροφείο περιστρέφεται γύρω από κέντρο που βρίσκεται σε παράκεντρη θέση σε σχέση με το κέντρο του κυλινδρικού κελύφους. Το στροφείο φέρει ακτινικά αυλάκια, μέσα στα οποία υπάρχει από ένα μεταλλικό έλασμα.

Καθώς περιστρέφεται το στροφείο, αναπτύσσεται φυγόκεντρη δύναμη, με αποτέλεσμα να μετακινούνται τα μεταλλικά έλασματα προς την περιφέρεια τόσο, όσο τους επιτρέπει το κέλυφος της αντλίας. Κατ' αυτόν τον τρόπο από το σημείο Α έως το σημείο Β και όταν το στροφείο περιστρέφεται κατά τη φορά που δείχνει το βέλος, τα έλασματα απομακρύνονται από το κέντρο. Έτσι ο χώρος μεταξύ στροφείου, κελύφους και έλασματίων γίνεται προοδευτικά μεγαλύτερος και δημιουργείται



Σχ. 125.2.

κενό. Το χώρο αυτό καταλαμβάνει το υγρό και πραγματοποιείται έτσι η αναρρόφηση.

Από το σημείο Β έως το σημείο Α πάλι τα ελάσματα πλησιάζουν προς το κέντρο, ώστε ο χώρος μεταξύ στροφείου, κελύφους και ελασματίων να ελαττώνεται προοδευτικά και το υγρό συμπιεζόμενο να οδεύει προς την κατάθλιψη.

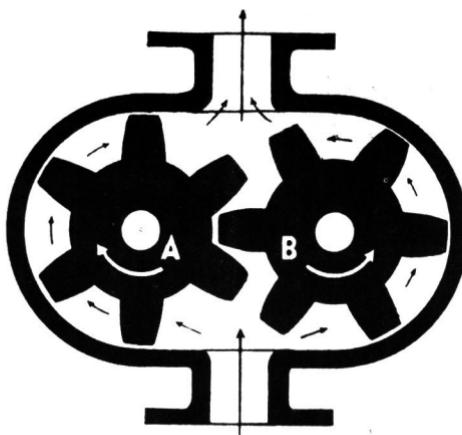
Μερικές φορές, εσωτερικά σε κάθε αυλάκι τοποθετείται ελατήριο, το οποίο και ωθεί το έλασμα προς την περιφέρεια. Όταν το έλασμα πλησιάζει προς το κέντρο το ελατήριο συσπειρώνεται.

Η συνηθέστερη χρήση των αντλιών αυτών είναι η μετάγγιση πετρελαίου από μία δεξαμενή σε άλλη.

125.3 Αντλία με οδοντωτούς τροχούς.

Αυτή καλείται και **μρανσάπη** αντλία και χρησιμοποιείται σε πάρα πολλές περιπτώσεις, συνηθέστερα όμως ως αντλία λιπάνσεως σε βενζινομηχανές, μηχανές ντίζελ, στροβίλους κλπ.

Αποτελείται (σχ. 125.3α) από τους δύο οδοντωτούς τροχούς Α και Β του στροφείου, καθένας από τους οποίους σφηνώνεται σε άξονα. Οι δύο άξονες των τροχών του στροφείου στα άκρα τους φέρουν οδοντωτούς τροχούς. Ο ένας από αυτούς κινείται από τον άξονα του κινητήριου μηχανήματος της αντλίας ή από ένα άξονα της μηχανής, από την οποία είναι εξαρτημένη η αντλία. Ο οδοντωτός αυτός τροχός προκαλεί την κίνηση και του άλλου τροχού κατά τρόπο, ώστε να περιστρέφονται οι δύο

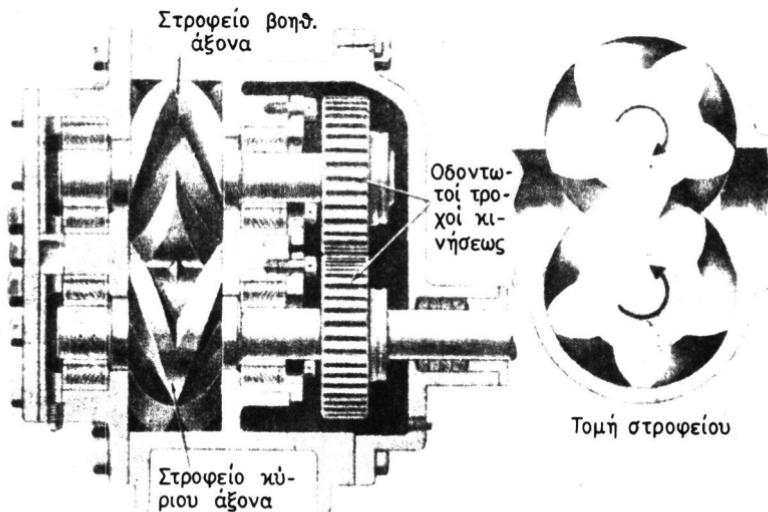


Σχ. 125.3α.

τροχοί του στροφείου, χωρίς να εφάπτονται μεταξύ τους.

Με την περιστροφή των δύο τροχών του στροφείου δημιουργείται κενό μέσα στο κέλυφος και το υγρό εισρέει στην αντλία. Το υγρό στη συνέχεια μετακινείται από τους τροχούς περιμετρικά στο κέλυφος και εκτοπίζεται στην κατάθλιψη, όπως δείχνουν τα βέλη (σχ. 125.3α).

Οι οδοντωτοί τροχοί του στροφείου μπορούν να είναι ευθείς ή ελικοειδείς. Το σχήμα 125.3β δείχνει γραναζωτή αντλία με



Σχ. 125.3β.

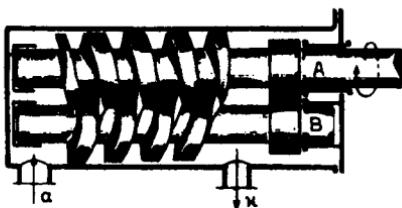
οδοντωτούς τροχούς στροφείου διπλής ελικώσεως. Η διπλή ελικωση χρησιμεύει για να εξουδετερώνεται η αξονική ώθηση της αντλίας.

Μεγάλη σημασία για την καλή λειτουργία αυτών των αντλιών έχει το διάκενο μεταξύ των οδοντωτών τροχών του στροφείου και το διάκενο μεταξύ των δοντιών των τροχών και του κελύφους, που πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο για να υπάρχει ικανοποιητική κατάθλιψη και απόδοση της αντλίας.

125.4 Κοχλιοειδείς αντλίες.

Οι κοχλιοειδείς αντλίες μοιάζουν με τις γραναζωτές, με τη διαφορά ότι αντί οδοντωτών τροχών του στροφείου χρησιμοποιούν ατέρμονες κοχλίες (σχ. 125.4α).

Ο άξονας Α είναι ο κινητήριος άξονας και με τη βοήθεια δύο οδοντωτών τροχών κινεί τον άξονα Β. Οι δύο άξονες μαζί κινούν τους ατέρμονας με αποτέλεσμα, κατά τα γνωστά, την εισροή του υγρού από το σωλήνα αναρροφήσεως α και την εκτόπισή του προς το σωλήνα καταθλιψεως κ.

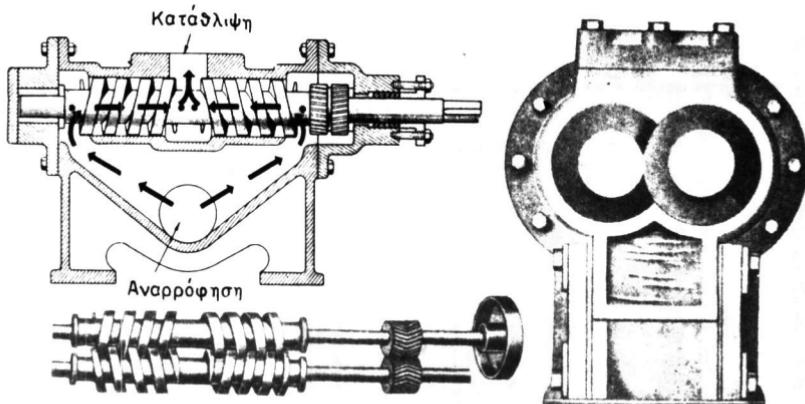


Σχ. 125.4α.

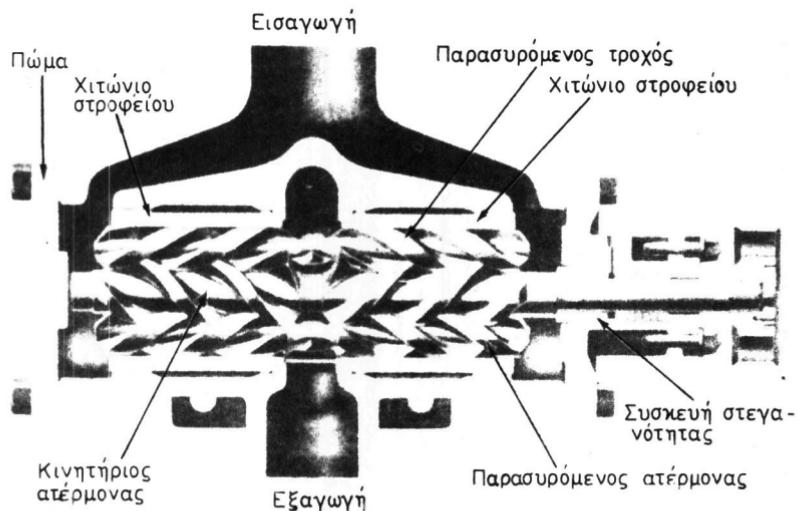
Το σχήμα 125.4β δείχνει κοχλιοειδή αντλία με ατέρμονες διπλής και αντίστροφης ελικώσεως, με την οποία εξουδετερώνεται η αξονική ώση του στροφείου. Τα βέλη δείχνουν τη πορεία του υγρού από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη.

Πολύ επιτυχή και σε εύρεια χρήση εφαρμογή των κοχλιοειδών αντλιών αποτελεί η λεγόμενη αντλία τύπου IMO (σχ. 125.4γ). Αυτή αποτελείται από τρεις ατέρμονες με διπλή ελικωση, από τους οποίους ο κεντρικός μόνο κινείται από τον κινητήριο άξονα, ενώ οι άλλοι δύο παρασύρονται σε κίνηση από αυτόν.

Στο σχήμα 125.4γ φαίνονται η αναρρόφηση, η κατάθλιψη και οι άλλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες της αντλίας IMO.



Σχ. 125.4β.



Σχ. 125.4γ.

125.5 Ειδικοί τύποι αντλιών εκτοπίσεως.

Εκτός από τις παραπάνω αντλίες, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα, υπάρχουν και ορισμένοι άλλοι τύποι αντλιών εκτοπίσεως, οι οποίες χρησιμοποιούνται σπανιότερα και για ειδικούς ως επί το πλείστον σκοπούς. Αυτές θα περιγράψουμε στις αμέσως επόμενες παραγράφους.

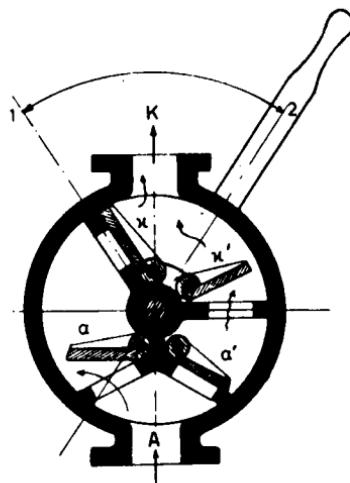
125.6 Αντλία ημιπεριστροφική με δικλείδες.

Είναι ως επί το πλείστον χειροκίνητη και χρησιμοποιείται για εκκένωση υγρών από μικρές δεξαμενές, βυτία κλπ.

Το σχήμα 125.6 παριστάνει χειροκίνητη αντλία αυτού του τύπου. Καθώς ο χειρομοχλός της κινείται από τη θέση 1 στη θέση 2, ανοίγει τη δικλείδα (κλαπέτο) α και αναρροφά το υγρό από το σωλήνα A και από το αριστερό μέρος. Ταυτόχρονα κλείνεται η δικλείδα α' και ανοίγει η δικλείδα κ' και το υγρό που είχε μπει (εισρεύσει) προηγουμένως στο δεξιό χώρο, αθείται προς την κατάθλιψη. Όταν πάλι ο χειρομοχλός κινηθεί από τη θέση 2 προς τη θέση 1 θα συμβούν ακριβώς τα αντίθετα.

Με τη συνεχή εναλλακτική κίνηση του μοχλού επιτυγχάνεται η περίπου συνεχής ροή του υγρού από την κατάθλιψη.

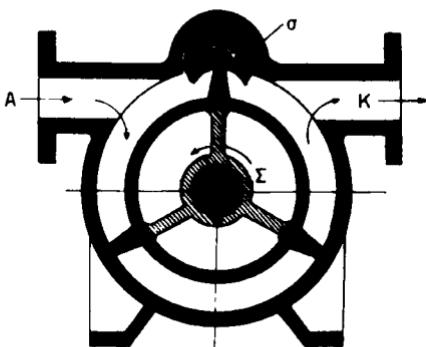
Η αντλία αυτή στερεώνεται σε κατάλληλη βάση σιδερένια ή ξύλινη και μεταφέρεται εύκολα.



Σχ. 125.6.

125.7 Αντλία με ακτινικά έμβολα.

Αντλία αυτού του τύπου φαίνεται στο σχήμα 125.7. Καθώς το στροφείο Σ περιστρέφεται, αναρροφά το υγρό από το σωλήνα αναρροφήσεως A και το καταθλίβει προς το σωλήνα καταθλίψεως K. Ο μικρός τροχός σ περιστρέφεται από εξωτερικό οδοντωτό τροχό έτσι, ώστε όταν η κόψη του εγκαταλείπει την



Σχ. 125.7.

κοιλότητά του πάνω στο κέλυφος, μία από τις τρεις ακτίνες του στροφείου Σ , που περιστρέφεται, είναι έτοιμη να μπει στην κοιλότητα του τροχού σ . Έτσι ο τροχός σ είτε μόνος του είτε μαζί με το ακτινικό έμβολο, που εφαρμόζει στην κοιλότητά του, απομονώνει την αναρρόφηση A από την κατάθλιψη K και αναγκάζει το υγρό να κινηθεί, όπως δείχνουν τα βέλη.

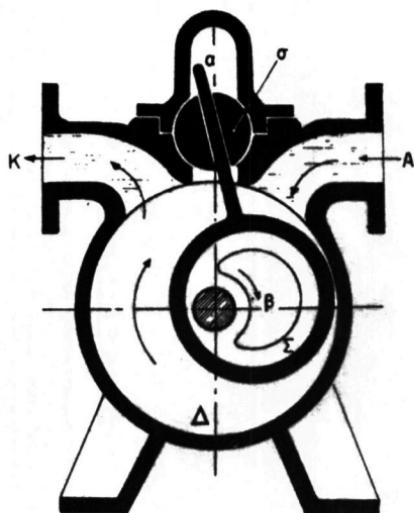
Είναι προφανές ότι σε κάθε $1/3$ στροφής του στροφείου Σ αντιστοιχεί μία πλήρης στροφή του μικρού τροχού σ .

125.8 Αντλία τύπου Kinneth με παράκεντρο στροφείο και ακτινικό έμβολο.

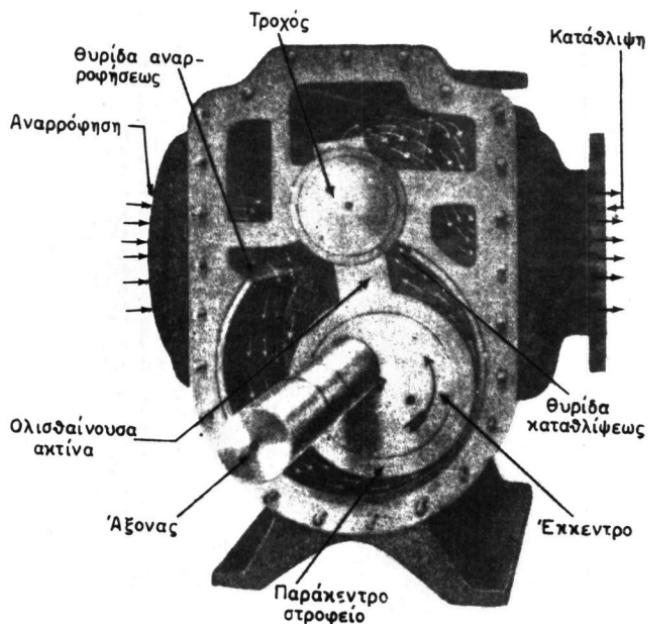
Η αντλία αυτή έχει στροφείο Σ που περιστρέφεται με παράκεντρη περιστροφική κίνηση μέσα στο κέλυφος Δ (σχ. 125.8α). Καθώς το στροφείο Σ περιστρέφεται κατά τη διεύθυνση του βέλους β , αυξάνει ο προς τα δεξιά χώρος, που συγκοινωνεί με την αναρρόφηση A . Έτσι, κατά το μισό της περιστροφής του άξονα της αντλίας το στροφείο κάνει αναρρόφηση. Κατά το υπόλοιπο μισό συμπιέζει το υγρό πάνω στο περιφερειακό τοίχωμα του κελύφους και το καταθλίβει με πίεση προς την κατάθλιψη Δ .

Η ακτίνα a εισέρχεται και εξέρχεται μέσα σε αυλάκι που έχει ο τροχός σ και τον παρασύρει σε ημιπεριστροφική κίνηση άλλοτε προς τα δεξιά και άλλοτε προς τα αριστερά. Έτσι η ακτίνα a , καθώς κινείται σε συνδυασμό με τον τροχό σ , απομονώνει την αναρρόφηση A από την κατάθλιψη K .

Και η αντλία αυτή στερεώνεται σε κατάλληλη βάση και είναι



Σχ. 125.8α.

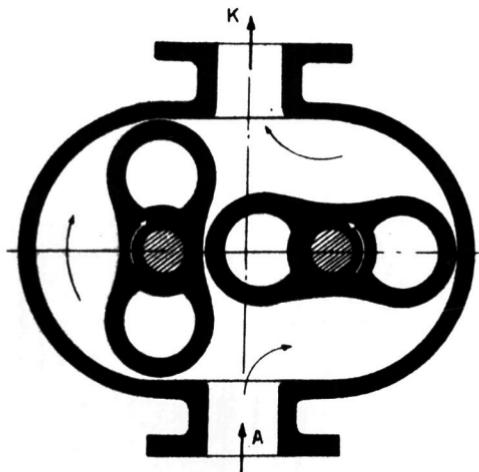


Σχ. 125.8β.

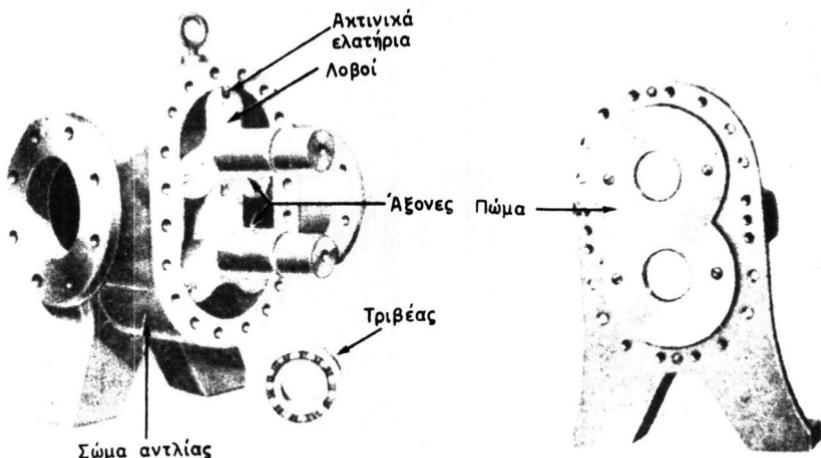
συνήθως φορητή. Το σχήμα 125.8β δείχνει αντλία τύπου Kinney με όλες τις λεπτομέρειές της.

125.9 Αντλία με περιστρεφόμενα έμβολα ή λοβούς.

Η αντλία αυτή (σχ. 125.9α και 125.9β) έχει ως στροφείο δύο λοβούς ή περιστρεφόμενα έμβολα, το κάθε ένα από τα οποία είναι κατασκευασμένο ως οδοντωτός τροχός με δύο ή τρία



Σχ. 125.9α.



Σχ. 125.9β.

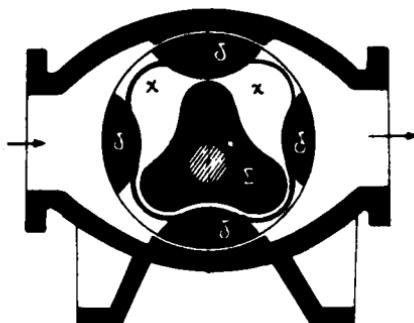
δόντια. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται λοβοί τριών ελικοειδών δοντιών.

Στο σχήμα 125.9α παρατηρούμε ότι, καθώς περιστρέφονται οι δύο λοβοί αναρροφούν το υγρό από την είσοδο Α και το καταθλίβουν προς την κατάθλιψη Κ.

Στο σχήμα 125.9β διακρίνομε αντλία με δύο λοβούς τριών δοντιών με όλες τις λεπτομέρειες κατασκευής της. Η αντλία αυτή χρησιμοποιείται για τη μετάγγιση υγρών, καθώς και ως αντλία σαρώσεως ή αποπλύσεως σε δίχρονες μηχανές Diesel. Παρατηρούμε ότι στο άκρο κάθε λοβού υπάχουν αυτόματες ακτίνες, που ωθούνται από εσωτερικά εντατικά έλατήρια προς το τοίχωμα του κελύφους. Οι ακτίνες ενεργούν ως έλατήρια στεγανότητας κατά την περιστροφή των λοβών.

125.10 Αντλία με περιστρεφόμενο λοβό και δόντια.

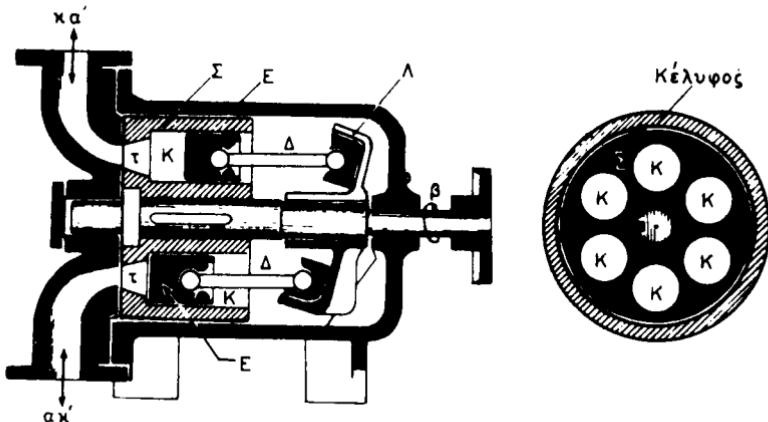
Αποτελείται από στροφείο Σ τύπου περιστρεφόμενου εμβόλου με τρία δόντια (σχ. 125.10). Το στροφείο Σ εκτελεί παράκεντρη περιστροφή μέσα στο κέλυφος. Τα δόντια του στροφείου περιστρέφουν ταυτόχρονα και τα τέσσερα δόντια δ και μαζί τους σχηματίζουν τους χώρους χ. Τα δόντια δ περιστρέφονται έτσι, ώστε ένα δόντι δ και δύο δόντια του στροφείου Σ στο κάτω μέρος του κελύφους να απομονώνουν την αναρρόφηση Α από την κατάθλιψη Κ. Έτσι, καθώς το στροφείο Σ περιστρέφεται, αναρροφεί το υγρό από την οπή της αναρροφήσεως Α και το καταθλίβει προς την οπή της κατάθλιψεως Κ.



Σχ. 125.10.

125.11 Αντλία με περιστρεφόμενους κυλινδρους.

Η αντλία αυτή έχει ως στροφείο κυλινδρικό σώμα Σ (σχ.



Σχ. 125.11.

125.11) όπου υπάρχουν 6-8 κύλινδροι Κ, που έχουν όλοι την ίδια διάμετρο και είναι ανοικτοί από το ένα άκρο, ενώ στο άλλο άκρο έχουν οπή τ.

Μέσα σε κάθε κύλινδρο παλινδρομεί έμβολο Ε με διωστήρα Δ, ο οποίος στο άλλο άκρο του αρθρώνεται μέσα σε κύπελλο. Είναι προφανές ότι τα κύπελλα αυτά είναι τόσα, όσα και τα έμβολα και οι κύλινδροι Κ.

Κατά τη λειτουργία της αντλίας τα κύπελλα περιστρέφονται μέσα σε κυκλική λεκάνη Λ, που μπορεί να ρυθμίζεται έτσι, ώστε άλλοτε να είναι τελείως κάθετη πάνω στον άξονα και άλλοτε πάλι να παίρνει κλίση προς τα αριστερά ή τα δεξιά αναλόγως. Ο κινητήριος άξονας της αντλίας περιστρέφει το στροφείο πάντοτε κατά την έννοια του βέλους β.

Μαζί με το σώμα Σ, το οποίο σφηνώνεται επάνω στον άξονα, περιστρέφονται οι κύλινδροι Κ και τα έμβολα Ε με τους διωστήρες Δ και τα κύπελλα. Τα κύπελλα, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, κινούνται μέσα στη λεκάνη, που παίρνει κάθε φορά μία σταθερή θέση.

Όταν η λεκάνη Λ είναι παράλληλη προς το σώμα Σ, τότε τα έμβολα περιστρέφονται μαζί με τους κυλίνδρους, χωρίς να εκτελούν καμιά παλινδρομική κίνηση. Επομένως, στη θέση αυτή της λεκάνης η αντλία ούτε αναρροφά ούτε καταθλίβει. Όταν όμως δώσουμε στη λεκάνη ορισμένη κλίση και τη σταθεροποιήσουμε σ' αυτή τη θέση, τότε, καθώς περιστρέφονται οι κύλινδροι, τα έμβολα αναγκάζονται να περιστρέφονται μέσα στη λεκάνη.

Κάθε έμβολο αναγκάζεται να εκτελεί δύο απλές παλινδρομήσεις ή μία πλήρη παλινδρόμηση μέσα στον κύλινδρό του.

Αν η διεύθυνση περιστροφής είναι πάντοτε κατά την έννοια του βέλους β, τότε, όταν ο κύλινδρος εκτελεί μισή στροφή, καθώς κινείται, από την κατώτερη θέση του προς την ανώτερη, το αντίστοιχο έμβολο απομακρύνεται λίγο-λίγο από την οπή και το υγρό μπαίνει στον αντίστοιχο κύλινδρο. Έτσι, πραγματοποιείται η αναρρόφηση μέσα στον κύλινδρο μέχρι να έρθει στην ανώτερη θέση του. Κατά τον ίδιο τρόπο κατά το άλλο μισό της περιστροφής του σώματος των κυλίνδρων πραγματοποιείται η κατάθλιψη από τον κύλινδρο.

Το ίδιο συμβαίνει, όπως είναι ευνόητο, με όλους τους κυλίνδρους, κατά διαδοχή, ώστε η αναρρόφηση από το χώρο α και η κατάθλιψη από το χώρο κ να είναι όσο γίνεται περισσότερο συνεχής.

Αν τώρα ρυθμίσομε την κλίση της λεκάνης αντίθετα, αναστρέφεται η ροή του υγρού και θα έχομε αναρρόφηση από το χώρο α' και κατάθλιψη με το χώρο κ'. Η ρύθμιση της θέσεως της λεκάνης γίνεται εξωτερικά με ιδιαίτερο μηχανισμό ελέγχου.

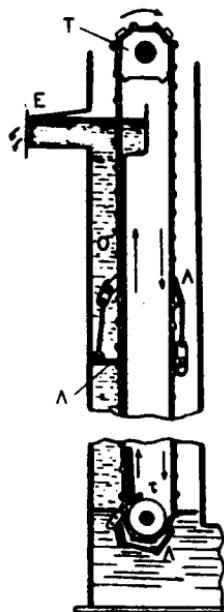
Οι αντλίες του παραπάνω τύπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα, για να κινούν με υδραυλική πίεση διάφορους μηχανισμούς, όπως τα υδραυλικά πηδάλια των πλοίων, περιστρεφόμενες γέφυρες κλπ.

125.12 Μεταφορική αντλία εκτοπίσσως για άντληση από βαθιά πηγάδια.

Αποτελείται από αλυσίδα που περιτυλίσσεται γύρω από τους τροχούς Τ και τ (σχ. 125.12), κινείται μέσα στον οχετό Ο και φέρει κατά διαστήματα από μία επίπεδη δικλείδα Λ. Κάθε μία από αυτές τις δικλείδες, από τη στιγμή που θα αρχίσει να ανεβαίνει, στρέφεται με το βάρος της και παίρνει οριζόντια θέση. Έτσι εφάπτεται κατά στεγανό τρόπο στον οχετό Ο, ώστε να δημιουργεί μαζί του στεγανό χώρο που γεμίζει από το αντλούμενο νερό. Καθώς οι δικλείδες ανεβαίνουν, παραλαμβάνουν το νερό από το πηγάδι και το ανυψώνουν μέχρι το σωλήνα εξαγωγής Ε, από όπου το νερό υπερεκχειλίζει προς τα έξω.

Μια αντλία αυτού του τύπου μπορεί να αντλήσει νερό από οποιοδήποτε βάθος, γιατί δεν χρειάζεται να δημιουργήσει κενό για την αναρρόφηση.

Υπάρχουν και άλλες αντλίες παρόμοιες με αυτή, όπως π.χ.



Σχ. 125.12.

αυτές που αντί δικλείδων χρησιμοποιούν κύπελλα κλπ., που
όλες είναι γνωστές με την κοινή ονομασία **μαγγανοπήγαδα**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 126

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΡΟΗΣ

126.1 Γενικά.

Οι περιστροφικές αντλίες ροής χαρακτηρίζονται από δράση τελείως διαφορετική από αυτή των αντλιών εκτοπίσεως, εμβολοφόρων ή περιστροφικών. Ενώ δηλαδή εκείνες εκτοπίζουν το υγρό με ένα σώμα, έμβολο, δικλείδα, τροχό, λοβό κλπ., που ωθεί το υγρό, και όπως λέμε, αναπτύσσουν στατική δράση, οι περιστροφικές αντλίες ροής αναπτύσσουν δυναμική δράση. Προσδίδουν στο υγρό αρχικά κινητική ενέργεια, δηλαδή μεγάλη ταχύτητα ροής, την οποία στη συνέχεια μετατρέπουν σε πίεση.

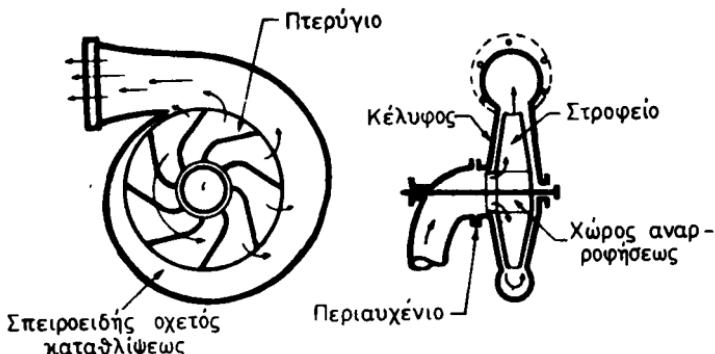
Στις επόμενες παραγράφους θα περιγράψουμε τους βασικούς τύπους των περιστροφικών αντλιών ροής, των οποίων, πρέπει να σημειωθεί, η χρήση είναι ευρύτατη στις τεχνικές εν γένει εφαρμογές.

126.2 Φυγοκεντρική αντλία ή αντλία ακτινικής ροής.

Η αντλία αυτή επιτυγχάνει τη ροή του υγρού, χάρη στη φυγόκεντρη δύναμη. Αποτελείται κατά κανόνα από δύο μέρη: το κινητό, που λέγεται **δρομέας ή στροφείο** ή και **πτερωτή** (γιατί αποτελείται από πτερύγια) και το σταθερό, το **κέλυφος**, μέσα στο οποίο περιστρέφεται το στροφείο.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες γενικά αναρροφούν το υγρό από το κέντρο τους και το καταθλίβουν προς την περιφέρειά τους. Το υγρό, χάρη στο κενό της αντλίας, εισέρχεται σε αυτή και καταλαμβάνει τον κεντρικό χώρο της και το χώρο μεταξύ των πτερύγων του στροφείου. Το στροφείο περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και λόγω της φυγόκεντρης δυνάμεως, που αναπτύσσει, εκτινάσσει το υγρό προς την περιφέρεια.

Το σχήμα 126.2a παριστάνει φυγοκεντρική αντλία ροής. Διακρίνεται ο κινητήριος άξονας του στροφείου, το στροφείο



Σχ. 126.2α.

και το κέλυφος. Μπροστά από το στροφείο σχηματίζεται ο χώρος ή θάλαμος αναρροφήσεως της αντλίας προς τη μία ή και τις δύο πλευρές του στροφείου, ανάλογα με το αν η αντλία είναι απλής ή διπλής αναρροφήσεως.

Από την πλήμνη του στροφείου ξεκινούν τα ακτινικά πτερύγια κατάλληλου καμπύλου σχήματος, τα οποία φθάνουν μέχρι την περιφέρειά του, ώστε μεταξύ τους να σχηματίζονται αποκλίνοντα καμπύλα σκαφίδια, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στους ατμοστρόβιλους.

Το κέλυφος είναι κλειστό και από τις δύο πλευρές, αλλά αφήνει στο κέντρο του, από τη μία ή και από τις δύο πλευρές του οπή, με περιαυχιένιο για τη σύνδεση του ενός ή των δύο σωλήνων αναρροφήσεως. Από το κέντρο του κελύφους περνά ο κινητήριος άξονας του στροφείου. Στο σημείο που αυτός διαπερνά το κέλυφος, τοποθετείται κατάλληλος στυπειοθλίπτης, ο οποίος εξασφαλίζει τη στεγανότητα. Στην περιφέρειά του το κέλυφος σχηματίζει οχετό κυκλικής συνήθως διατομής που αυξάνει προοδευτικά (σχ. 126.2α). Ο οχετός αυτός λέγεται **σπειροειδής οχετός καταστλίψεως**.

Μεταξύ στροφείου και κελύφους υπάρχουν διάκενα, ώστε να μην επέρχεται επαφή κινητού και σταθερού μέρους της αντλίας.

Καθώς περιστρέφεται το στροφείο, η φυγόκεντρη δύναμη εκτινάσσει στην περιφέρεια το υγρό που βρίσκεται στο κέντρο του και κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργεί κενό, χάρη στο οποίο πραγματοποιείται η αναρρόφηση νέας ποσότητας υγρού.

Το υγρό, που εκτινάσσεται προς την περιφέρεια, αναγκάζεται από το στροφείο σε κυκλική και φυγοκεντρική ή ακτινική κίνηση. Έτσι φθάνει με μεγάλη ταχύτητα στο σπειροειδή οχετό

καταθλίψεως, όπου αρχίζει να κινείται στην περιφέρεια, μέχρι να βγει από την εξαγωγή. Επειδή όμως η διατομή του σπειροειδούς οχετού μεγαλώνει προοδευτικά, σύμπεραίνομε κατά την εξίσωση της συνέχειας της ροής [§ 113.3(A)] ότι θα ελαττώνεται η ταχύτητά του, ενώ κατά την εξίσωση του Bernoulli [§ 113.3(B)] ότι όταν ελαττώνεται η ταχύτητά του θα αυξάνεται αντίστοιχα η πίεσή του.

Η λειτουργία άρα της φυγοκεντρικής αντλίας διακρίνεται κατά τα παραπάνω σε τρία μέρη:

α) Την **αναρρόφηση**.

β) Την **ενέργεια του στροφείου**.

γ) Την **ενέργεια του σπειροειδούς οχετού καταθλίψεως**.

Η πίεση που αναπτύσσεται στην κατάθλιψη δεν είναι πάντοτε η ίδια. Εξαρτάται από την ταχύτητα του στροφείου και το άνοιγμα της βαλβίδας καταθλίψεως.

Ας δεχθούμε π.χ. ότι οι στροφές του στροφείου είναι σταθερές. Όταν ανοίξουμε περισσότερο τη βαλβίδα καταθλίψεως, η πίεση καταθλίψεως θα ελαττωθεί και θα μεγαλώσει η παροχή. Όταν την κλείσουμε περισσότερο, θα μεγαλώσει η πίεση καταθλίψεως και θα ελαττωθεί η παροχή. Όταν, τέλος, την κλείσουμε τελείως, τότε η πίεση θα αυξηθεί μέχρι ορισμένο όριο, ενώ η παροχή θα μηδενισθεί. Στην περίπτωση αυτή η μικρή ποσότητα που θα καταθλίβει εσωτερικά το στροφείο, θα επιστρέφει στην αναρρόφηση μέσα από τα διάκενα. Έτσι θα έχουμε εσωτερική κυκλοφορία του υγρού, που θα απορροφά την ενέργεια του άξονα και θα την μετατρέπει σε κινητική ενέργεια, η οποία δαπανάται σε στροβιλισμούς, τριβές κλπ. μέσα στην αντλία. Κατ' αυτόν τον τρόπο όλη η ενέργεια του άξονα καταλήγει σε καθαρή απώλεια και η αντλία τότε αρχίζει να υπερθερμαίνεται.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι το άνοιγμα της βαλβίδας καταθλίψεως είναι σταθερό. Τότε, όταν αυξάνονται οι στροφές, μεγαλώνει η πίεση, δηλαδή το μανομετρικό ύψος της αντλίας και η παροχή της, ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν ελαττώνονται οι στροφές της.

Θεωρητικά η φυγοκεντρική αντλία μπορεί να αναρροφήσει από αρκετό βάθος, στην πράξη όμως δεν συμβαίνει αυτό.

Κατά την αρχική εκκίνηση της φυγοκεντρικής αντλίας και για να αρχίσει να αναρροφά ή όπως λέμε για να μπορέσει να «πιάσει» η αντλία, πρέπει να κάνουμε τα ακόλουθα:

Να **την τοποθετήσουμε χαμηλότερα από τη στάθμη**, από την οποία θα αντλεί, ώστε το υγρό να εισέρχεται μόνο του στην

αντλία ή να γεμίσουμε με υγρό το σωλήνα αναρροφήσεως μέχρι το κέλυφος πριν από την εκκίνηση ή τέλος χρησιμοποιώντας μιαν εξαρτημένη αεραντλία να αφαιρέσουμε πριν από την εκκίνηση τον αέρα από τη σωλήνωση της αναρροφήσεως.

Όλα αυτά γίνονται για να υποβοηθήσουμε την αναρρόφηση της αντλίας κατά την αρχική λειτουργία της, γιατί όταν ο σωλήνας της αναρροφήσεως δεν περιέχει υγρό αλλά μόνο αέρα, η αντλία δυσχεραίνεται πολύ, για να επιτύχει την αναρρόφηση.

Για τον ίδιο ακριβώς λόγο, στο άκρο του αναρροφητικού σωλήνα υπάρχει πάντοτε ανεπίστροφη βαλβίδα ή δικλείδα (κλαπέτο), ώστε με την κράτηση της αντλίας να μην εκκενώνεται ο σωλήνας και η αντλία να είναι έτοιμη να αναρροφήσει κατά τη νέα εκκίνησή της.

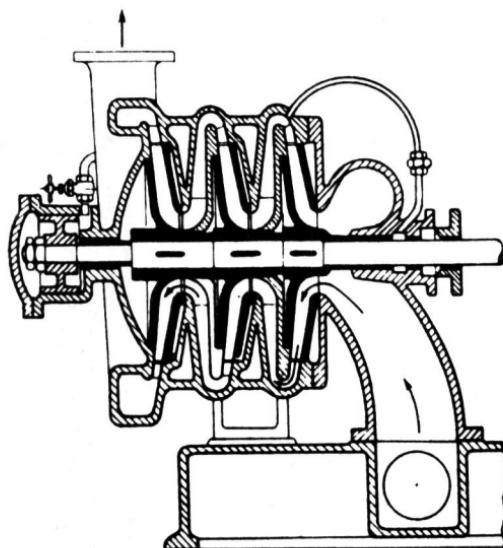
Η φυγοκεντρική αντλία με ένα στροφείο λέγεται **μονοβάθμια**. Σε αυτή η πίεση καταθλίψεως μπορεί να φθάσει έως και 10 At. Για να επιτύχομε μεγαλύτερες πιέσεις, πρέπει να μεγαλώσουμε τη διάμετρο της ή να αυξήσουμε τις στροφές της ή και τα δύο. Τότε όμως αυξάνονται και οι απώλειες της αντλίας. Μεταξύ των δύο προτιμότερη πάντως είναι η αύξηση των στροφών μόνο. Καλύτερο τέλος είναι να χρησιμοποιούμε τις λεγόμενες διβάθμιες, τριβάθμιες και γενικά **πολυβάθμιες** φυγοκεντρικές αντλίες.

Πολυβάθμια λέγεται η αντλία που στον ίδιο άξονα φέρει πολλούς δρομείς ή στροφεία και στην οποία η κατάθλιψη του πρώτου οδηγείται στην αναρρόφηση του δεύτερου, η κατάθλιψη του δεύτερου στην αναρρόφηση του τρίτου κ.ο.κ. Όλα τα στροφεία της πολυβάθμιας αντλίας περικλείονται σε κοινό κέλυφος κατάλληλα διαμορφωμένο.

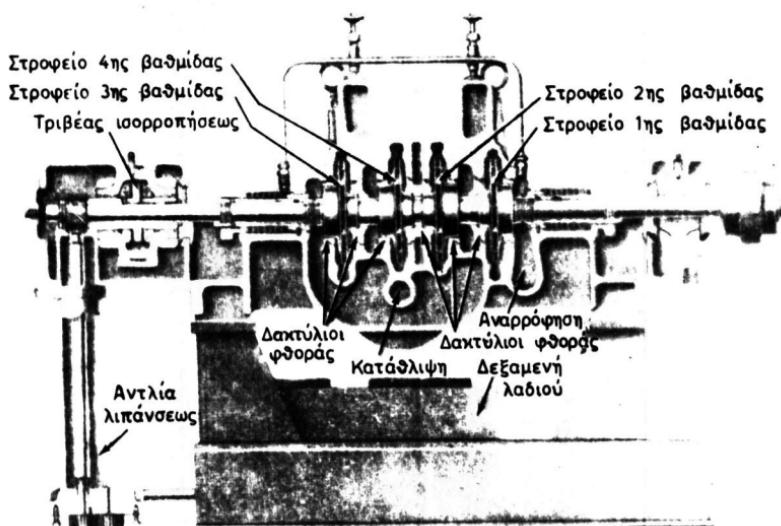
Με πολυβάθμιες αντλίες επιτυγχάνονται μεγάλες παροχές με μεγάλη πίεση καταθλίψεως, όπως π.χ. στις περιπτώσεις των αντλιών τροφοδοτήσεως λεβήτων, που πρέπει να υπερνικήσουν την πίεση του λέβητα, για να επιτύχουν την εισαγωγή του νερού σε αυτόν.

Το σχήμα 126.2β παριστάνει σε τομή τριβάθμια φυγοκεντρική αντλία, ενώ το σχήμα 126.2γ τετραβάθμια με όλες τις κατασκευαστικές λεπτομέρειές της.

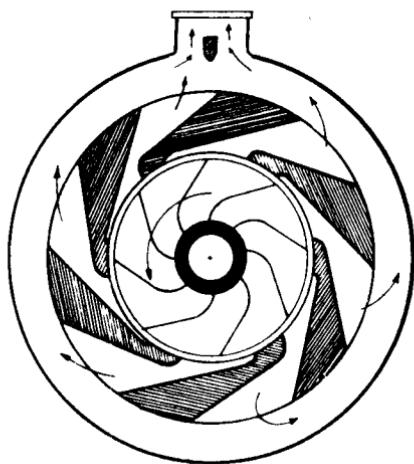
Σε ορισμένες αντλίες της κατηγορίας των φυγοκεντρικών (σχ. 126.2δ) το κέλυφος έχει στο εσωτερικό του σταθερά πτερύγια, που σχηματίζουν αποκλίνοντα καμπυλωμένα σκαφίδια για την ομαλή μετατροπή της ταχύτητας υπό πίεση. Εξωτερικά, σε όλη την περιφέρειά του, το κέλυφος περιβάλλεται από οχετό



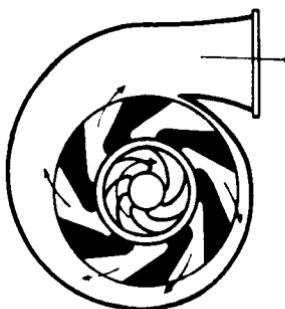
Σχ. 126.2β.



Σχ. 126.2γ.



Σχ. 126.2δ.



Σχ. 126.2ε.

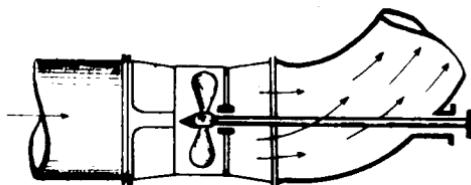
σταθεριής διατομής που οδηγεί το νερό προς την κατάθλιψη. Οι παραπάνω αντλίες έχουν πολύ καλή απόδοση.

Σε άλλες πάλι φυγοκεντρικές αντλίες το κέλυφος έχει περιφερειακά εσωτερικά πτερύγια, όπως και η προηγούμενη, ενώ εξωτερικά περιβάλλεται από σπειροειδή οχετό καταθλίψεως (σχ. 126.2ε). Ευνόητο είναι ότι αυτά αποτελούν συνδυασμό κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των προηγουμένων τύπων.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται τέλος σε **οριζόντιες** και **κατακόρυφες**, ανάλογα με την τοποθέτησή τους με τον άξονά τους οριζόντιο ή κατακόρυφο αντίστοιχα.

126.3 Ελικοφόρος αντλία αξονικής ροής.

Η αντλία αυτή (σχ. 126.3) είναι κατάλληλη για πολύ μεγάλες παροχές, αλλά με μικρά ύψη. Δεν αναρροφά παρά μόνο όταν είναι χαμηλότερα από τη στάθμη των υγρών που πρόκειται να



Σχ. 126.3.

αντλήσει. Η πίεση στην κατάθλιψή της φθάνει το πολύ 1,5 At, που αντιστοιχεί σε 15 m ύψος.

Το στροφείο της είναι απλή έλικα, και επειδή το υγρό δεν φυγοκεντρίζεται, αλλά η μετακίνησή του γίνεται κατά τον άξονα, γι' αυτό και λέγεται αξονικής ροής.

Ο οχετός της αντλίας στενεύει λίγο στην αναρρόφηση μπροστά από την έλικα κι έτσι μεγαλώνει η ταχύτητα του υγρού όταν οδεύει προς αυτή. Μετά από την έλικα διευρύνεται πάλι λίγο, ώστε να ελαττώνεται η ταχύτητα του υγρού στην κατάθλιψη και να αυξάνει αντίστοιχα λίγο η πίεση.

Μερικές φορές στις αντλίες αυτού του τύπου, για να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση, τοποθετούνται στην αναρρόφηση σταθερά οδηγητικά πτερύγια, που καθιστούν ομαλή και χωρίς στροβιλισμούς τη ροή του υγρού προς την έλικα.

Η ελικοφόρος αντλία χρησιμοποιείται ευρύτατα ως αντλία κυκλοφορίας σε μεγάλα ψυγεία ατμοστροβίλων, καθώς επίσης σε αρδευτικά έργα πεδινών περιοχών κλπ.

126.4 Αντλία μικτής ή κωνικής ροής.

Η αντλία αυτή είναι συνδυασμός της φυγοκεντρικής αντλίας με ακτινική ροή και της ελικοφόρου με αξονική και είναι κατάλληλη για μεσαίες παροχές και μεσαία ύψη. Χρησιμοποιείται σπάνια, γιατί συνήθως χρησιμοποιούνται τα άλλα δύο είδη.

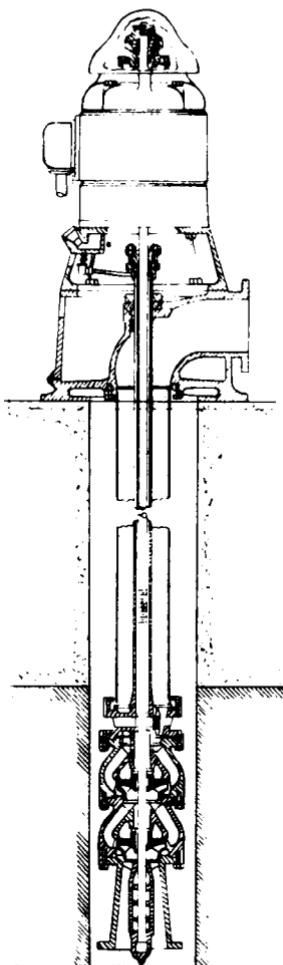
Το στροφείο της μοιάζει με έλικα, αλλά έχει κωνική μορφή πλήμνης, μερικές φορές μάλιστα φέρει και εξωτερική στεφάνη, επίσης κωνική, που περιβάλλει τα ελικοειδή πτερύγια.

126.5 Περιστροφική αντλία ροής για την άντληση από βαθιά πηγάδια (φρέατα).

Ως αντλίες βαθιών πηγαδιών χρησιμοποιούνταν παλαιότερα παλινδρομικές εμβολοφόρες, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται πολυβάθμιες περιστροφικές αντλίες ροής με κατακόρυφο άξονα.

Ο τύπος ακτινικής, αξονικής ή μικτής ροής όπως και ο αριθμός των βαθμίδων της αντλίας εξαρτώνται από το βάθος, από το οποίο πρόκειται να αντλήσει, αλλά και τις υπόλοιπες συνθήκες λειτουργίας σε κάθε περίπτωση.

Συνήθως η κυρίως αντλία βρίσκεται μέσα στο υγρό και ο κινητήρας της στην επιφάνεια του εδάφους, οπότε μέσα από το σωλήνα καταθλίψεως περνάει και ο άξονας της αντλίας.



Σχ. 126.5.

Το σχήμα 126.5 παριστάνει διβάθυμη κατακόρυφη φυγοκεντρική αντλία ακτινικής ροής για βαθιά πηγάδια, που κινείται από κατακόρυφο ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος διακρίνεται στο άνω μέρος του σχήματος.

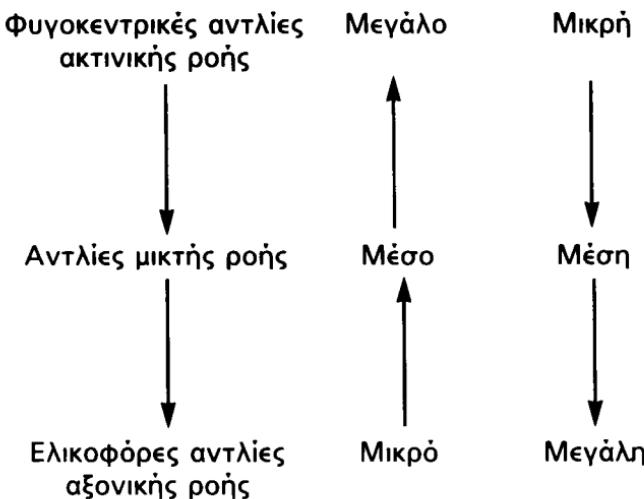
Φυγοκεντρικές αντλίες βαθιών πηγαδιών, για άντληση από κοιτάσματα πετρελαίου, κατασκευάσθηκαν με 317 βαθμίδες για βάθος κοιτάσματος 2500 μέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 127

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΡΟΗΣ – ΕΙΔΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Όπως και στους υδροστρόβιλους (κεφ. 121), έτσι και στις περιστροφικές αντλίες ροής έχουμε τις ίδιες περίπου παρατηρήσεις σχετικά με τη χρησιμοποίησή τους. Κατ' αντιστοιχία συνοψίζονται παρακάτω:

Tύπος αντλίας Μανομετρικό ύψος Παροχής



Ένα κριτήριο για τη σύγκριση των διαφόρων τύπων αντλιών και ιδιαίτερα της μορφής του στροφείου τους μας δίνει η ειδική ταχύτητα περιστροφής n_s , η οποία, όπως και στους στροβίλους, δίνεται από τον τύπο:

$$n_s = \frac{n \sqrt{N}}{H \cdot 4 \sqrt{H}} .$$

όπου η είναι η πραγματική ταχύτητα περιστροφής σε rpm, N η ισχύς της αντλίας σε PS και H το μανομετρικό ύψος της σε m. Σε κάθε περιοχή τιμών του n_s αντιστοιχεί και μια μορφή στροφέιου ή δρομέα, δηλαδή ένα είδος αντλίας, σύμφωνα με τα ακόλουθα στοιχεία:

Φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής $n_s = 30 - 300$

Αντλίες μικτής ροής $n_s = 300 - 600$

Ελικοφόρες αντλίες αξονικής ροής $n_s = 500 - 1500$

Με τη βοήθεια των στοιχείων αυτών μπορούμε σε κάθε περίπτωση να επιλέξουμε το είδος της απαιτούμενης αντλίας σε συνδυασμό με τα βασικά στοιχεία της, δηλαδή του μανομετρικού ύψους και της παροχής, καθώς και με την ταχύτητα περιστροφής της, ώστε η ειδική ταχύτητα περιστροφής n_s να συμβαδίζει με αυτά, επειδή μόνο τότε θα έχομε καλό βαθμό αποδόσεως της αντλίας μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 128

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΡΟΗΣ

Κατά κανόνα οι εμβολοφόρες αντλίες παρουσιάζουν τη μέγιστη ικανότητα αναρροφήσεως, ενώ οι περιστροφικές αντλίες ροής έχουν μικρότερη αναρροφητική ικανότητα με ακραίο όριο τις ελικοφόρες, στις οποίες είναι σχεδόν μηδενική.

Οι περιστροφικές αντλίες ροής δίνουν μεγαλύτερη παροχή από τις εμβολοφόρες, πάντοτε ομαλή και συνεχή, και εργάζονται χωρίς κτύπους ή κραδασμούς. Επιπλέον η κατασκευή τους είναι απλούστερη, δεδομένου ότι δεν απαιτούν βαλβίδες, αεροκώδωνες, μηχανισμό εμβόλου, βάκτρου κλπ. Αντίθετα, η παροχή τους εξαρτάται από το ύψος καταθλίψεως κατ' αντίστροφο λόγο, ώστε η αύξηση του ύψους να προκαλεί ελάττωση της παροχής, ενώ αυτό δεν συμβαίνει στις εμβολοφόρες αντλίες.

Τέλος, οι περιστροφικές αντλίες ροής λειτουργούν γενικά σε μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής και το ταχύστροφό τους είναι στοιχείο που επιτρέπει τη συγκέντρωση ισχύος, δηλαδή την εκτέλεση ορισμένου αντλητικού έργου με μηχανή μικρότερων διαστάσεων, μικρότερου βάρους και μικρότερης δαπάνης.

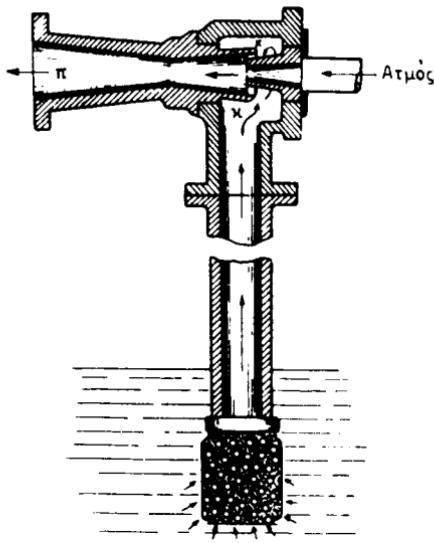
Κατά γενικό κανόνα οι περιστροφικές αντλίες ροής προτιμώνται από τις εμβολοφόρες και τις περιστροφικές εκτοπίσεως εκτός από ειδικές περιπτώσεις, όπου μας χρειάζονται οι ιδιότητες των τελευταίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 129

ΑΝΤΛΗΣΗ ΜΕ ΕΓΧΥΤΗΡΑ

Ο εγχυτήρας, που ονομάζεται κοινώς **τσίφαρι**, αποτελεί ιδιότερον μέσο αντλήσεως.

Ο εγχυτήρας (σχ. 129.1), αποτελείται βασικά από ακροφύσιο π συγκλίνον-αποκλίνον, μέσα στο οποίο εισέρχεται ατμός με μεγάλη ταχύτητα. Κατ' αυτόν τον τρόπο στην περιοχή γύρω από το ακροφύσιο, δηλαδή στο χώρο χ και λόγω του ρεύματος του ατμού, δημιουργείται κενό, με τη βοήθεια του οποίου αναρροφάται το υγρό. Αυτό αναμιγνύεται μαζί με τον ατμό, με τον οποίο και εξέρχεται από το ακροφύσιο π. Μερικές φορές αντί ατμού χρησιμοποιείται και πεπιεσμένος αέρας ή και νερό υπό μεγάλη πίεση.



Σχ. 129.1.

Οι εγχυτήρες χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την άντληση υγρών και αερίων, όπως π.χ. σε ψυγεία ατμοστροβίλων για τη δημιουργία κενού, σε υδροκίνητρα για την κυκλοφορία του νερού μέσα σε κυλινδρικούς λέβητες, σε μηχανήματα αμμοβολής για την εκτόξευση άμμου για καθαρισμό διαφόρων μεταλλικών επιφανειών, στα πλοία για την εκβολή ακαθάρτων νερών στη θάλασσα από τα κύτη ή και από τους βόθρους του πλοίου, στις χειραντλίες εντομοκτόνων και σε πολλές άλλες εφαρμογές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 130

Η ΠΑΡΟΧΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

130.1 Γενικά.

Η παροχή των αντλιών γενικά δίνεται ή σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m^3/sec) ή σε λίτρα ανά πρώτο λεπτό (dm^3/min) ή τέλος στο αγγλικό σύστημα μετρήσεων σε γαλόνια ανά λεπτό (gpm).

Η παροχή των αντλιών, ανάλογα με τον τύπο της αντλίας, που άλλοτε μπορεί να υπολογισθεί από τα ίδια τα κατασκευαστικά δεδομένα της αντλίας, ενώ άλλοτε πάλι μπορεί να καταμετρηθεί με διάφορες μεθόδους, ονομάζεται **πραγματική παροχή**.

130.2 Παροχή εμβολοφόρων αντλιών.

Εάν καλέσομε D τη διάμετρο του εμβόλου, d τη διάμετρο του βάκτρου, s τη διαδρομή του εμβόλου και n τον αριθμό στροφών της αντλίας (όπου μία στροφή, κατά τα γνωστά, ισοδυναμεί προς 2 απλές διαδρομές του εμβόλου), τότε θα έχομε την ενεργό επιφάνεια του εμβόλου F υπολογιζόμενη όπως παρακάτω:

α) Για έμβολο βυθίσεως:

$$F = \frac{\pi D^2}{4}$$

β) Για έμβολο δισκοειδές αντλίας διπλής ενέργειας:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4 \times 2} = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - \frac{d^2}{2} \right)$$

γ) Για έμβολο δισκοειδές αντλίας απλής ενέργειας με αντίβατρο ομοίως:

$$F = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - \frac{d^2}{2} \right)$$

Η θεωρητική παροχή της αντλίας Q^θ θα είναι για την αντλία απλής ενέργειας:

$$Q_\theta = - \frac{F \cdot s \cdot n}{60} \quad \text{σε m}^3/\text{sec}$$

ενώ για την αντλία διπλής ενέργειας:

$$Q_\theta = - \frac{2 \cdot F \cdot s \cdot n}{60} \quad \text{σε m}^3/\text{sec}$$

Η πραγματική όμως παροχή της αντλίας Q είναι μικρότερη της θεωρητικής και προσδιορίζεται με τη βοήθεια του ογκομετρικού βαθμού αποδόσεως της αντλίας η_v (§ 131.1), ο οποίος παρέχει το μέτρο των απωλειών λόγω μη τέλειας στεγανότητας βαλβίδων, εμβόλου, στυπειοθλιπτών κλπ., μέσα στην ίδια την αντλία, ώστε να έχομε ότι:

$$Q = \eta_v \cdot Q_\theta$$

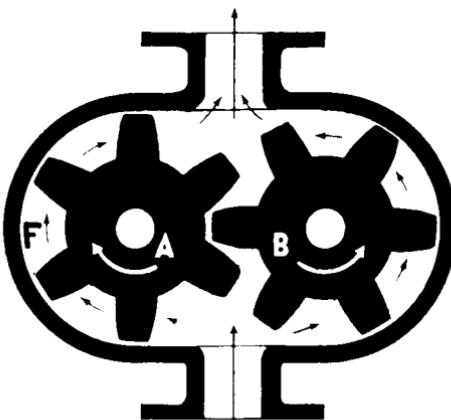
130.3 Παροχή περιστροφικών αντλιών εκτοπίσεως και ροής.

Στις αντλίες αυτές η παροχή υπολογίζεται, αφού πρώτα υπολογισθεί ο όγκος V του υγρού που μετακινείται από το στροφείο σε μία στροφή. Ο όγκος βρίσκεται με τις μεθόδους της Γεωμετρίας και εξαρτάται από τη γεωμετρική μορφή του στροφείου (οδοντωτή, κοχλιοειδής, ελικοειδής κλπ.).

Στην οδοντωτή αντλία π.χ. (σχ. 130.3) με δύο τροχούς A και B υπολογίζομε πρώτα γραφικά την επιφάνεια F , που περιλαμβάνεται μεταξύ δύο συνεχομένων δοντιών και του κελύφους, και την πολλαπλασιάζομε επί το μήκος του δοντιού l . Έτσι έχομε τον όγκο μεταξύ δύο συνεχομένων δοντιών και του κελύφους ίσο προς $F \cdot l$.

Από τον υπολογισμό αυτό βρίσκομε τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού V από τους δύο τροχούς σε μία στροφή από τον τύπο $V = 2 \cdot F \cdot l \cdot r$, όπου r ο αριθμός των δοντιών κάθε τροχού.

Και από τον τύπο τη θεωρητική παροχή ως:



Σχ. 130.3.

$$Q_{\theta} = \frac{2 \cdot F \cdot I \cdot r \cdot n}{60} \quad \text{σε } m^3/\text{sec}$$

εφόσον εκφρασθούν η επιφάνεια F σε m^2 , το μήκος I σε m και ο αριθμός n σε rpm (στροφές ανά λεπτό).

Ανάλογες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τις υπόλοιπες αντλίες.

Για την εύρεση της πραγματικής παροχής χρησιμοποείται και εδώ το τύπος:

$$Q = \eta_v \cdot Q_{\theta}$$

όπου πάλι η_v ο ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως της αντλίας εξαρτώμενος από τον τύπο αυτής.

130.4 Καταμέτρηση της πραγματικής παροχής των αντλιών.

Αυτή εκτελείται με καταμέτρηση της ταχύτητας του υγρού στη σωλήνωση της καταθλίψεως, οπότε αν u_k η ταχύτητα και f η διατομή του σωλήνα καταθλίψεως, θα έχομε:

$$Q = f \cdot u_k \quad \text{σε } m^3/\text{sec}$$

όταν η διατομή f μετρηθεί σε m^2 και η ταχύτητα u_k σε m/sec .

Η μέτρηση της ταχύτητας μπορεί να γίνει με ένα από τους μετρητές Venturi [§ 113.3(Γ)] ή Pitot [§ 113.3(Ε)]. Άλλη μέθοδος κατεμετρήσεως της παροχής γίνεται με το ροήμετρο [§ 113.4(Δ)].

Με απλούστερο τέλος τρόπο και εάν υπάρχουν οι κατάλληλες εγκαταστάσεις, μπορούμε να καταμετρήσουμε την παροχή αντλίας, συγκεντρώνοντας, επί ορισμένο χρονικό διάστημα, το υγρό που παρέχει σε δεξαμενή. Καταμετρώντας τον όγκο του υγρού, που συγκεντρώθηκε στον ορισμένο χρόνο και ανάγοντάς τον σε m^3/sec , έχουμε την πραγματική παροχή της αντλίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 131

ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

131.1 Η απόδοση των αντλιών.

Κατά τη λειτουργία των αντλιών ανακύπτουν διάφορες απώλειες, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα το ωφέλιμο έργο που αποδίδει η αντλία να είναι μικρότερο από εκείνο, το οποίο της παρέχεται από το κινητήριο μηχάνημα.

Οι απώλειες χαρακτηρίζονται αντίστοιχα από τους διάφορους βαθμούς αποδόσεως της αντλίας, οι οποίοι είναι:

α) Ο ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως η_v.

Αυτός παριστάνει το λόγο της πραγματικής προς τη θεωρητική παροχή της αντλίας και παρέχει το μέτρο των απωλειών μέσα στην αντλία, λόγω μη τέλειας στεγανότητας βαλβίδων, στυπειοθλιπτών, στροφείου, εμβόλου κλπ. Κυμαίνεται ανάλογα με τον τύπο της αντλίας από 0,70-0,90.

β) Ο υδραυλικός βαθμός αποδόσεως η_f.

Παρέχει το μέτρο των απωλειών λόγω αντιστάσεων στη σωλήνωση αναρροφήσεως και καταθλίψεως και αφορά επομένως όχι την ίδια την αντλία, αλλά τη συνολική εγκατάστασή της. Εξαρτάται, όπως είναι ευνόητο, κατά περίπτωση από τα μήκη των σωλήνων, τον αριθμό και τη γωνία των καμπυλών τους, όπως και τον αριθμό και τα είδη των βαλβίδων, διακοπτών και οργάνων ελέγχου που παρεμβάλλονται στις σωληνώσεις.

γ) Ο μηχανικός βαθμός αποδόσεως η_M.

Δίνει το μέτρο των απωλειών μιας αντλίας ως μηχανισμού ή διαφορετικά καταμετρά την ενέργεια, η οποία απορροφάται σε μηχανικές τριβές, κυρίως κατά την κίνησή της. Κυμαίνεται ανάλογα με τον τύπο της αντλίας από 0,90-0,95.

δ) Ολικός βαθμός αποδόσεως η_{ολ}.

Παριστάνει το πηλίκον του ωφέλιμου έργου, που αποδίδει η αντλία, προς αυτό που χορηγείται σε αυτή από το κινητήριο μηχάνημα και παρέχει κατά κάποιο τρόπο το μέτρο του συνόλου των απωλειών της.

Είναι γινόμενο των τριών προηγουμένων η_{ολ} = η_ν · η_δ · η_μ και κυμαίνεται ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος των διαφόρων αντλιών.

Οι συνηθισμένες τιμές του ολικού βαθμού αποδόσεως είναι:

Εμβολοφόρες αντλίες	0,60 - 0,90
Αντλίες εκτοπίσεως	0,70 - 0,92
Φυγοκεντρικές	0,55 - 0,85
Μικτής ροής	0,75 - 0,95
Ελικοφόρες	0,70 - 0,85

131.2 Η ισχύς των αντλιών.

Η ωφέλιμη ισχύς N_ω μιας αντλίας βρίσκεται από το ωφέλιμο έργο που αποδίδει, εάν αυτό διαιρεθεί με τον αριθμό 75, από τη σχέση, η οποία καθορίζει ότι:

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kgm}$$

Επειδή το ωφέλιμο έργο της αντλίας είναι γινόμενο της παροχής της αντλίας Q, επί το στατικό ύψος της H_σ επί το ειδικό βάρος του υγρού (δηλαδή ίσο προς γ · Q · H_σ) έπειτα ότι η ωφέλιμη ισχύς της αντλίας θα δίνεται από τον τύπο:

$$N_{\omega} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{\sigma}}{75} \quad \text{σε PS}$$

Για την περίπτωση που η αντλία διακινεί νερό, θα έχομε ότι γ = 1000 kg/m³, οπότε ο τύπος της ισχύος γίνεται:

$$N_{\omega} = \frac{1000\gamma \cdot Q \cdot H_{\sigma}}{75} \quad \text{ή} \quad N_{\omega} = 13,3 Q \cdot H_{\sigma} \quad \text{σε PS}$$

Η πραγματική όμως ισχύς, που χρειάζεται η αντλία στον άξονά της, είναι μεγαλύτερη, γιατί πρέπει να καλυφθούν όλες οι απώλειές της, τόσο οι υδραυλικές απώλειες όσο και οι μηχανικές.

Για να βρούμε επομένως την πραγματική ισχύ, πρέπει να διαιρέσουμε την ωφέλιμη με τον ολικό βαθμό αποδόσεως η_{ολ}, οπότε θα έχουμε ότι:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{\sigma}}{75 \cdot \eta_{\text{ολ}}} \quad \sigma \in PS$$

ή προκειμένου περί υδραντλίας:

$$N = \frac{13,3 \cdot Q \cdot H}{\eta_{\text{ολ}}} \quad \sigma \in PS$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 132

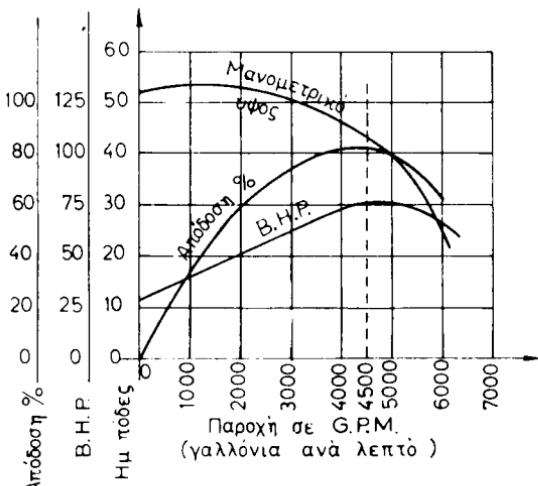
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Τα λειτουργικά δεδομένα των περιστροφικών αντλιών ροής δίνονται συνήθως από τους κατασκευαστές τους με τη μορφή διαγραμμάτων, στα οποία χαράσσονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας. Κάθε διάγραμμα αφορά μία μόνο συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής της αντλίας, η οποία και αναγράφεται πάνω σε αυτό.

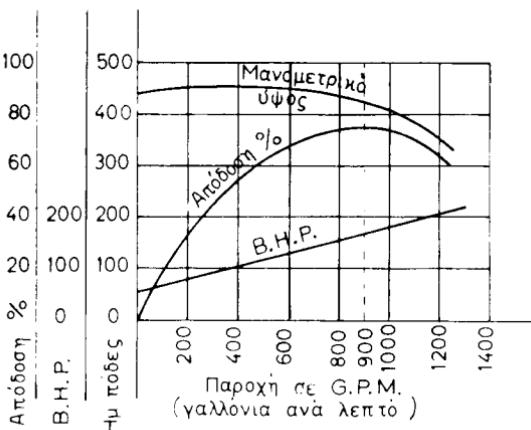
Στο διάγραμμα δίνονται συνήθως, με βάση την παροχή που καταγράφεται στον οριζόντιο άξονα, οι τρεις καμπύλες: της μεταβολής του μανομετρικού ύψους H_{μ} , της πραγματικής ιπποδυνάμεως BHP και της αποδόσεως της αντλίας η.

Στον κατακόρυφο άξονα του διαγράμματος τοποθετούνται οι αντίστοιχες κλίμακες καταμετρήσεως των μεγεθών H_{μ} , BHP και η, την μεταβολή των οποίων δίνουν οι αντίστοιχες καμπύλες.

Το σχήμα 132.α παριστάνει τις καμπύλες λειτουργίας μονο-



Σχ. 132α.



Σχ. 132β.

βάθμιας αντλίας Worthington αγγλικής κατασκευής, της οποίας τα στοιχεία μέγιστης ικανότητας αναγράφονται παραπλεύρως και αφορούν την ταχύτητα περιστροφής της σε 875 rpm.

Η εστιγμένη κάθετη γραμμή έχει χαραχθεί με βάση τη μέγιστη απόδοση λειτουργίας και προσδιορίζει (όπως εύκολα διαβάζομε από τα σημεία στα οποία τέμνει τις χαρακτηριστικές καμπύλες) ότι με στροφές 875 rpm και για παροχή 4500 gpm θα είναι: το μανομετρικό ύψος της αντλίας $H_{\mu} = 43 \text{ ft}$, η ισχύς της BHP = 75 HP και η απόδοσή της $\eta_{\text{o.l}} = 82\%$.

Ανάλογο είναι και το διάγραμμα του σχήματος 132.β για πολυβάθμια αντλία Worthington, από το οποίο βρίσκομε ότι με στροφές 1450 και για παροχή 900 gpm θα είναι: το μανομετρικό ύψος $H_{\mu} = 420 \text{ ft}$, η ισχύς BHP = 170 HP και η απόδοση της αντλίας $\eta_{\text{o.l}} = 70\%$.

Τις καμπύλες αυτές για κάθε αντλία πρέπει να συμβουλευόμαστε επαρκώς και κατά την παραλαβή των αντλιών, αλλά και κατά τη μετέπειτα χρησιμοποίησή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 133

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Η εγκατάσταση των υδραυλικών κινητήρων και των αντλιών πρέπει να γίνεται κατά κανόνα όσο το δυνατό πιο κοντά στην πηγή του νερού και κατά τρόπο, ώστε η επιθεώρηση και η παρακολούθησή τους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους να είναι εύκολη.

Η διάταξη των σωληνώσεων πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο απλή και με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό καμπυλών και οργάνων παρακολουθήσεως και ελέγχου.

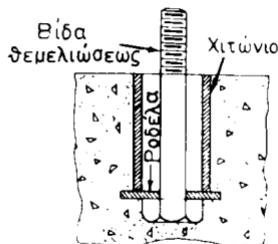
Σε μεγάλες εγκαταστάσεις πρέπει να προβλέπεται και αρκετός χώρος για γερανό ή γενικότερα για ισχυρό ανυψωτικό μηχάνημα για την εύκολη ανύψωση των βαρυτέρων μερών του υδραυλικού κινητήρα ή της αντλίας.

Οι ηλεκτρογεννήτριες των υδραυλικών κινητήρων και οι ηλεκτροκινητήρες των αντλιών δεν πρέπει να τοποθετούνται σε υγρούς χώρους, εκτός εάν είναι προστατευμένου τύπου, όπως άλλωστε επιβάλλεται από τους κανονισμούς.

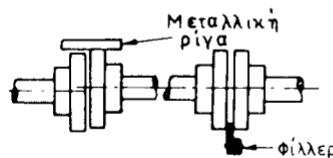
Σε συνηθισμένες εγκαταστάσεις αντλιοστασίων συνιστάται το ύψος της αναρροφήσεως να μην υπερβαίνει τα 5 μέτρα. Εάν μάλιστα η άντληση αφορά θερμό νερό, συνιστάται το ύψος αναρροφήσεως να είναι ακόμη μικρότερο. Σε περιπτώσεις αμφιβολιών πρέπει να προηγείται ακριβής υπολογισμός.

Η βάση των υδραυλικών κινητήρων και των αντλιών πρέπει να είναι ισχυρή, ώστε να αντέχει στους κραδασμούς και στις άλλες δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία. Την καλύτερη λύση στις περιπτώσεις αυτές παρέχει η κατασκευή της βάσεως από σκυρόδεμα (μπετόν), ενισχυμένο σε αναλογία γαλλικής γης (τσιμέντου).

Οι βίδες της θεμελιώσεως πρέπει να τοποθετούνται με μεγάλη ακρίβεια σύμφωνα με το σχέδιο της εγκαταστάσεως και να περιβάλλονται από σωλήνα (χιτώνιο) με διάμετρο 3-4 φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρο της βίδας.



Σχ. 133α.



Σχ. 133β.

Το σχήμα 133.α παριστάνει σε τομή τυπική ορθή θεμελίωση μιας βίδας που συγκρατεί τη βάση.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εγκατάσταση των υδραυλικών κινητήρων και των αντλιών, είναι η ευθυγράμμιση μεταξύ του υδραυλικού κινητήρα και της γεννήτριας ή μεταξύ του ηλεκτροκινητήρα και της αντλίας.

Σε μικρά συγκροτήματα η ευθυγράμμιση γίνεται στο εργοστάσιο της κατασκευής, όταν και τα δύο συνδεόμενα μηχανήματα φέρονται επάνω σε κοινή χαλύβδινη βάση. Πάντως και μετά την εγκατάσταση πρέπει να ελέγχεται η ευθυγράμμιση επί τόπου.

Σε μεγαλύτερα συγκροτήματα, που κατασκευάζονται χωριστά και συνδέονται μεταξύ τους στον τόπο που πρόκειται να λειτουργήσουν, ο έλεγχος της ευθυγραμμίσεως γίνεται επιτοπίως.

Ένας καλός πρακτικός τρόπος ελέγχου της ευθυγραμμίσεως είναι αυτός που αναφέρεται στο κεφάλαιο 109 για την ευθυγράμμιση αεροσυμπιεστή του κινητήριου μηχανήματος (σχ. 133.β).

Κατά τη διάρκεια του ελέγχου αυτού, και ανάλογα με τις ενδείξεις που αυτός θα δώσει, μετακινούνται κατάλληλα τα δύο μηχανήματα πλευρικά ή άνω-κάτω με προσθαφαίρεση προσθηκών στις βάσεις τους, εκτελείται νέος έλεγχος και όταν αυτός αποβεί ικανοποιητικός, συσφίγγονται ισχυρά τα περικόχλια των βιδών των βάσεων και συνδέονται ισχυρά επίσης, στην οριστική τους θέση, οι άξονες των δύο υπό σύνδεση μηχανημάτων της εγκαταστάσεως.

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ
ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 134

Η ΨΥΞΗ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

134.1 Γενικά.

Οι ψυκτικές μηχανές δεν ανήκουν στην κατηγορία των κινητηρίων μηχανών, γιατί δεν παράγουν έργο, αλλά αντίθετα απορροφούν έργο για να εκπληρώσουν τον προορισμό τους, όπως και οι αεροσυμπιεστές και οι αντλίες. Ωστόσο περιλήφθηκαν και αυτές στα αντικείμενα του βιβλίου αυτού, γιατί η χρήση τους είναι ευρύτατα διαδεδομένη. Συναντώνται σε πάρα πολλές περιπτώσεις και μάλιστα μέσα σε εγκαταστάσεις, όπου βρίσκονται οι κινητήριες μηχανές.

Η λειτουργία της ψυκτικής μηχανής είναι λειτουργία τελείως αντίστροφη από των θερμικών κινητηρίων μηχανών. Η ψυκτική εγκατάσταση έχει σκοπό να δημιουργήσει και να διατηρήσει χαμηλή θερμοκρασία σε διάφορους χώρους. Αυτή μπορεί να χρειάζεται, για να συντηρηθούν τρόφιμα ή για να παραχθεί πάγος ή και απλώς για να διατηρηθεί η θερμοκρασία ενός χώρου σε χαμηλότερο επίπεδο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το αποτέλεσμα του υποβιβασμού της θερμοκρασίας το επιτυγχάνει η ψυκτική μηχανή με αφαίρεση γενικά θερμότητας από τους αντίστοιχους χώρους που προορίζονται για ψύξη.

Από τη θερμοδυναμική γνωρίζομε ότι μεταξύ δύο σωμάτων, που έχουν διαφορετική θερμοκρασία και βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους, η θερμότητα ρέει από το θερμότερο προς το ψυχρότερο. Συμβαίνει δηλαδή και εδώ ό,τι και με τη ροή των υγρών από ένα δοχείο που περιέχει υγρό σε υψηλότερη στάθμη, σε ένα άλλο με υγρό σε χαμηλή στάθμη. Για να αναστραφεί ό-

μως η ροή του υγρού, χρειάζεται αντλία, η οποία θα το μετακινήσει από τη χαμηλή στάθμη προς την υψηλή. Για το σκοπό αυτό χρειάζεται επίσης να δαπανηθεί ενέργεια, με την οποία θα κινηθεί η αντλία. Το ίδιο συμβαίνει και με τη θερμότητα. Δηλαδή η θερμότητα είναι αδύνατο να προχωρήσει μόνη της από το ψυχρότερο προς το θερμότερο σώμα. Για να γίνει επομένως αυτό, πρέπει να δαπανηθεί ενέργεια. Η ενέργεια θα χρησιμοποιηθεί, για να κινήσει μία **αντλία θερμότητας**, η οποία και θα παραλάβει θερμότητα από το ψυχρό σώμα και θα την αναγκάσει να προχωρήσει προς το θερμότερο. Η αντλία θερμότητας είναι ακριβώς αυτό που ονομάζεται **ψυκτική μηχανή**.

Για να γίνει αντιληπτό πώς εργάζεται η ψυκτική μηχανή, ας υποθέσουμε ότι έχουμε θάλαμο με στεγανή πόρτα, μέσα στον οποίο θέλουμε να διατηρήσουμε χαμηλή θερμοκρασία. Έστω ότι αρχικά η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο θάλαμο είναι όση και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση αυτή προφανώς καμιά ροή θερμότητας δεν έχουμε από το θάλαμο προς το περιβάλλον, ούτε από το περιβάλλον προς το θάλαμο. Αν όμως η θερμοκρασία στο θάλαμο είναι μικρότερη από αυτήν του περιβάλλοντος, τότε η θερμότητα του περιβάλλοντος θα μεταβεί βαθμιαία μόνη της στο εσωτερικό του θαλάμου, περνώντας από τα τοιχώματά του. Αν πάλι θέλουμε να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία του θαλάμου χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, πρέπει από τον αέρα του θαλάμου να αφαιρέσουμε θερμότητα και να τη μεταφέρουμε προς το θερμότερο αέρα, που βρίσκεται έξω από το θάλαμο. Για να επιτευχθεί αυτό, δαπανάται έργο, με το οποίο και κινείται μια ψυκτική μηχανή. Για να δαπανηθεί κατά τη μεταφορά αυτή της θερμότητας όσο το δυνατό λιγότερο έργο, πρέπει τα τοιχώματα του θαλάμου να είναι κατασκευασμένα από τα κατάλληλα **θερμομονωτικά υλικά** και με αρκετό πάχος, ώστε κατά το διάστημα που θα αφαιρείται θερμότητα από το θάλαμο, να μην εισρέει εύκολα άλλη θερμότητα από το περιβάλλον στο εσωτερικό του χώρου. Έτσι η ψυκτική μηχανή θα εργασθεί λιγότερο και η ενέργεια που θα δαπανηθεί θα είναι μικρότερη.

Είναι φανερό εξάλλου ότι εφόσον επιτευχθεί χαμηλή θερμοκρασία μέσα στο θάλαμο, η ψυκτική μηχανή πρέπει να εργάζεται τόσο, ώστε να αφαιρεί από το θάλαμο τόση θερμότητα, όση εισάγεται σε αυτόν διά μέσου των τοιχωμάτων του. Δηλαδή να εργάζεται τόσο, ώστε να αντιμετωπίζει τις απώλειες ψύξεως από τα τοιχώματα του θαλάμου.

134.2 Η υγροποίηση των αερίων - Τρόπος παραγωγής της ψύξεως.

Για να υγροποιηθεί ένα αέριο, είναι απαραίτητο να συμπιεσθεί σε υψηλή πίεση και στη συνέχεια να ψυχθεί σε θερμοκρασία ίση ή χαμηλότερη από την **κρίσιμη θερμοκρασία** του. **Κρίσιμη θερμοκρασία** αερίου λέγεται η ελάχιστη θερμοκρασία, στην οποία πρέπει να βρεθεί το αέριο, για να γίνει δυνατή η υγροποίησή του. Πάνω από την κρίσιμη θερμοκρασία όσο κι αν συμπιεσθεί το αέριο δεν είναι δυνατή η υγροποίησή του. Περαιτέρω, όσο χαμηλότερη από την κρίσιμη είναι η θερμοκρασία, στην οποία έχει ψυχθεί το αέριο, τόσο μικρότερη θα είναι προφανώς και η αναγκαία πίεση για την υγροποίησή του.

Η ελάχιστη πίεση, στην οποία πρέπει να συμπιεσθεί ένα αέριο για να υγροποιηθεί, όταν βρίσκεται στην κρίσιμη θερμοκρασία, ονομάζεται **κρίσιμη πίεση**.

Κάθε αέριο έχει και δική του κρίσιμη θερμοκρασία και κρίσιμη πίεση. Όταν η κρίσιμη θερμοκρασία ενός αερίου είναι μεγαλύτερη από τους 0° C, η υγροποίησή του είναι πολύ εύκολη.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι για να υγροποιήσουμε ένα αέριο, πρέπει:

- α) Να το συμπιέσουμε μέχρι μια ορισμένη πίεση με συμπιεστή, καλύτερα εμβολοφόρο, γιατί με αυτόν επιτυγχάνεται ευκολότερα υψηλή τελική πίεση συμπιέσεως.
- β) Να το ψύξουμε στη συνέχεια μέσα σε ψυγείο και σε θερμοκρασία αντίστοιχη της πιέσεως που το συμπιέσαμε, και πάντως χαμηλότερη από την κρίσιμη θερμοκρασία του.

Αν το υγροποιημένο αέριο αναγκασθεί να περάσει από στραγγαλιστικό επιστόμιο, ώστε η πίεσή του να πέσει απότομα, μετατρέπεται ξανά σε αέριο και στην κατάσταση του αερίου πλέον μπορεί να κυκλοφορήσει στη σωλήνωση του ψυκτικού συστήματος. Άλλα, όπως γνωρίζουμε από τη Θερμοδυναμική, για να εξατμισθεί ένα υγρό, χρειάζεται να του χορηγηθεί ένα ποσό θερμότητας, που καλείται **λανθάνουσα θερμότητα**. Κατά τον ίδιο τρόπο και το υγροποιημένο αέριο, για να εξατμισθεί ξανά, χρειάζεται αντίστοιχο ποσό λανθάνουσας θερμότητας. Τη θερμότητα αυτή δεν του τη χορηγούμε εμείς, αλλά την απορροφά μόνο του κατά ένα μέρος από τον εαυτό του και κυρίως από το χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεται και ο οποίος κατ' αυτόν τον τρόπο ψύχεται αναγκαστικά. Ο χώρος αυτός στις ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι ο **ψυκτικός θάλαμος**. Αυτόν ακριβώς θέλομε

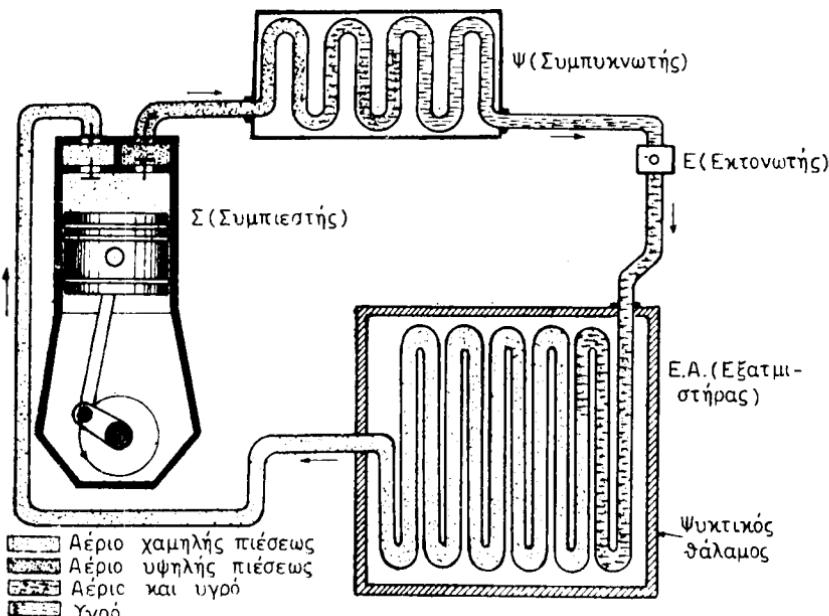
να διατηρήσομε σε χαμηλή θερμοκρασία.

Ο τρόπος ψύξεως, που περιγράφηκε, χαρακτηρίζεται ως άμεση ψύξη, επειδή το αέριο ψύχει κατευθείαν το θάλαμο. Σε πολλές όμως περιπτώσεις χρησιμοποιείται η έμμεση ψύξη, κατά την οποία το εξατμιζόμενο αέριο δεν ψύχει κατευθείαν το θάλαμο, αλλά παραλαμβάνει την απαιτουμένη θερμότητα από νερό ή διάλυση άλμης (σαλαμούρα) ή και από ρεύμα αέρα. Αυτά ψύχονται κατ' αυτόν τον τρόπο και στη συνέχεια κυκλοφορούν με χαμηλή θερμοκρασία στον ψυκτικό θάλαμο ή σε κλιματιζόμενο χώρο και προκαλούν την πτώση της θερμοκρασίας.

134.3 Γενική περιγραφή και στοιχειώδης λειτουργία τυπικής ψυκτικής εγκαταστάσεως.

Τα κύρια μέρη μιας συνηθισμένης ψυκτικής εγκαταστάσεως με συμπιεστή είναι τα ακόλουθα (σχ. 134.3α):

α) Ο συμπιεστής Σ. Έχει προορισμό να αναρροφά αέριο και να το συμπιέζει μέχρι την πίεση, όπου αυτό θα υγροποιηθεί. Σε μικρές εγκαταστάσεις ο συμπιεστής είναι εμβολοφόρος, μονοκύλινδρος ή πολυκύλινδρος. Η βαλβίδα αναρροφήσεως του



Σχ. 134.3α.

αερίου βρίσκεται στο πώμα ή στο έμβολό του. Στη δεύτερη περίπτωση αναρροφά το αέριο από το στροφαλοθάλαμο (κάρτερ). Ο συμπιεστής κινείται, με τη βοήθεια τροχαλιών και ιμάντα, από ηλεκτροκινητήρα. Μπορεί όμως να κινείται και από μηχανή Diesel, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Μπορεί να είναι είτε αερόψυκτος είτε υδρόψυκτος.

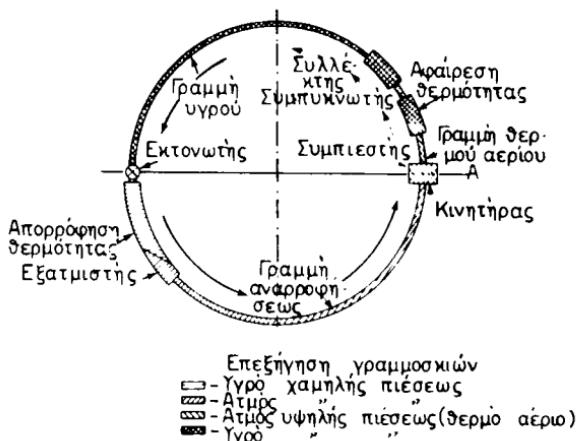
β) Ο συμπυκνωτής ψ ή ψυγείο του αερίου. Σκοπός αυτού είναι να ψύχει το συμπιεσμένο αέριο και να το μετατρέπει με την ψύξη κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του σε υγρό. Ο συμπυκνωτής έχει συνήθως οφιοειδή σωλήνα (σερπαντίνα), μέσα στον οποίο κυκλοφορεί το αέριο. Στο εξωτερικό του συμπυκνωτή υπάρχει το νερό της ψύξεως, που καταθλίβει μία αντλία ηλεκτροκινητή ή και εξαρτημένη από τον άξονα του συμπιεστή. Σε μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις ο σωλήνας της σερπαντίνας είναι πτερυγωτός, οπότε η ψύξη μπορεί να γίνεται και με τον απομοσφαιρικό αέρα είτε με φυσική κυκλοφορία, είτε με ανεμιστήρα εξαρτημένο από τον άξονα του συμπιεστή. Σε πολλές ψυκτικές εγκαταστάσεις μετά τον **συμπυκνωτή** υπάρχει δοχείο ή **συλλεκτής υγρού**, μέσα στο οποίο συγκετρώνεται το υγροποιημένο αέριο που βγαίνει από το συμπυκνωτή.

γ) Ο εκτονωτής Ε. Σκοπός του εκτονωτή (ή εκτονωτικής βαλβίδας) είναι να στραγγαλίζει το υγροποιημένο αέριο και να προκαλεί την απότομη πτώση της πιέσεως του. Ο στραγγαλισμός του υγροποιημένου αερίου ρυθμίζεται με το χέρι ή και αυτόματα από τον ίδιο τον εκτονωτή.

δ) Ο εξατμιστής Ζ. Παρέχει την απαιτούμενη επιφάνεια για την ψύξη. Μέσα στον εξατμιστή κυκλοφορεί το ψυχρό στραγγαλισμένο υγρό. Το υγρό αυτό εξατμίζεται και απορροφά θερμότητα από το χώρο που προορίζεται για ψύξη, τη θερμοκρασία του οποίου και υποβιβάζει. Ο εξατμιστήρας αποτελείται από μία ή πολλές σειρές στοιχείων, τα οποία τοποθετούνται μέσα στους θαλάμους που θέλομε να δημιουργήσουμε χαμηλή θερμοκρασία.

Τα ανωτέρω βασικά μέρη της ψυκτικής εγκαταστάσεως ενώνονται μεταξύ τους με σωλήνες σε δίκτυο. Στο δίκτυο αυτό υπάρχουν επί πλέον και διάφορα όργανα για τον έλεγχο ή τη ρύθμιση της εγκαταστάσεως. Τα όργανα αυτά είναι διάφορες, **βαλβίδες, μανόμετρα, θερμόμετρα, φίλτρα, ξηραντήρια** και **αυτόματοι ή ρυθμιζόμενοι διακόπτες**.

Το **κύκλωμα** λειτουργίας μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως αποτελείται από τέσσερις **φάσεις λειτουργίας**, οι οποίες παριστάνονται διαγραμματικά στο σχήμα 134.3β. Σε αυτό, αρχίζοντας



Σχ. 134.3β.

π.χ. από το Α κατά τη φορά των βελών, παρατηρούμε για κάθεια από τις φάσεις τα ακόλουθα:

1η φάση: Συμπίεση του αερίου στο συμπιεστή μέχρι την πίεση που απαιτείται για την υγροποίησή του. Κατά τη συμπίεση υψώνεται ταυτόχρονα και η θερμοκρασία του. Η φάση της συμπίεσεως είναι η κύρια φάση της λειτουργίας της ψυκτικής, κατά την οποία δαπανάται και η απαιτούμενη ενέργεια.

2η φάση: Αφαίρεση θερμότητας από το συμπεπιεσμένο αέριο, ώστε αυτό να ψυχθεί μέχρι τη θερμοκρασία που θα υγροποιηθεί. Η φάση αυτή συντελείται μέσα στο συμπικνωτή ή το ψυγείο. Αν υπάρχει συλλέκτης στην εγκατάσταση, τότε μέσα σε αυτόν συγκεντρώνεται το υγροποιημένο αέριο, καθώς και όσο παρέμεινε στην κατάσταση του αερίου.

3η φάση: Στραγγαλισμός του υγροποιημένου αερίου στον εκτονωτή. Μέσα στον εκτονωτή η πίεση του υγρού πέφτει απότομα, ώστε να μην μπορεί πλέον να διατηρηθεί αυτό σε κατάσταση υγρού, έρχεται δηλαδή αυτό σε κατάσταση βρασμού.

4η φάση: Εξάτμιση του υγρού στον εξατμιστήρα. Στην κατάσταση του βρασμού και εξατμίσεως, που έφθασε το υγρό, κυκλοφορεί μέσα στα σώματα του εξατμιστήρα και καθώς προχωρεί γίνεται πάλι αέριο χαμηλής πιέσεως. Όσο το υγρό κυκλοφορεί μέσα στα ψυκτικά σώματα, αφαιρεί θερμότητα από τον αέρα του ψυκτικού θαλάμου που τα περιβάλλει. Κατ' αυτόν τον τρόπο ψύχεται ο αέρας. Το αέριο με χαμηλή πίεση πλέον, αφού περάσει από τον εξατμιστήρα, αναρροφάται πάλι από το συ-

μπιεστή και το κλειστό κύκλωμα λειτουργίας αρχίζει ξανά κατά τον ίδιο τρόπο.

134.4 Άμεση και έμμεση ψύξη.

Η ψύξη ονομάζεται άμεση, όταν τα προοριζόμενα για ψύξη είδη βρίσκονται μέσα στο θάλαμο, ο οποίος είτε περιέχει τα σώματα του εξατμιστή, είτε ακουμπάει πάνω σε αυτά. Αυτό γίνεται στους θαλάμους που χρησιμοποιούνται για ψύξη και συντήρηση τροφίμων, όπως επίσης και κατά την παρασκευή του πάγου από το νερό.

Η ψύξη λέγεται έμμεση, όταν τα σώματα του εξατμιστήρα ψύχουν υγρό, το οποίο στη συνέχεια κυκλοφορεί με ιδιαίτερη αντλία στους χώρους που προορίζονται για ψύξη. Το υγρό αυτό είναι δυνατό να είναι γλυκό νερό ή διάλυση άλμης (σαλαμούρα), που παρασκευάζεται με διάλυση άλατος ή χλωριούχου ασβεστίου ή χλωριούχου μαγγανίου μέσα σε αποσταγμένο νερό και πήζει σε θερμοκρασία κάτω από το μηδέν. Το διάλυμα αυτό έχει χαμηλή θερμοκρασία πήξεως, ώστε μπορούμε να το κυκλοφορούμε ως υγρό χαμηλής θερμοκρασίας, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πήξει. Συνήθως η άλμη πρέπει να έχει θερμοκρασία $5-6^{\circ} \text{C}$ χαμηλότερη από αυτή που θέλομε να έχει ο ψυκτικός θάλαμος. Η θερμοκρασία του εξατμιστήρα πάλι πρέπει να είναι $5-6^{\circ} \text{C}$ χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της άλμης.

Η έμμεση ψύξη, που χρησιμοποιείται και σε εργοστάσια παραγωγής πάγου, έχει γενικά μικρότερη απόδοση από την άμεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 135

ΑΕΡΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Ένα αέριο, για να χρησιμοποιηθεί στις ψυκτικές μηχανές, πρέπει να διαθέτει τις εξής ιδιότητες:

- α) Να εξατμίζεται σε πίεση λίγο υψηλότερη από την ατμοσφαιρική, ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα εισόδου αέρα στο δίκτυο.
- β) Η πίεση, στην οποία υγροποιείται, να μην είναι πολύ μεγάλη, ώστε να μην απαιτείται πολύ ισχυρός συμπιεστής και πολύ ανθεκτικό ψυγείο.
- γ) Να έχει κρίσιμη θερμοκρασία υψηλότερη από τη συνηθισμένη του υγρού ἡ του αέρα, που θέλομε να ψύξομε, γιατί διαφορετικά το αέριο δεν θα μπορέσει να ψυχθεί στο ψυγείο του επαρκώς, ώστε να υγροποιηθεί.
- δ) Η θερμοκρασία πήξεως του υγροποιημένου αερίου να είναι πολύ χαμηλή, ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα να πήξει μέσα στο δίκτυο και να διακόψει έτσι την κυκλοφορία σε όλο το κύκλωμα.
- ε) Η θερμότητα εξατμίσεώς του, την οποία και απορροφά από το θάλαμο, να είναι μεγάλη.
- στ) Να μην προκαλεί οξειδώσεις στα μέταλλα των διαφόρων μερών που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση (κυλίνδρους, σωλήνες κλπ.).
- ζ) Να αντιστέκεται επαρκώς στην επίδραση του λαδιού λιπάνσεως της ψυκτικής εγκαταστάσεως πάνω του και αντιθέτως να μην προκαλεί και αυτό οποιαδήποτε ανωμαλία στη λίπανση γενικά.
- η) Να μην είναι δηλητηριώδες, ώστε και αν υπάρχουν λίγες απώλειες αερίου από την εγκατάσταση, να μη διατρέχουν κανένα κίνδυνο οι ασχολούμενοι με τη λειτουργία ἡ την επισκευή της.
- θ) Να μην είναι εκρηκτικό.
- ι) Να μην είναι ακριβό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Στοιχεία και ιδιότητες των κυριοτέρων ψυκτικών αερίων

Ψυκτικό αέριο	Αμμωνία	Freon-12	Χλωριούχο μεθύλιο	Διεισιδιο του άνθρακα	Διεισιδιο του θείου
Χημικό σύμβολο	NH ₃	CF ₂ Cl ₂	CH ₃ Cl	CO ₂	SO ₂
Εύφλεκτο ή εκρηκτικό Δηλητηριώδες ή τοξικό Οσμή	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι
Κρίσιμη θερμοκρασία	Ναι	Όχι	Ναι ²	Όχι ³	Ναι
Πολύ οξεία	Ανεπαισθητή ¹	Ελαφρά οξεία	Ελαφρώς οξεία	Οξεία	
Κρίσιμη πίεση	132,4°C	112°C	143°C	31°C	157,2°C
Πίεση συμπυκνώσεως σε 30° C	115,2 Atm	42 Atm	68 Atm	75,2 Atm	80,3 Atm
Σημείο πτήξεως	11,9 Atm -78°C	7,6 Atm -155°C	6,7 Atm -98°C	73,3 Atm -57°C	4,7 Atm -75,5°C

- 1) Εκτός αν δημιουργηθεί μίγμα αέρα με Freon-12 σε αναλογία Freon-12, 20%.
- 2) Αναισθητικό.
- 3) Ελαττώνει το οξυγόνο του αέρα, που αναπνέομε.

Τα πιο συνηθισμένα αέρια, που χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις, είναι: η **αμμωνία** (NH₃), το **διχλωροδιφθοριούχο μεθάνιο**, που φέρεται με την εμπορική ονομασία Freon-12 ή (F-12) και άλλες παρόμοιες ενώσεις του τύπου αυτού, όπως (F-11), (F-21), (F-22), (F-114), το **διοξείδιο του άνθρακα** (CO₂), το **χλωριούχο μεθύλιο** (CH₃Cl), το **διοξείδιο του θείου** (SO₂) και άλλα.

Παλαιότερα χρησιμοποιήθηκε ως αέριο ψυκτικών μηχανών και ο ίδιος ο ατμοσφαιρικός αέρας υπό πίεση 3 kg/cm² περίπου και θερμοκρασία 0-2° C περίπου, δηλαδή σε αέρια κατάσταση. Αυτό όμως αποτελεί και το κυριότερο μειονέκτημα της ψυκτικής μηχανής με ατμοσφαιρικό αέρα, ότι δηλαδή δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθεί η λανθάνουσα θερμότητα υγροποιήσεως του ψυκτικού μέσου, δεδομένου ότι αυτό εργάζεται στο κύκλωμα ως αέριο και επομένως απαιτείται πολύ μεγαλύτερη ποσότητα

αερίου. Αυτή δημιουργεί την ανάγκη μεγαλυτέρων συμπιεστών και αυξημένης κινητήριας δυνάμεως. Για τους λόγους αυτούς η χρήση των ψυκτικών μηχανών με αέρα έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί σήμερα.

Στον πίνακα 8 παρέχονται συγκεντρωτικά τα στοιχεία και οι ιδιότητες των κυριοτέρων ψυκτικών αερίων.

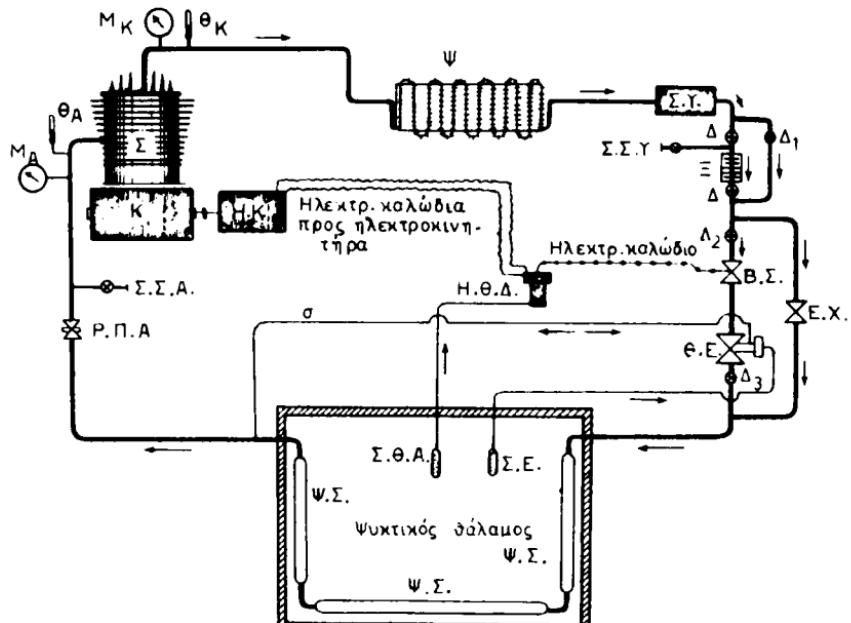
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 136

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ FREON-12

136.1 Περιγραφή και λειτουργία.

Η ψυκτική εγκατάσταση με Freon-12 βρίσκεται σε μεγάλη χρήση σε καταστήματα, οικίες, πλοία και μικρές βιομηχανικές μονάδες.

Αποτελείται (σχ. 136.1) από τον αερόψυκτο συμπιεστή Σ (μονοκύλινδρο ή πολυκύλινδρο), κάτω από τον οποίο βρίσκεται το **κάρτερ** Κ. Μέσα σε αυτό υπάρχει το λάδι λιπάνσεως των τριβέων βάσεως και στροφάλων, των κυλίνδρων κλπ. Το αέριο Freon-12 εισέρχεται στο συμπιεστή πάνω από τη στάθμη του



Σχ. 136.1.

λαδιού με χαμηλή πίεση, προερχόμενο από τα **ψυκτικά σώματα** ΨΣ, δηλαδή από τον **εξατμιστή**. Στο **μανόμετρο** Μ_Δ βλέπομε την πίεσή του, ενώ στο **θερμόμετρο** Θ_Δ τη θερμοκρασία του.

Ο **ηλεκτροκινητήρας** Η_Κ περιστρέφει τον άξονα του συμπιεστή. Αυτός συμπιέζει το αέριο, το οποίο αποκτά πίεση 10 At και θερμοκρασία 50°C. Η πίεση και η θερμοκρασία του αερίου ελέγχονται μετά την έξοδό του από το συμπιεστή στο μανόμετρο Μ_Κ και το θερμόμετρο Θ_Κ.

Από το συμπιεστή το αέριο μεταβαίνει στον αερόψυκτο **συμπικνωτή** ή το **ψυγείο** Ψ όπου και υγροποιείται. Η απόλυτη πίεσή του έξακολουθεί να είναι ακόμη 10 At, ενώ η θερμοκρασία του πέφτει στους 40°C.

Στη συνέχεια το υγροποιημένο αέριο έρχεται στο **συλλέκτη** του υγρού ΣΥ και ακολούθως μεταβαίνει στον **ξηραντήρα** Ξ, ο οποίος κατακρατεί την υγρασία, που τυχόν υπάρχει αναμιγμένη μέσα στο Freon-12. Αν δεν υπάρχει ξηραντήρας ή αν αυτός που εργάζεται δεν μπορεί να αναρροφήσει άλλη υγρασία, τότε το θέτομε «εκτός» με τη βοήθεια των διακοπών Δ (που κλείνομε) και το υγρό μέσω του διακόπτη Δ₁ (που τον ανοίγομε) παρακάμπτει τον ξηραντήρα.

Το υγρό στη συνέχεια μέσω του διακόπτη Δ₂ έρχεται στη βαλβίδα με σωληνοειδές ΒΣ (σολενόντ). Αυτή, όταν είναι κλειστή, δεν επιτρέπει στο υγρό να μεταβεί στον **θερμοστατικό εκτονωτή** ΘΕ, ενώ όταν είναι ανοικτή, επιτρέπει τη διάβασή του προς αυτόν. Η βαλβίδα ΒΣ ανοίγει ή κλείνει αυτομάτως (ηλεκτρικώς) με τον **ηλεκτρικό θερμοστατικό διακόπτη** ΗΘΔ. Ο διακόπτης αυτός, όταν είναι κλειστός, παρέχει ρεύμα. Τότε εργάζεται ο κινητήρας του συμπιεστή και η βαλβίδα ΒΣ κρατιέται ανοικτή. Όταν πάλι είναι ανοικτός, διακόπτει το ρεύμα, οπότε σταματά ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή και η βαλβίδα ΒΣ κλείνει.

Για να ανοίγει ή να κλείνει αυτόματα ο ηλεκτρικός διακόπτης, υπάρχει μέσα στον ψυκτικό θάλαμο μία φυσιγγή (αμπούλα) ΣΘΑ, η οποία συγκοινωνεί μέσω μικρού σωλήνα με το διακόπτη. Η αμπούλα και ο μικρός σωλήνας είναι γεμάτη από πτητικό αέριο, **Freon-12** ή **αιθέρα**. Όταν η θερμοκρασία μέσα στον ψυκτικό θάλαμο υψωθεί, το πτητικό αέριο αποκτά πίεση, με την οποία ενεργεί πάνω στο διακόπτη και αναγκάζει τις επαφές του να κλείσουν. Τότε, από τη μία μπαίνει σε κίνηση ο συμπιεστής, ενώ από την άλλη ανοίγει η βαλβίδα ΒΣ με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος τροφοδοτείται με ρεύμα από τον ίδιο

αυτό διακόπτη. Όταν η θερμοκρασία του θαλάμου ελαττώθει, πέφτει η πίεση του αερίου της αμπούλας και ανοίγουν οι επαφές του ηλεκτρο-θερμοστατικού διακόπτη ΗΘΔ, οπότε από τη μια σταματά ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή κι από την άλλη κλείνει η βαλβίδα ΒΣ Ο διακόπτης ΗΘΔ ρυθμίζεται κάθε φορά ανάλογα με τη θερμοκρασία που θέλομε να διατηρείται στον ψυκτικό θάλαμο.

Μετά τη βαλβίδα ΒΣ το υγρό οδεύει προς το **θερμοστατικό εκτονωτή** ΘΕ, ο οποίος από τη μια στραγγαλίζει το υγρό, ώστε να πέφτει η πίεσή του και να εξέρχεται μίγμα υγρού και αερίου F-12 με απόλυτη πίεση 1,5 At περίπου και θερμοκρασία -20°C αντίστοιχα, ενώ από την άλλη ρυθμίζει αυτόματα την ποσότητα του F-12, που θα μεταβεί στα ψυκτικά σώματα του ψυκτικού θαλάμου ανάλογα με την επιθυμητή ψύξη μέσα σε αυτό. Από τις δύο αυτές ενέργειες του εκτονωτή, εκείνη που ένδιαφέρει περισσότερο είναι η πρώτη. Η δεύτερη γίνεται πάλι με τη βοήθεια μιας φυσίγνης ή αμπούλας ΣΕ, που είναι μέσα στον ψυκτικό θάλαμο και συνδέεται με στεγανό μικρό σωλήνα. Η φυσίγνη και ο μικρός σωλήνας έχουν επίσης στο εσωτερικό τους πτητικό αέριο, δηλαδή F-12 ή αιθέρα. Ο μικρός σωλήνας καταλήγει στο πάνω μέρος διαφράγματος που συνδέεται με τον **θερμοστατικό εκτονωτή** ΘΕ. Όταν το διάφραγμα πιέζεται, ωθεί προς τα κάτω το βάκτρο της βαλβίδας του εκτονωτή, αφού υπερνικήσει τη δύναμη ενός αναστατικού ελατηρίου, και η βαλβίδα ανοίγει περισσότερο. Αντίθετα, όταν η πίεση πάνω στο διάφραγμα ελαττώνεται, τότε το ελατήριο ανυψώνει το βάκτρο της βαλβίδας και την κλείνει κατά ένα ποσοστό. Έτσι περνάει πολύ ή λίγο υγρό από το θερμοστατικό διακόπτη, για μεγάλη ή μικρή ψύξη ανάλογα. Τη μεγάλη ή μικρή πίεση πάνω στο διάφραγμα ασκεί το αέριο της αμπούλας ΣΕ, ανάλογα με τη θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου. Ο μικρός σωλήνας στέλνει ενώνει τον κάτω χώρο του διαφράγματος με τη γραμμή αναρροφήσεως του συμπιεστή, για να εξισώνονται οι πίεσεις.

Αν ο εκτονωτής ΘΕ υποστεί βλάβη, τότε τον παρακάμπτομε οδηγώντας το υγρό από τον **εκτονωτή** ΕΧ, που το άνοιγμά του ρυθμίζεται χειροκίνητα. Στην περίπτωση αυτή κλείνομε τους διακόπτες Δ_2 και Δ_3 . Τότε χειρίζομαστε και τον ηλεκτρικό θερμοστατικό διακόπτη ΗΘΔ με το χέρι, οπότε πλέον δεν ένδιαφέρει αν η βαλβίδα ΒΣ θα είναι ανοικτή ή κλειστή.

Μετά από τον εκτονωτή το μίγμα υγρού και αερίου F-12 οδεύει προς τα **ψυκτικά σώματα** ΨΣ του ψυκτικού θαλάμου,

δηλαδή στον **εξατμισμό**. Καθώς διέρχεται μέσα από αυτά, γίνεται πάλι αέριο με χαμηλή πίεση, αφαιρεί θερμότητα από τον ψυκτικό θάλαμο και πραγματοποιεί την ψύξη. Η απόλυτη πίεση του είναι τότε 1,4 At και η θερμοκρασία του -20°C περίπου.

Μετά από τα ψυκτικά σώματα το αέριο αναρροφάται πάλι από το συμπιεστή και το κύκλωμα επαναλαμβάνεται από την αρχή κατά τον ίδιο τρόπο.

Ο **ρυθμιστής πίεσεως αναρροφήσεως** ΡΠΑ συναντάται μόνον σε ψυκτικές εγκαταστάσεις με πολλούς ψυκτικούς θαλάμους, που έχουν και διαφορετική θερμοκρασία ο καθένας. Επειδή ακριβώς οι πιέσεις του αερίου, καθώς αυτό βγαίνει από τα σώματα των διαφόρων θαλάμων, είναι στην περίπτωση αυτή διαφορετικές μεταξύ τους, ο ρυθμιστής επεμβαίνει και ρυθμίζει, ώστε μετά από αυτόν, η πίεση να διατηρείται σταθερή και ίση προς αυτή, με την οποία το αέριο οδεύει προς την αναρρόφηση του συμπιεστή.

Πολλές ψυκτικές εγκαταστάσεις διαθέτουν και **αυτόματο πλεκτρικό διακόπτη ασφάλειας**, που σταματά τον κινητήρα, όταν η πίεση του αερίου στην κατάθλιψη του συμπιεστή γίνει πολύ μεγάλη, καθώς επίσης και όταν η πίεση στην αναρρόφησή του γίνει πολύ μικρή.

Σε μεγαλύτερες εξάλλου εγκαταστάσεις, όπου η ψύξη στο συμπυκνωτή γίνεται με νερό, υπάρχει και **αυτόματος ρυθμιστής**, που κανονίζει την ποσότητα κυκλοφορίας του νερού ψύξεως.

Το γέμισμα ή η συμπλήρωση του κυκλώματος με Freon-12 γίνεται μέσω του συνδέσμου ΣΣΥ, όταν το Freon-12 είναι υγρό ή από το σύνδεσμο ΣΣΑ, όταν Freon-12 είναι αέριο.

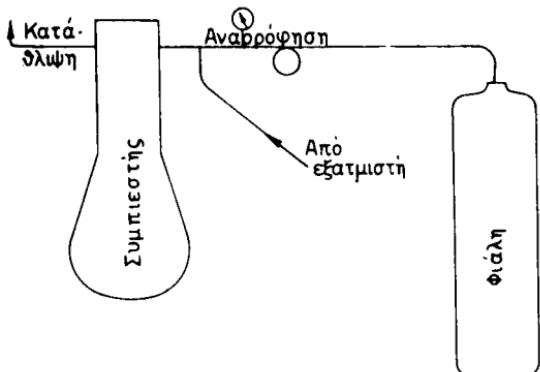
Το Freon-12 παρέχεται στο εμπόριο σε κατάσταση υγρού μέσα σε χαλύβδινες αεροφιάλες.

136.2 Πλήρωση και συμπλήρωση της ψυκτικής με Freon-12.

Το γέμισμα και η συμπλήρωση του κυκλώματος με ψυκτικό αέριο στις εγκαταστάσεις με Freon-12 γίνεται κατά δύο διαφορετικούς τρόπους:

α) Από το μέρος της αναρροφήσεως. Ο τρόπος αυτός ακολουθείται, όταν πρόκειται για συμπλήρωση με μικρές ποσότητες, και γίνεται ως εξής (σχ. 136.2α):

Ξεβιδώνεται το βάκτρο της βαλβίδας αναρροφήσεως ώστε να απομονωθεί η λήψη του θλιβομέτρου. Ξεβιδώνεται το πώμα

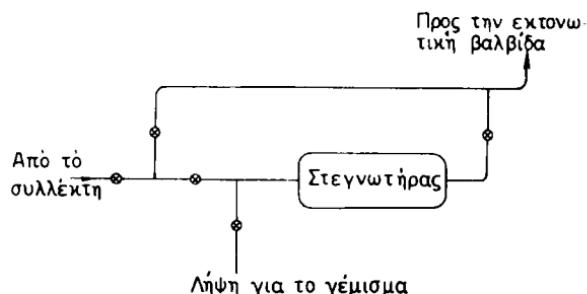


Σχ. 136.2α.

λήψεως του θλιβομέτρου και συνδέεται ο σωλήνας παροχής του αερίου με τη φιάλη. Πάνω στη σωλήνωση τοποθετείται θλιβόμετρο, ώστε να ελέγχεται η πίεση του αερίου. Βιδώνεται η βαλβίδα περίπου κατά δύο στροφές και τίθεται σε κίνηση ο συμπιεστής. Πριν αρχίσει η συμπλήρωση και μετά το τέλος της ζυγίζεται η φιάλη, για να ελεγχθεί η ποσότητα του Freon που μπήκε στο δίκτυο. Κατά το γέμισμα ελέγχεται η ομαλή και συνεχής ροή του αερίου από τη φιάλη προς το συμπιεστή με ανάλογη ρύθμιση της βαλβίδας αναρροφήσεως, η οποία κλείνεται τελείως με την ολοκληρωτική εκκένωση της φιάλης. Μετά το τέλος της συμπληρώσεως ξεβιδώνεται τελείως το βάκτρο της βαλβίδας αναρροφήσεως, κλείνεται η βαλβίδα της φιάλης, αποσύνδέεται ο σωλήνας από τη βαλβίδα και τοποθετείται το πώμα. Σε όλη τη διάρκεια αυτής της πληρώσεως η φιάλη πρέπει να βρίσκεται με τη βαλβίδα προς τα πάνω, ώστε να πραγματοποιείται ροή αερίου μόνο και όχι υγρού, το οποίο θα μπορούσε να προξενήσει βλάβες στο συμπιεστή.

β) Από το μέρος της υγρής γραμμής. Ο τρόπος αυτός ακολουθείται, όταν πρόκειται για συμπλήρωση μεγάλης ποσότητας και γίνεται ως εξής (σχ. 136.2β):

Κλείνεται η βαλβίδα μετά το συλλέκτη και συνδέεται η φιάλη πριν από την εκτονωτική βαλβίδα, όπου υπάρχει στεγνωτήρας για την αφαίρεση της υγρασίας του δικτύου. Ανοιγεται η βαλβίδα της φιάλης και οι βαλβίδες πριν και μετά το στεγνωτήρα, ώστε να περάσει το Freon μέσα από αυτόν. Αφού ισορροπήσουν οι πιέσεις, μπαίνει σε κίνηση ο συμπιεστής μέχρι να γεμί-



Σχ. 136.2β.

σει τελείως το δίκτυο. Κατά το γέμισμα η φιάλη πρέπει να βρίσκεται αναστραμμένη και όταν όλο το Freon εισρεύσει προς το δίκτυο, μέχρι να εξισωθεί η πίεση, απομονώνεται η φιάλη και αδειάζει τελείως. Το ολοκληρωτικό άδειασμά της επιτυγχάνεται με σύνδεσή της από την πλευρά της αναρροφήσεως, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

136.3 Κυριότερες ανωμαλίες σε εγκαταστάσεις με Freon-12. Πιθανά αίτια και τρόπος αποκαταστάσεως τους.

Οι κυριότερες βλάβες, που μπορεί να συμβούν σε ψυκτική εγκατάσταση, που εργάζεται με Freon-12, αναφέρονται παρακάτω κατά περιπτώσεις. Δίπλα από καθεμιά αναφέρονται επίσης τα πιθανά αίτια, που μπορούν να την προκαλέσουν, και τα μέτρα, που πρέπει να ληφθούν για την αποκατάστασή της.

Βλάβη	Πιθανά αίτια	Μέτρα αποκαταστάσεως
1) Χαμηλή πίεση αναρροφήσεως	Η υγρή γραμμή έχει φραχθεί. Εκτονωτική βαλβίδα κλειστή. Φίλτρο αναρροφήσεως έχει φραχθεί.	Καθαρισμός δίκτυου. Έλεγχος υγρασίας στο δίκτυο. Έλεγχος εκτονωτικής βαλβίδας. Καθαρισμός φίλτρου.

Βλάβη	Πιθανά αίτια	Μέτρα αποκαταστάσεως
	<p>Ανεπαρκής ποσότητα Freon στο κύκλωμα.</p> <p>Πολύ λάδι κυκλοφορεί στο σύστημα.</p>	<p>Έλεγχος για απώλεια και συμπλήρωση δικτύου με Freon.</p> <p>Έλεγχος των παγίδων λαδιού και καθαρισμός δικτύου.</p>
2) Υψηλή πίεση αναρροφήσεως	<p>Απώλειες από τη βαλβίδα καταθλίψεως.</p> <p>Υπερβολική τροφοδότηση από τη βαλβίδα του εκτονωτή.</p> <p>Συμπιεστής μικρός σε σύγκριση με τον εξατμιστή ή το φορτίο.</p> <p>Έλλειψη στεγανότητας της βαλβίδας αναρροφήσεως.</p>	<p>Έλεγχος στεγανότητας με θλιβόμετρο. Εφαρμογή ή αντικατάσταση βαλβίδας.</p> <p>Έλεγχος λειτουργίας της εκτονωτικής βαλβίδας και του θερμικού στοιχείου.</p> <p>Έλεγχος ισχύος. Δοκιμή της ταχύτητας ή αντικατάσταση του συμπιεστή από μεγαλύτερο.</p> <p>Έλεγχος των δίσκων και ελατηρίων των βαλβίδων και αντικατάστασή τους αν είναι καταστραμμένα.</p>
3) Χαμηλή πίεση κυκλοφορίας	<p>Ανεπαρκής ποσότητα ψυκτικού αερίου.</p> <p>Υπερβολική κυκλοφορία νερού στο ψυγείο.</p> <p>Υγρό Freon επιστρέφει από τον εξατμιστή.</p>	<p>Έλεγχος για απώλεια πριν από τη συμπλήρωση με αέριο.</p> <p>Ρύθμιση της βαλβίδας κυκλοφορίας.</p> <p>Έλεγχος εκτονωτικής βαλβίδας και του θερμικού στοιχείου της.</p>

Βλάβη	Πιθανά αίτια	Μέτρα αποκαταστάσεως
4) Υψηλή πίεση καταθλίψεως	<p>Αέρας έχει μπει στο κύκλωμα.</p> <p>Υψηλή θερμοκρασία νερού εισαγωγής στο ψυγείο.</p> <p>Ανεπαρκής ποσότητα νερού στο ψυγείο.</p> <p>Φραγμένο ψυγείο.</p> <p>Μεγάλη ποσότητα Freon στο σύστημα.</p>	<p>Εξαερισμός του συστήματος.</p> <p>Αύξηση της ποσότητας του νερού - Ρύθμιση της βαλβίδας κυκλοφορίας.</p> <p>Ρύθμιση της βαλβίδας κυκλοφορίας.</p> <p>Καθαρισμός του ψυγείου.</p> <p>Αφαίρεση μέρους αερίου από το δίκτυο.</p>
5) Συμπεσής λειτουργεί συχνά και για λίγο διάστημα	<p>Φραγμένο ψυγείο ή ανεπαρκής κυκλοφορία νερού.</p> <p>Κακή ρύθμιση διακόπτη υψηλής πίεσεως.</p> <p>Υπερβολική ποσότητα Freon στο σύστημα.</p> <p>Σωλήνες εξατμιστή έχουν καλυφθεί με πάγο.</p> <p>Φίλτρα υγρού αναρροφήσεως ρυπαρά.</p> <p>Βαλβίδα καταθλίψεως παρουσιάζει διαφυγές.</p>	<p>Καθαρισμός του ψυγείου. Ρύθμιση της βαλβίδας κυκλοφορίας.</p> <p>Έλεγχος ρυθμίσεως του διακόπτη.</p> <p>Αφαίρεση μέρους του αερίου.</p> <p>Διάλυση του στρώματος πάγου με χλιαρό νερό.</p> <p>Καθαρισμός των φίλτρων.</p> <p>Έλεγχος βαλβίδας και επισκευή ή αντικατάστασή της.</p>

Βλάβη	Πιθανά αίτια	Μέτρα αποκαταστάσεως
6) Συμπιεστής λειτουργεί συνεχώς	<p>Έλλειψη αερίου.</p> <p>Έλλειψη στεγανότητας βαλβίδας καταθλίψεως.</p> <p>Συμπιεστής μικρός για το φορτίο.</p>	<p>Έλεγχος δικτύου για τυχόν απώλειες. Συμπλήρωση με αέριο εάν χρειάζεται.</p> <p>Έλεγχος στεγανότητας ή αντικατάσταση της βαλβίδας.</p> <p>Δοκιμή με αύξηση της ταχύτητας του συμπιεστή. Ελάττωση φορτίου. Αντικατάσταση του συμπιεστή</p>
7) Συμπιεστής λειτουργεί με θδρύβο	<p>Κραδασμοί.</p> <p>Πολύ λάδι σε κυκλοφορία.</p> <p>Καταστραμμένα μέρη του συμπιεστή έμβολα, πείροι, τριβείς κλπ.</p>	<p>Εξέταση βιδών βάσεων - σύσφιξη τους.</p> <p>Έλεγχος στάθμης λαδιού.</p> <p>Ανεύρεση του καταστραμμένου τεμαχίου και αντικατάστασή του.</p>
8) Ανεπαρτήσιμη λαδιού	<p>Ο κινητήρας στρέφει αντίθετα.</p> <p>Στάθμη λαδιού χαμηλή.</p> <p>Ελαττωματική αντλία λαδιού.</p>	<p>Έλεγχος κινητήρα. Άλλαγή φοράς ή τοποθέτηση αντλίας αντίθετης ροής.</p> <p>Έλεγχος στάθμης λαδιού.</p> <p>Αντικατάσταση αντλίας λαδιού.</p>
9) Θερμοκρασία φυλτηρού θαλόμου χαμηλή	Ελαττωματική λειτουργία της βαλβίδας με το σωληνοειδές.	Επισκευή της βαλβίδας ή αντικατάσταση.

Βλάβη	Πιθανά αίτια	Μέτρα αποκαταστάσεως
10) Θερμοκρασία ψυκτικού θαλάμου υψηλή	<p>Ελαττωματική εκτονωτική βαλβίδα.</p> <p>Ελαττωματική λειτουργία της βαλβίδας με το σωληνοειδές.</p> <p>Σωλήνες συμπυκνωτή έχουν καλυφθεί με πάγο.</p> <p>Ανεπαρκής ποσότητα Freon-12.</p>	<p>Επισκευή ή αντικατάσταση της βαλβίδας.</p> <p>Έλεγχος και επισκευή της βαλβίδας.</p> <p>Αφαίρεση του πάγου με χλιαρό νερό.</p> <p>Έλεγχος της εκτονωτικής βαλβίδας - ρύθμιση.</p>
11) Ο συμπεστής δεν εκπινει	<p>Συχνό άνοιγμα του θαλάμου - κακή μόνωση.</p> <p>Ο θερμοστάτης έχει ρυθμισθεί σε πολύ υψηλή θερμοκρασία.</p> <p>Ασφάλειες έχουν λιώσει λόγω υπερφορτίσεως.</p> <p>Διακόπτης εκτός.</p> <p>Έλλειψη αερίου στο σύστημα διακόπτη χαμηλής πιέσεως.</p> <p>Βαλβίδα με το σωληνοειδές κλειστή.</p>	<p>Να περιορισθεί η συχνότητα ανοίγματος του θαλάμου. Επισκευή της μονώσεως.</p> <p>Έλεγχος και ρύθμιση του θερμοστάτη.</p> <p>Αντικατάσταση ασφαλειών, ανεύρεση του αιτίου της υπερφορτίσεως.</p> <p>Τοποθέτηση διακόπτη εντός.</p> <p>Έλεγχος απωλειών - συμπλήρωση του συστήματος.</p> <p>Εξέταση του πηνίου, αντικατάστασή του.</p>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 137

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΑΜΜΩΝΙΑ

Η ψυκτική αυτή εγκατάσταση χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλα εργοστάσια παραγωγής πάγου, τα οποία διαθέτουν και μεγάλους θαλάμους συντηρήσεως τροφίμων. Σ' αυτήν η ψύξη γίνεται συνήθως **έμρεσα**, με τη βοήθεια δηλαδή της ψυκτικής άλμης (σαλαμούρας).

Το σχήμα 137α παριστάνει διαγραμματικά ψυκτική εγκατάσταση με αμμωνία, η οποία μπορεί να εργασθεί και με διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Αποτελείται από το **συμπιεστή** Σ, του οποίου το **έμβαλο** αναρροφά και συμπιέζει **αμμωνία** σε αέρια κατάσταση από την πάνω και την κάτω όψη του. Ο συμπιεστής κινείται από μεγάλη μηχανή Diesel ή από ισχυρό ηλεκτροκινητήρα. Στο συμπιεστή διακρίνονται οι βαλβίδες αναρροφήσεως α και α και οι **βαλβίδες καταθλίψεως** κ και κ.

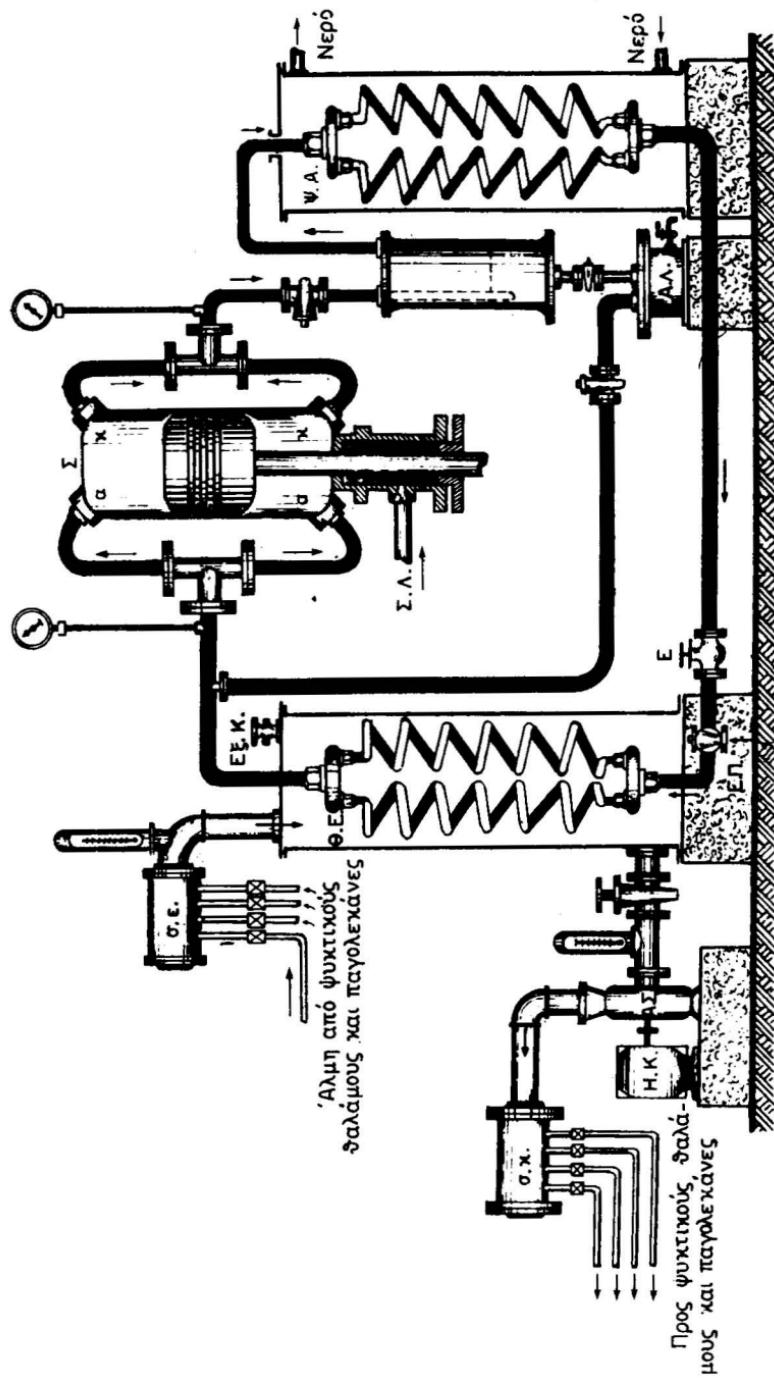
Από το συμπιεστή το αέριο οδεύει στον **αποχωριστή λαδιού** ΑΑ, όπου εγκαταλείπει τη μικρή ποσότητα λαδιού που παρασύρει και στη συνέχεια μεταβαίνει στο **συμπικνωτή** ή **ψυγείο** ΨΑ όπου και υγροποιείται.

Η ψύξη της αμμωνίας μέσα στο συμπικνωτή γίνεται με νερό, το οποίο κυκλοφορεί με τη βοήθεια αντλίας κυκλοφορίας.

Το υγροποιημένο αέριο από το συμπικνωτή μεταβαίνει στον εκτονωτή Ε, όπου στραγγαλίζεται και κυκλοφορεί στα **ψυκτικά σώματα** (σερπαντίνες). Αυτά βρίσκονται μέσα στο θάλαμο του εξατμιστή ΘΕ, ο οποίος είναι εφοδιασμένος και με **εξαεριστικό κρουνό** Εξ Κ της **ψυκτικής άλμης** (σαλαμούρας).

Ο σύνδεσμος ΕΠ χρησιμεύει για το αρχικό γέμισμα ή για μικροσυμπληρώσεις του κυκλώματος με υγρή αμμωνία. Γύρω από τα ψυκτικά σώματα κυκλοφορεί η ψυκτική άλμη, η οποία και ψύχεται κατ' αυτό τον τρόπο.

Το αέριο στη συνέχεια, αφού εξέλθει από τα ψυκτικά σώματα οδεύει προς την αναρρόφηση του συμπιεστή και το κύκλωμα έτσι επαναλαμβάνεται ξανά.



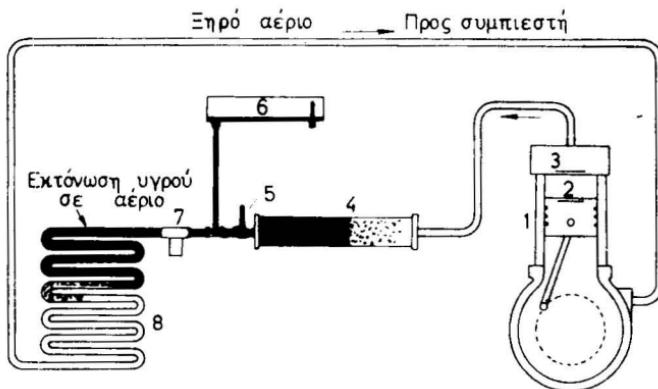
Από το θάλαμο του εξατμιστήρα ΘΕ αναρροφάται η ψυκτική «σαλαμούρα» με την **αντλία** ΑΣ, που περιστρέφεται από τον **μλεκτροκινητήρα** ΗΚ. Η αντλία άλμης την καταθλίβει προς το **συλλέκτη** σκ, από τον οποίο με ιδιαίτερους σωλήνες διανέμεται στους διάφορους ψυκτικούς θαλάμους, όπου και κυκλοφορεί μέσα σε οφιοειδείς σωλήνες (σερπαντίνες), τοποθετημένους μέσα σε αυτούς. Από τους σωλήνες αυτούς επιστρέφει πάλι στο **συλλέκτη επιστροφής** σε και από αυτόν πάλι στο θάλαμο του εξατμιστήρα, για να ψυχθεί ξανά και να ακολουθήσει την ίδια όπως και προηγουμένως κυκλοφορία διη μέσου των ψυκτικών θαλάμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 138

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΜΕΘΥΛΙΟ

Εγκατάσταση με χλωριούχο μεθύλιο τύπου Hallmark παριστάνεται στο σχήμα 138a. Είναι στη γενική της διάταξη όμοια περίπου με αυτή, που εργάζεται με Freon-12 και μπορεί και αυτή να εργασθεί με Freon-12. Τα μέρη που διακρίνονται στο σχήμα είναι:

1) Ο **συμπιεστής**, 2) η **βαλβίδα αναρροφήσεως** στην κεφαλή του έμβολου, 3) η **βαλβίδα καταθλίψεως** στο πώμα, 4) ο **συμπυκνωτής**, 5) το **θερμόμετρο**, 6) η **δεξαμενή αερίου**, 7) η **εκτόνωση βαλβίδα** και 8) ο **εξατμιστής**.



Σχ. 138a.

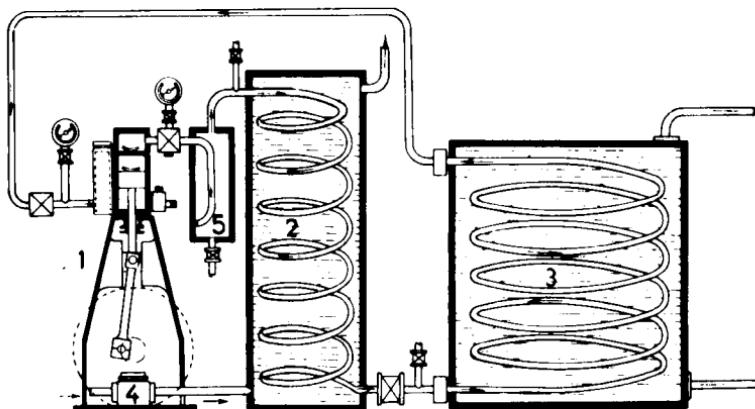
Η λειτουργία της είναι όμοια με αυτή των προηγουμένων εγκαταστάσεων.

Εκείνο, που παρατηρούμε εδώ, είναι ότι στο συμπιεστή η εισαγωγή του αερίου γίνεται από το στροφαλοθάλαμο. Στη συνέχεια αυτό διέρχεται από τη βαλβίδα αναρροφήσεως, που βρίσκεται στο έμβολο και κατόπιν, μετά τη συμπίεση, με τη βαλβίδα καταθλίψεως που βρίσκεται στο πώμα, οδηγείται προς το συμπυκνωτή, από τον οποίο, κατά τα λοιπά, ακολουθεί το γνωστό μας τρόπο λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 139

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η εγκατάσταση αυτή παριστάνεται διαγραμματικά στο σχήμα 139α, όπου είναι: 1) Ο **σύμπιεστής**, 2) ο **συμπυκνωτής** ή **ψυγείο**, 3) ο **εξατμιστής**, 4) η **αντλία κυκλοφορίας** νερού προς το συμπυκνωτή και 5) ο **αποχωριστής** λαδιού.



Σχ. 139.α.

Γενικά η λειτουργία της βασίζεται στις γνωστές αρχές λειτουργίας που αναπτύχθηκαν μέχρι τώρα. Εκτός από τα παραπάνω διακρίνονται τα απαραίτητα **θλιβόμετρα** και **θερμόμετρα** στις κατάλληλες θέσεις, καθώς και η είσοδος και έξοδος της ψυκτικής άλμης μέσα στον εξατμιστή. Μία ειδική αντλία κυκλοφορεί την άλμη στους ψυκτικούς θαλάμους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 140

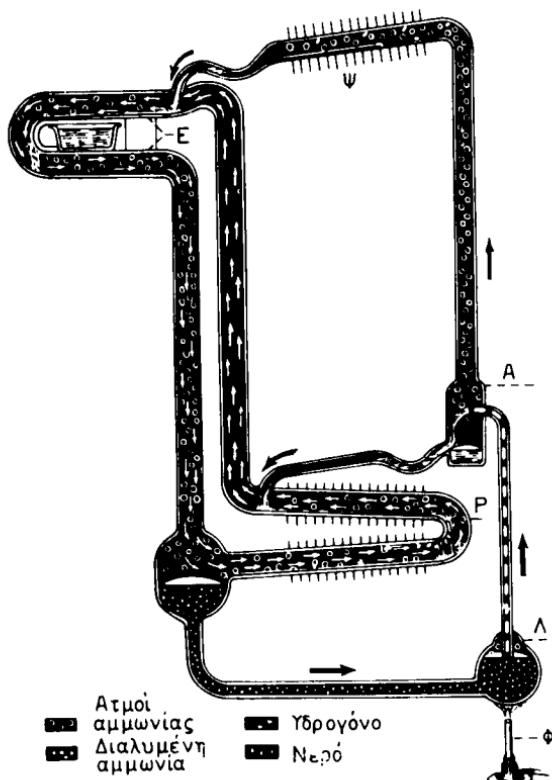
ΨΥΚΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ Ή ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Η ψυκτική αυτή μηχανή εργάζεται χωρίς συμπιεστή. Σε αυτή η ενέργεια που χορηγείται, δεν έχει τη μορφή μηχανικού έργου, όπως στην ψυκτική μηχανή με συμπιεστή, αλλά τη μορφή θερμότητας, που χορηγείται στο **βραστήρα**. Μέσα σε αυτόν, με τη βοήθεια ακριβώς της θερμότητας, παράγεται ατμός αμμωνίας, ο οποίος και μας δίνει την ψύξη.

Κατ' ουσία η ψυκτική αυτή μηχανή εργάζεται με **αμμωνία, νερό και υδρογόνο**.

'Όταν η διάλυση της αμμωνίας με το νερό θερμαίνεται μέσα στο βραστήρα Λ (σχ. 140a) από μία εξωτερική θερμαντική πηγή Φ (φλόγα αερίου, ηλεκτρική θέρμανση κλπ.), η αμμωνία, που είναι περισσότερο πτητική, εξατμίζεται και αποχωρίζεται από το νερό.

Μέσα στον αποχωριστή ατμού και υγρού Α, οι ατμοί της καθαρίζονται τελείως από το νερό και ως καθαροί πλέον ατμοί προχωρούν προς το συμπυκνωτή Ψ, όπου ψύχονται και μετατρέπονται σε υγρό. Η υγρή αμμωνία εισέρχεται στη συνέχεια στον εξατμιστή Ε, όπου εξατμίζεται παρουσία αέριου υδρογόνου. Η θερμότητα εξατμίσεως της αμμωνίας απορροφάται από το περιβάλλον γύρω από τον εξατμιστή και έτσι πραγματοποιείται η ψύξη. Στη συνέχεια οι ατμοί της αμμωνίας αναμιγνέονται με υδρογόνο περνούν προς τον **απορροφητήρα** Ρ, όπου η αμμωνία διαλύεται ξανά στο νερό. Το υδρογόνο, που είναι αδιάλυτο, επιστρέφει στον εξατμιστή Ε. Ο σκοπός του υδρογόνου είναι να εξισώνει την πίεση στον εξατμιστή και στον απορροφητήρα. Υποβοηθεί την αμμωνία να εξατμισθεί πολύ γρήγορα μέσα στα ψυκτικά στοιχεία και υποβοηθεί επίσης τη ροή των ατμών της αμμωνίας προς τον απορροφητήρα. Ο κύκλος που περιγράφηκε επαναλαμβάνεται συνεχώς. Ένας **θερμοστάτης** τοποθετημένος μέσα στον ψυκτικό θάλαμο ελέγχει και ρυθμίζει τη ροή του αερίου καύσεως (φωταέριο) στον **καυστήρα** Φ, ρυθμίζοντας



Σχ. 140.α.

ταυτόχρονα και την ένταση της ψύξεως. Η ψυκτική αυτή μηχανή με τη θερμαντική πηγή είναι αθόρυβη κατά τη λειτουργία της, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν σε αυτήν τα κινητά μέρη του συμπιεστή, κινητήρα κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 141

ΨΥΚΤΙΚΟΙ ΘΑΛΑΜΟΙ - ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΕΣ - ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

141.1 Οι ψυκτικοί θάλαμοι και τα υλικά τους.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στα προηγούμενα, μία ψυκτική εγκατάσταση διαθέτει διάφορους ψυκτικούς θαλάμους, ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετεί.

Ανάλογη με το υπό συντήρηση είδος είναι και η θερμοκρασία που πρέπει να διατηρείται μέσα στον ψυκτικό θάλαμο. Ειδικότερα για τα βασικά είδη τροφίμων οι θερμοκρασίες συντηρήσεως είναι:

Για το κρέας	-8° ~ -10° C
Για τα ψάρια	-12° ~ -14° C
Για τα χορταρικά	-20° ~ -22° C

Η ψύξη στους ψυκτικούς θαλάμους γίνεται είτε με κυκλοφορία του ψυκτικού αερίου, είτε με κυκλοφορία υγρής άλμης. Και στις δύο περιπτώσεις τοποθετούνται στις γωνίες της κορυφής του θαλάμου ανεμιστήρες, για να κυκλοφορεί αέρας και όλος ο θάλαμος να αποκτά ομοιόμορφη θερμοκρασία.

Το σχήμα 141.1α παριστάνει ψυκτικό θάλαμο άμεσης ψύξεως.

Το σχήμα 141.1β παριστάνει αντίστοιχα ένα ψυκτικό θάλαμο εμμέσου ψύξεως με κυκλοφορία άλμης.

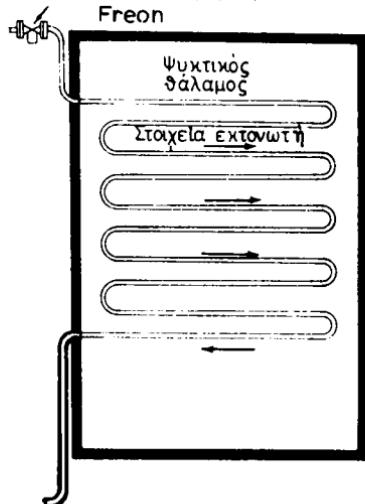
Οι ψυκτικοί θάλαμοι επενδύονται εσωτερικά με θερμομονωτικά υλικά, τα οποία αποσκοπούν στο να εμποδίζουν όσο το δυνατό περισσότερο τη διάβαση της θερμότητας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο του θαλάμου.

Ως μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως **αμιαντος, φελός, πριονίδια, γύψος, υαλοβάμβακας, μαγνησία, μονωτικό τσιμέντο** και διάφορα άλλα σύγχρονα **πλαστικά μονωτικά**.

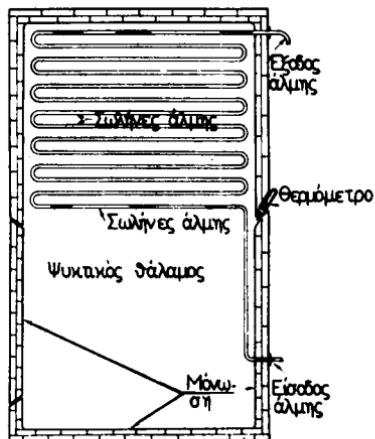
Πρέπει να έχομε υπόψη μας ότι για την οικονομική λειτουργία μιας ψυκτικής εγκαταστάσεως πρέπει οι θύρες των θαλάμων να

Θερμοεκτονωτική βαλβίδα

Freon



Σχ. 141.1α.



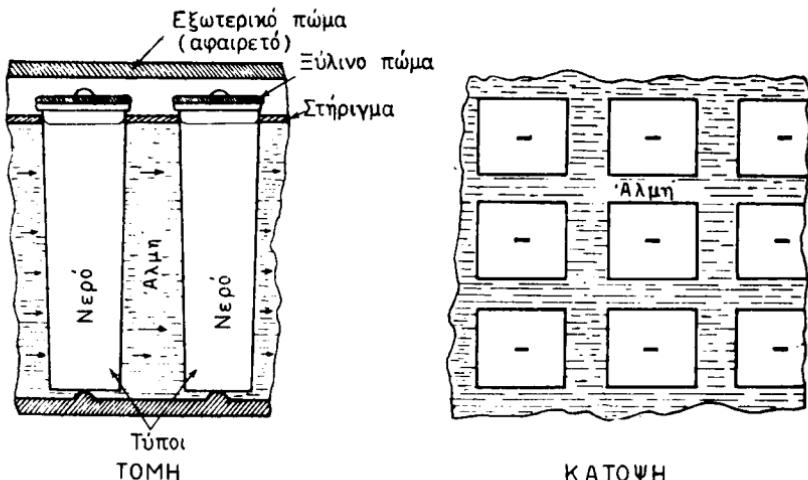
Σχ. 141.1β.

ανοίγονται όσο το δυνατό λιγότερο, γιατί με το άνοιγμα του θαλάμου μπαίνει αέρας από το περιβάλλον και αναγκάζει σε πρόσθετη λειτουργία το ψυκτικό μηχάνημα.

141.2 Η παραγωγή του πάγου - Παγολεκάνες.

Για να παραχθεί πάγος από νερό πρέπει να κατεβεί η θερμοκρασία του στους 0° C. Αυτό γίνεται μέσα στις παγολεκάνες.

Μια παγολεκάνη γενικά έχει πολλές υποδοχές διαταγμένες σε κανονικές σειρές. Σε κάθε υποδοχή τοποθετείται ένας τύπος (καλούπι) από λεπτό έλασμα ανοικτό από πάνω. Τα καλούπια γεμίζουν με γλυκό νερό, ενώ στο εξωτερικό τους κυκλοφορεί άλμη με θερμοκρασία μικρότερη από 0° C. Έτσι η θερμοκρασία του νερού χαμηλώνει, φθάνει στους 0° C και το νερό μετατρέπεται σε πάγο. Αφαιρείται τότε το καλούπι με μικρό γερανό και βαπτίζεται σε ελαφρά χλιαρό νερό, οπότε αποκολλάται από αυτόν ο πάγος με μορφή κολώνας. Αναστρέφοντας το καλούπι παραλαμβάνομε τον πάγο. Χρειάζονται περίπου 5 ώρες, για να γίνει μία από τις συνηθισμένες μεγάλες κολώνες πάγου. Το σχήμα 141.2 δείχνει σε τομή και κάτοψη παγολεκάνη.



Σχ. 141.2.

141.3 Ψυκτική ισχύς.

Ο όρος ψυκτική ισχύς δηλώνει την ικανότητα του ψυκτικού μηχανήματος ως προς την αφαίρεση θερμίδων.

Η έννοια της ψυκτικής ισχύος του μηχανήματος είναι συνδεμένη με τους θαλάμους, τις διαστάσεις και τα υλικά κατασκευής τους. Επίσης με τα είδη που είναι για αποθήκευση και τις επιθυμητές θερμοκρασίες συντηρήσεώς τους.

Ως μονάδα ψυκτικής ισχύος λαμβάνεται η ψυχρίδα ανά ώρα, που γράφεται Frigorie/hr. Αυτή είναι αντίθετη μπορούμε να πούμε, της kcal/hr, κι έχει μάλλον θεωρητική αξία, γιατί είναι πολύ μικρή. Στην πράξη εκφράζομε την ψυκτική ισχύ, ως επί το πλείστον, με kcal/24 hr ή BTU/24 hr.

Έτσι, αν π.χ. έχομε ψυκτικό μηχάνημα ψυτικής ισχύος 48000 kcal/24hr, αντιλαμβανόμαστε ότι αυτό είναι ικανό εάν λειτουργεί επί 24 ώρες να αφαιρέσει 48000 kcal ή εάν λειτουργεί επί μία ώρα να αφαιρέσει 2000 kcal.

Με βάση την ψυκτική ισχύ υπολογίζεται και η ιπποδύναμη του κινητήριου μηχανήματος, αν είναι γνωστός ο μηχανικός βαθμός αποδόσεώς του η_{μ} , που λαμβάνεται περίπου 0,92-0,95 ως εξής:

$$\frac{48000 \times 427}{0,95 \times 24 \times 3600 \times 75} = 3 \text{ PS περίπου}$$

δεδομένου ότι:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal} &= 427 \text{ kgm} \\ 1 \text{ 24ωρο} &= 24 \text{ hr} \\ 1 \text{ hr} &= 3600 \text{ sec} \\ 1 \text{ PS} &= 75 \text{ kgm/sec} \end{aligned}$$

Για τον υπολογισμό της ψυκτικής ισχύος λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

1) Η **διαρροή** θερμότητας από το περιβάλλον προς τον ψυκτικό θάλαμο. Αυτή υπολογίζεται από τις διαστάσεις του θαλάμου, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη θερμοκρασία που πρέπει να διατηρείται μέσα στον ψυκτικό θάλαμο και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ή διαβάσεως. Αυτός δίνεται από τα εγχειρίδια των διαφόρων κατασκευαστών ανάλογα με τη σύνθεση των χρησιμοποιουμένων μονωτικών υλικών του θαλάμου και δίνεται σε $\text{kcal/m}^2/\text{C/hr/cm}$ (δηλαδή σε θερμίδες που διέρχονται μέσω τοιχώματος 1 m^2 , πάχους 1 cm για 1° C διαφορά θερμοκρασίας θαλάμου και περιβάλλοντος επί 1 ώρα). Αντίστοιχα στο αγγλικό σύστημα δίνεται σε $\text{BTU/ft}^2/\text{^oF/hr/in}$. Έτσι, εφόσον γνωρίζομε το πάχος του τοιχώματος, την επιφάνειά του και τη συνολική διαφορά θερμοκρασίας, μπορούμε να υπολογίσουμε εύκολα το σε ένα ορισμένο χρόνο ποσό των kcal, που εισέρχονται μέσω των τοιχωμάτων του θαλάμου στο εσωτερικό του.

2) Η **αρχική** θερμότητα των ειδών που προορίζονται για συντήρηση μέχρι να φθάσουν στη θερμοκρασία συντηρήσεως. Στην προκειμένη περίπτωση λαμβάνονται υπόψη δύο περίπτωσεις: πρώτον ότι το υπό συντήρηση είδος μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία ανώτερη από τη θερμοκρασία πήξεώς του, χωρίς δηλαδή να αλλάξει φυσική κατάσταση και δεύτερο ότι αυτό είναι δυνατό να ψυχθεί μέχρι θερμοκρασία κατώτερη από το σημείο πήξεως, οπότε παρεμβάλλεται η αλλαγή της φυσικής του καταστάσεως και κατ' αντιστοιχία είναι αναγκαίος ο υπολογισμός της λανθάνουσας θερμότητας πήξεως του προϊόντος.

Για την πρώτη περίπτωση έστω ότι έχομε να ψύξομε 100 kg κρέατος από τους 18° C στους 0° C , χωρίς αλλαγή της φυσικής καταστάσεώς του, και έστω ότι η ειδική θερμότητα του κρέατος είναι $c_p = 0,8 \text{ kcal/kg}/^\circ\text{C}$, θα βρούμε ότι οι θερμίδες που πρέπει να αφαιρεθούν είναι:

$$Q = 100 \times 0,8 (18 - 0) \times 1440 \text{ kcal}$$

Για τη δεύτερη περίπτωση έστω ότι έχομε 100 kg νωπού

πολτοποιημένου κρέατος (κιμά) σε θερμοκρασία 15°C και τον εισάγομε σε ψυκτικό θάλαμο για συντήρηση σε υπόψυξη -17°C . Έστω ότι το σημείο πήξεως του κιμά είναι -7°C , η ειδική θερμότητά του πάνω από το σημείο πήξεως $c_{p_1} = 0,8 \text{ kcal/kg}/^{\circ}\text{C}$ και κάτω από αυτό $c_{p_2} = 0,6 \text{ kcal/kg}/^{\circ}\text{C}$, και τέλος ότι η λανθάνουσα θερμότητα πήξεως του είναι 64 kcal/kg περίπου.

Θα έχομε ότι οι θερμίδες που πρέπει να αφαιρεθούν θα είναι:
α) για την ψύξη μέχρι το σημείο πήξεως:

$$Q_1 = 100 \times 0,8 [15 - (-7)] = 1760 \text{ kcal}$$

β) για τη λανθάνουσα θερμότητα πήξεως:

$$Q_2 = 100 \times 64 = 6400 \text{ kcal}$$

γ) για την υπόψυξη μέχρι -17°C

$$Q_3 = 100 \times 0,6 [-7 - (-17)] = 600 \text{ kcal}$$

και συνολικά:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1760 + 6400 + 600 = 8760 \text{ kcal}$$

3) Η **θερμότητα** που παρέχεται από τους μέσα στο θάλαμο ηλεκτρικούς λαμπτήρες, κινητήρες ανεμιστήρων ή άλλες ηλεκτρικές συσκευές, ή όση εκλύεται από τα άτομα που μπαίνουν στο θάλαμο. Αυτή υπολογίζεται βάσει των εμπειρικών δεδομένων των διαφόρων κατασκευαστών.

4) Η **θερμότητα** που πρέπει να αφαιρεθεί από τον αέρα του θαλάμου, ώστε να φθάσει στη θερμοκρασία του με ταυτόχρονη συμπύκνωση της υγρασίας του. Αυτή εύκολα υπολογίζεται, κατά τα γνωστά από τη Θερμοδυναμική, με βάση την ειδική θερμότητα του αέρα ($0,24$) και του νερού (1), τον όγκο του αέρα, την περιεκτικότητά του σε υγρασία και τις διάφορες θερμοκρασίες θαλάμου και περιβάλλοντος.

5) Η **θερμότητα** που στιγμιαία μπαίνει μέσα στο θάλαμο, όταν ανοίγονται οι πόρτες του. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται εμπειρικά με το **συντελεστή χρήσεως** του θαλάμου, που παρέχουν οι διάφοροι κατασκευαστές κατά περιπτώσεις.

Από τα παραπάνω ποσά τα επιμέρους στοιχεία (2) και (4) αντιμετωπίζονται με συνεχή λειτουργία του μηχανήματος (μόλις μπουν τα τρόφιμα μέσα στο θάλαμο και αρχίσει να λειτουργεί η εγκατάσταση) μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία του θαλάμου.

Από το σημείο αυτό όμως και στη συνέχεια το μηχάνημα ερ-

γάζεται για την αφαίρεση των ποσών θερμότητος (1), (3) και (5) αντίστοιχα.

Πρέπει τέλος να σημειωθεί ότι η ψυκτική ισχύς του μηχανήματος υπολογίζεται μεν για το 24ωρο, αλλά με βάση 8ωρη, 12ωρη ή 16ωρη κατά διαστήματα και αθροιστική λειτουργία μέσα στο 24ωρο. Αυτό σημαίνει ότι προκύπτει μεγαλύτερη ισχύς από εκείνη, η οποία θα απαιτείτο, αν το μηχάνημα λειτουργούσε επί 24 ώρες το 24ωρο.

Έτσι, στο αρχικό παράδειγμα η ισχύς των 48000 kcal/24hr και η υπολογισθείσα από αυτήν ισχύς 3 PS του μηχανήματος θα είναι ως εξής:

Για 8ωρη λειτουργία 144000 kcal/24 hr και 9 PS

Για 12ωρη λειτουργία 96000 kcal/24ωρο και 6 PS

Για 16ωρη λειτουργία 72000 kcal/24ωρο και 4,5PS

Για μεγαλύτερη τέλος ασφάλεια οι παραπάνω ισχείς επαυξάνονται κατά 10-20% επί πλέον, ενώ για την αντιμετώπιση ζημιών του μηχανήματος, περιοδικών επιθεωρήσεων, επισκευών κλπ. συνηθισμένη είναι η περίπτωση να εξυπηρετείται η όλη εγκατάσταση από δύο ισοδύναμα ανεξάρτητα και εναλλάξιμα μεταξύ τους ψυκτικά συγκροτήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 142

Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΖΩΤΟ

142.1 Γενικά.

Η μέθοδος της συντηρήσεως των τροφίμων με υγρό άζωτο άρχισε να χρησιμοποιείται το 1960 στην Αμερική και αργότερα στην Ευρώπη.

Αυτή σε γενικές γραμμές εφαρμόζεται κατά το σύστημα «Cryotransfer», που μελετήθηκε και κυκλοφόρησε από τον αμερικανικό οίκο «Integral Process Systems Inc.».

Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή ότι η πήξη των τροφίμων είναι μεταφορά θερμότητας, κατά την οποία η θερμότητα αφαιρείται για να στερεοποιηθεί η υγρασία που υπάρχει στο προϊόν.

Η αλλαγή αυτή της φυσικής καταστάσεως του προϊόντος γίνεται ως επί το πλείστον σε -7 έως -2 °C αντί για τους 0 °C, όπου, όπως είναι γνωστό, πήγνυται το νερό. Ωστόσο τα τρόφιμα ψύχονται σε θερμοκρασία κατώτερη από αυτή, ο δε βαθμός υποψύξεως έχει μεγάλη επίδραση στη γεύση, τη δομή, το άρωμα και άλλες ιδιότητες του προϊόντος.

Τα συνηθισμένα ψυκτικά συγκροτήματα περιορίζονται από την άποψη της οικονομικής λειτουργίας σε θερμοκρασία -23 έως -51 °C, ενώ η πολύ χαμηλή θερμοκρασία του υγρού αζώτου (-196 °C) έχει ως αποτέλεσμα πολύ μεγαλύτερο βαθμό ψύξεως, κατά την οποία η υγρασία του προϊόντος μορφώνεται σε πάρα πολύ μικρούς κρυστάλλους πάγου.

Το άζωτο είναι αδρανές μη αναφλέξιμο αέριο, υγροποιούμενο στους -196 °C υπό ατμοσφαιρική πίεση. Είναι άχρωμο, άσμο, και ως υγρό μοιάζει με ζέον νερό (νερό που βράζει).

Η άκρως χαμηλή θερμοκρασία του και η σχετικά υψηλή λανθάνουσα θερμότητα υγροποιήσεώς του, καθώς επίσης και η

αισθητή θερμότητά του, καθιστούν ευνοϊκή τη χρήση του ως ψυκτικού μέσου.

Κατά την εξαέρωσή του από την υγρή κατάσταση 1 kg αζώτου απορροφά 90 kcal περίπου.

Το υγρό άζωτο παρέχεται σε φιάλες από τα εργοστάσια, τα οποία συνήθως το παράγουν από τον ατμοσφαιρικό αέρα και οξυγόνο, για βιομηχανική ή και άλλες χρήσεις.

142.2 Οι τρόποι εφαρμογής της πήξεως των προϊόντων με υγρό άζωτο.

Αυτοί είναι οι εξής:

- α) Με εμβάπτιση του προϊόντος μέσα σε υγρό άζωτο.
- β) Με ράντισμά του με υγρό άζωτο και
- γ) με κυκλοφορία γύρω από αυτό ψυχρού αέρα, που ψύχεται από το υγρό άζωτο.

Κατά την εμβάπτιση του προϊόντος μέσα σε κατάλληλα δοχεία χρησιμοποιείται κυρίως η λανθάνουσα θερμότητα του υγρού άζωτου.

Κατά τη ράντιση χρησιμοποιείται επίσης η λανθάνουσα θερμότητα του άζωτου αλλά και η αισθητή. Το υγρό άζωτο ραντίζεται με ακροφύσια, προσκρούει πάνω στο προϊόν, απορροφά από αυτό θερμότητα και μετατρέπεται σε αέριο. Μέρος της αισθητής θερμότητας του αέριου άζωτου που προκύπτει έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για πρόψυξη του προϊόντος.

Κατά την κυκλοφορία ψυχρού αέρα, το προϊόν ψύχεται από ψυχρό αέρα, ο οποίος το περιβάλλει. Ο αέρας πάλι ψύχεται προηγουμένως από υγρό άζωτο. Θεωρητικά η μέθοδος αυτή είναι αποδοτικότερη, αλλά πάντως βραδύτερη σε σύγκριση με τις προηγούμενες.

142.3 Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως του υγρού άζωτου.

Αυτά συνοψίζονται στα εξής:

- α) Βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος.
- β) Ταχύτητα ψύξεως.
- γ) Επιφανειακή κάλυψη του προϊόντος (κρούστα) και διατήρηση της γεύσεως, του αρώματος και της συνεκτικότητάς του.
- δ) Μικρότερη δαπάνη σε χώρο και κόστος σε σχέση με τις

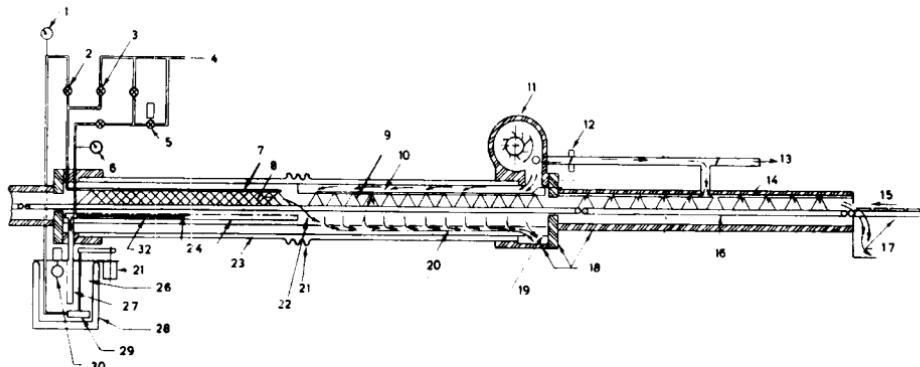
συμβατικές ψυκτικές εγκαταστάσεις.

- ε) Δυνατότητα επαυξήσεως του βαθμού παραγωγής του προϊόντος λόγω ταχύτερης ψύξεως του.

142.4 Στοιχειώδης περιγραφή της βασικής ψυκτικής διατάξεως Cryotransfer.

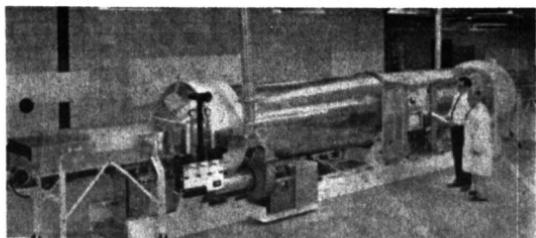
Η βασική διάταξη της μονάδας Cryotransfer παριστάνεται στα σχήματα 142.4α και 142.4β.

Αποτελείται από συγκρότημα κυλιόμενου τύπου μεταφορέων του προϊόντος, τοποθετημένων μέσα σε ανοικτό κύλινδρο, με διπλά τοιχώματα που είναι μονωμένος με κενό. Στο άκρο εξόδου της μονάδας υπάρχει η ζώνη ψεκαστήρων με υγρό αζώτου, που περιλαμβάνει ακροφύσια ψεκασμού πάνω ή και κάτω από το προϊόν. Το υγρό αζώτο, αφού ενεργήσει ως ψυκτικό μέσο,



Σχ. 142.4α.

- 1) Θλιβόμετρο αντλίας. 2) Βαλβίδα υγρού αζώτου προς ψεκαστήρες. 3) Βαλβίδα συγκοινωνίας με δεξαμενή αζώτου. 4) Παροχή υγρού αζώτου. 5) Βαλβίδα-σωληνοειδές. 6) Θλιβόμετρο. 7) Συλλέκτης ψεκαστήρων υγρού αζώτου. 8) Ψεκαστήρες υγρού αζώτου. 9) Αέριο αζώτου υψηλής ταχύτητας (1000 m/min). 10) Συλλέκτης ψεκαστήρων αέριου αζώτου 11). Ανεμιστήρας επανακυκλοφορίας αέριου αζώτου. 12) Βαλβίδα ελέγχου εξαγωγής αέριου αζώτου. 13) Προς πρόσθετη πρόσψεξη του προϊόντος. 14) Συλλέκτης ψεκαστήρων αέριου αζώτου. 15) Ροή προϊόντος. 16) Μεταφορέας προψύξεως. 17) Εξαγωγή αζώτου που χρησιμοποιήθηκε. 18) Μόνωση. 19) Αγωγός εισαγωγής σε ανεμιστήρα. 20) Συλλέκτης αναρροφήσεως αγωγού ανεμιστήρα. 21) Ένωση διαστολών. 22) Ζώνη ψεκάσεως αέριου αζώτου. 23) Μόνωση κενού. 24) Ακροφύσιο. 25) Λεκάνη περισυλλογής υγρού αζώτου. 26) Υγρό αζώτο. 27) Φίλτρο. 28) Εξωτερικός κύλινδρος. 29) Αντλία υγρού αζώτου. 30) Αυτοματική διάταξη στάθμης υγρού αζώτου. 31) Κινητήρας αντλίας. 32) Σωλήνας καταθλιψίας υγρού αζώτου.



Σχ. 142.4β.

εξαερώνεται και μετατρέπεται σε αέριο άζωτο.

Εξωτερικά και δίπλα στον κυρίως θάλαμο υπάρχει κατάλληλος φυσητήρας για την επανακυκλοφορία του ψυχρού αέριου αζώτου, ενώ αντίστοιχοι αγωγοί το κατευθύνουν μέσα στο θάλαμο πήξεως του προϊόντος. Τα ακροφύσια κατευθύνουν με υψηλή ταχύτητα (1000 m/min περίπου) το ψυχρό αέριο πάνω στις επιφάνειες του προϊόντος.

Οι ζώνες ανακυκλοφορίας του αερίου τοποθετούνται μεταξύ του άκρου εισόδου της μονάδας και της ζώνης των ψεκαστήρων του θαλάμου και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του μήκους της μονάδας.

Οι κυλιόμενοι μεταφορείς εισόδου-εξόδου του προϊόντος συγχρονίζονται με τον κύριο μεταφορέα και χρησιμεύουν για να προωθούν το προϊόν δια μέσου της κρυογενικής ατμόσφαιρας.

Οι κεφαλές στα άκρα της μονάδας έχουν ικανά ανοίγματα, για την απρόσκοπτη είσοδο και έξοδο του προϊόντος. Στο πρόσωπο καθενός από τα δύο αυτά ανοίγματα σχηματίζονται διαφράγματα (κουρτίνες) από υψηλής ταχύτητας αέριο άζωτο, για να παρεμποδίζεται έτσι η είσοδος ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στην κρυογενική ατμόσφαιρα του κυλίνδρου.

Η ταχύτητα των μεταφορέων ρυθμίζεται ανάλογα με το χρόνο που απαιτείται για να παραμείνει το προϊόν εκτεθειμένο μέσα στην ψυκτική συσκευή.

Η εξαγωγή από τη συσκευή Cryotransfer του αερίου αζώτου σε θερμοκρασία -73°C , χρησιμοποιείται για την πρόψυξη του προϊόντος με τη βοήθεια καταλλήλων ακροφυσίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πρόσθετη πρόψυξη του προϊόντος μέσα σε δοχείο ή εναλλακτήρα θερμότητας ή θάλαμο ψυχρής εναποθηκεύσεως πριν αυτό μπει στην κύρια μονάδα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι φάσεις, από τις οποίες περνάει το προϊόν που προορίζεται για κατάψυξη, είναι: πρόψυξη με

αέριο άζωτο, πήξη με αέριο άζωτο, υπόψυξη με υγρό άζωτο.

Η τροφοδότηση της μονάδας με υγρό άζωτο γίνεται από τη δεξαμενή αποθηκεύσεώς του ή από τις φιάλες, με ροή του στον εξωτερικό κύλινδρο, τον τοποθετημένο στο άκρο εξόδου του θαλάμου πήξεως. Το υγρό άζωτο που αποθηκεύεται βρίσκεται συνήθως υπό πίεση 1,7 έως 2,5 At. Μέσα στον εξωτερικό κύλινδρο υπάρχει φυγοκεντρική αντλία που αναρροφά το υγρό άζωτο, το συμπιέζει κατά $0,5 \text{ kg/cm}^2$ και το καταθλίβει στους συλλέκτες των ψεκαστήρων, με τους οποίους αυτό κατευθύνεται πάνω και κάτω από το προϊόν.

Η πλεονάζουσα ποσότητα υγρού αζώτου, όσο δηλαδή δεν εξαερώνεται κατά την επαφή του με το προϊόν και όσο δεν ήλθε σε επαφή με αυτό, επανασυλλέγεται στη λεκάνη και ρέει προς τον εξωτερικό κύλινδρο με επανακυκλοφορία. Υπάρχει αυτόματη διάταξη τροφοδοτήσεως του εξωτερικού κυλίνδρου με υγρό άζωτο, όταν η στάθμη του κατέβει κάτω από ορισμένο σημείο.

Εκτός από τα παραπάνω, η συσκευή διαθέτει αντλία υψηλού κενού για τη δημιουργία και διατήρησή του μέσα στους περιχιτώνιους χώρους των διπλών τοιχωμάτων των κυλίνδρων.

Η όλη μονάδα φέρεται πάνω σε κοινή σιδερένια βάση κυλιόμενη πάνω σε τροχούς (σχ. 142.4β).

Η μονάδα που περιγράφηκε προηγουμένως χρησιμοποιήθηκε με απόλυτη επιτυχία σε πάρα πολλές εφαρμογές, όπως και σε περιπτώσεις προϊόντων που μόλις βγαίνουν από κλιβάνους (φούρνους) και έχουν θερμοκρασία μέχρι 49°C .

Ευρεία χρήση της γίνεται σε περιπτώσεις αλιευτικών πλοίων, τα οποία παραβάλλουν σε ιχθυόσκαλα, όπου γίνεται άμεση κατάψυξη των ψαριών και στη συνέχεια εισαγωγή σε αυτοκίνητα ή σιδηροδρομικά βαγόνια ψυγεία.

Ανάλογη είναι η εφαρμογή της και σε περιπτώσεις φρούτων κλπ., τα οποία καταψύχονται με το υγρό άζωτο και στη συνέχεια με κινητά ψυγεία (αυτοκίνητα ή βαγόνια) μεταφέρονται στον τόπο καταναλώσεως.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟ

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 143

ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

143.1 Εισαγωγή.

Μέσα στα δωμάτια, στα γραφεία και γενικά σε χώρους, όπου διαμένουν ή εργάζονται άνθρωποι, πρέπει να διατηρείται σταθερή θερμοκρασία γύρω στους 18 έως 20 °C, άνεξάρτητα από τη θερμοκρασία που επικρατεί στο ύπαιθρο. Η εγκατάσταση θερμάνσεως έχει σκοπό να παρέχει σε ένα χώρο τόση θερμότητα όση χάνεται από αυτόν, ώστε η θερμοκρασία του να παραμένει σταθερή.

Η θερμότητα από ένα θερμό εσωτερικό χώρο ρέει προς το περιβάλλον κατά τους εξής δύο τρόπους:

- Διαβαίνει από την εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων, θυρών, παραθύρων κλπ., μέσω της μάζα τους, προς την εξωτερική τους επιφάνεια και από εκεί προς την ατμόσφαιρα.
- Απάγεται από το θερμό αέρα, που βγαίνει από το χώρο με τα διάφορα ανοίγματα ή διάκενα (χαραμάδες) θυρών, παραθύρων κλπ., από τα οποία ταυτόχρονα μπαίνει ψυχρός αέρας.

Το συνολικό ποσό της θερμότητας που χάνεται, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και υπολογίζεται κάθε φορά δύσκολα με πολύπλοκους τύπους και μόνο κατά προσέγγιση.

Οταν σε ένα χώρο χορηγούμε θερμότητα, για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του, λέμε ότι του παρέχομε **θέρμανση**. Η θέρμανση μπορεί να είναι τοπική ή κεντρική.

Η **τοπική θέρμανση** γίνεται με φορητές θερμάστρες, που καινέ ξύλα, ξυλάνθρακες, γαιάνθρακες, πετρέλαιο, αέριο ή κα-

ταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, είτε αντίστοιχα και με εντοιχισμένες θερμάστρες (τζάκια). Εδώ δεν θα ασχοληθούμε με την τοπική αυτή θέρμασην.

Η **κεντρική θέρμανση** εξάλλου γίνεται με θερμό **νερό, ατμό**, ή **θερμό αέρα**. Και στους τρεις αυτούς τρόπους της κεντρικής θερμάνσεως η αναγκαία θερμότητα για τη θέρμανση παράγεται σε ένα σημείο και από αυτό μεταφέρεται στους διάφορους χώρους με συνεχή κυκλοφορία του θερμού νερού, του ατμού ή του θερμού αέρα.

Με την κεντρική θέρμανση επιτυγχάνονται τα εξής πλεονεκτήματα:

- a) Διατηρείται η ίδια θερμοκρασία σε πολλούς χώρους ταυτόχρονα.
- β) Οι χώροι που θερμαίνονται διατηρούνται καθαροί και δεν αναμιγνύονται μέσα στον αέρα τους τα επιβλαβή καπναέρια, που αναδίδουν και ενοχλητική οσμή.
- γ) Τα διάφορα θερμαντικά σώματα δεν υπόκεινται σε ανωμαλίες και δεν χρειάζονται επιβλεψη.
- δ) Θερμαίνονται ακόμη και χώροι όπου δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί τοπική θερμάστρα, όπως π.χ. λουτρό, κλιμακοστάσιο κλπ.
- ε) Η συνολική δαπάνη είναι μικρότερη από αυτή που θα χρειαζόταν για να θερμανθούν στην ίδια θερμοκρασία καθένας από τους χώρους με ιδιαίτερη τοπική θερμάστρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 144

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟ ΝΕΡΟ

144.1 Τα μέρη της εγκαταστάσεως κεντρικής θερμάνσεως με θερμό νερό.

α) Ο λέβητας (καζάνι). Σκοπός του είναι η θέρμανση του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση των χώρων. Στο λέβητα καίγονται ξύλα ή γαιάνθρακας, συνηθέστερα όμως πετρέλαιο. Ο λέβητας εγκαθίσταται κατά κανόνα στο χαμηλότερο μέρος της οικοδομής (υπόγειο ή ισόγειο).

β) Τα θερμαντικά σώματα (στοιχεία). Κάθε στοιχείο αποτελείται από οφιοειδή σωλήνα (σερπαντίνα) ή από δύο ημιστοιχεία (φέτες) χυτά ή συγκολλημένα, που σχηματίζουν ενιαίο σύνολο, μέσα από το οποίο κυκλοφορεί το ζεστό νερό. Στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί τοποθετούνται ένα ή περισσότερα σώματα.

γ) Η δεξαμενή νερού. Αυτή τοποθετείται στο υψηλότερο μέρος της οικοδομής και έχει προορισμό να επιτρέπει τη διαστολή του νερού, όταν αρχίζει η θέρμανση, παράλληλα δε να διατηρεί το δίκτυο πλήρες και να συμπληρώνει αυτόματα λόγω στάθμης τις διάφορες απώλειες του νερού εξαιτίας διαρροών, εξατμίσεως κλπ. Η δεξαμενή εξασφαλίζει επίσης την ελεύθερη επικοινωνία όλου του δικτύου της εγκαταστάσεως με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Έτσι, αν τυχόν η πίεση του νερού ξεπεράσει την κανονική, εκτονώνεται (ξεθυμαίνει) μέσα στη δεξαμενή διαστολής, όπου η στάθμη είναι ελεύθερη. Επίσης από τη δεξαμενή εξαερίζεται όλο το δίκτυο της εγκαταστάσεως, δηλαδή βγαίνει από αυτήν ο αέρας που περιέχει το νερό των διαφόρων σωληνώσεων.

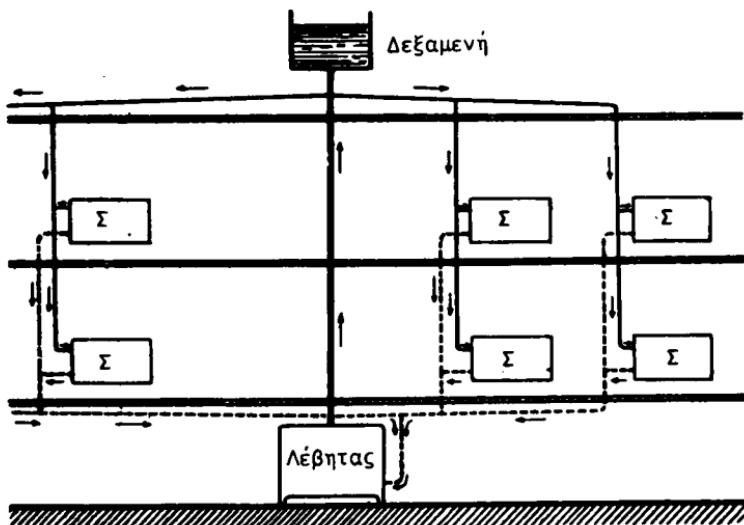
δ) Οι σωλήνες, οι διακόπτες, που επιτρέπουν την επικοινωνία των μερών που έχουν περιγραφεί προηγουμένως και τα γνωστά μας όργανα ελέγχου και παρακολουθήσεως της λειτουργίας, δηλαδή **μανόμετρα - θερμόμετρα - υδροδείκτες.**

Εκτός από αυτά υπάρχουν συνήθως και **αυτόματος ρυθμιστής ελέγχου της παύσεως, πεζοστατικοί θερμοστατικοί, υδροστατικοί διακόπτες** (όταν η εγκατάσταση είναι αυτόματης λειτουργίας), **κυκλοφορητής**, που κυκλοφορεί το νερό, όταν το σύστημα εργάζεται με τεχνητή ή βεβιασμένη κυκλοφορία, **καυστήρας με ανεμιστήρα, αντλία παροχής πετρελαίου, δεξαμενή πετρελαίου** κλπ.

144.2 Τα συστήματα εγκαταστάσεως.

Αυτά διακρίνονται σε:

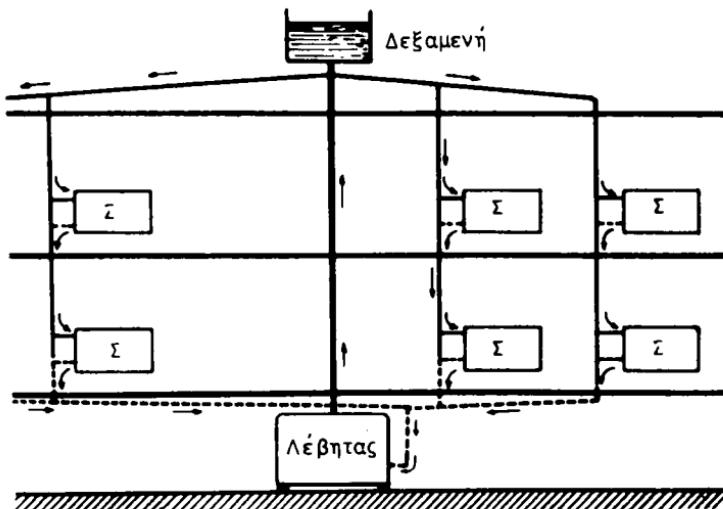
α) Σύστημα δύο σωληνώσεων (σχ. 144.2a). Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται δύο σωληνώσεις, μία για τη μετάβαση του θερμού νερού από το λέβητα προς τα θερμαντικά σώματα Σ και μία για την επιστροφή του από τα σώματα προς το λέβητα. Το ζεστό νερό του λέβητα ως ελαφρότερο ανεβαίνει προς τα σώματα, ενώ ταυτόχρονα το σχετικά ψυχρότερο νερό των σωμάτων κατεβαίνει προς αυτόν. Ετσι πραγματοποιείται συνεχής φυσική κυκλοφορία. Οι διαστολές του νερού μέσα στο δίκτυο και η συμπλήρωσή του γίνονται με τη βοήθεια της δεξαμενής νερού.



— : Ζεστό νερό προς σώματα Σ
- - - - : Επιστροφή νερού από σώματα Σ

Σχ. 144.2a.

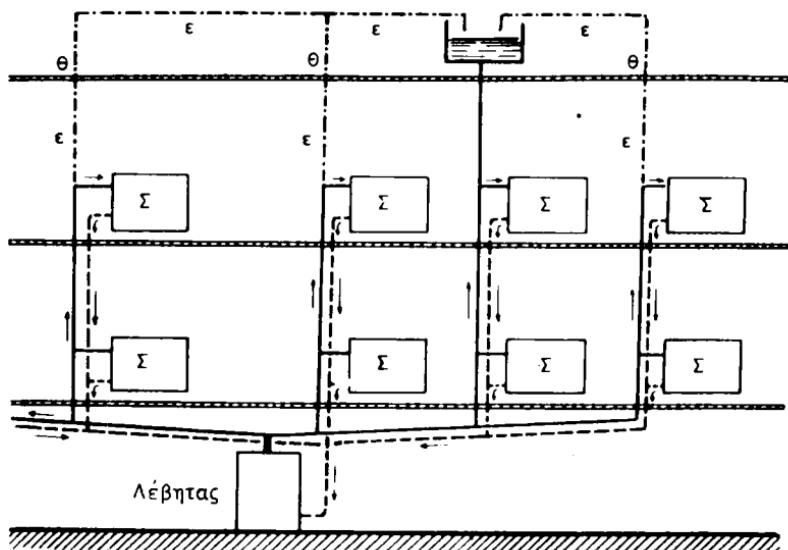
β) Σύστημα μιας σωληνώσεως (σχ. 144.2β). Η γενική διάταξή του είναι όμοια με το σύστημα δύο σωληνώσεων, με τη διαφορά ότι εδώ το νερό βγαίνει από το κατώτερο μέρος κάθε σώματος Σ με τον ίδιο σωλήνα, με τον οποίο και εισέρχεται στο σώμα.



Σχ. 144.2β.

γ) Σύστημα με διανομή του ζεστού νερού από τα κάτω προς τα πάνω. Στο σύστημα αυτό (σχ. 144.2γ) η διανομή του ζεστού νερού από το λέβητα προς τα θερμαντικά σώματα Σ γίνεται με διακλαδώσεις, οι οποίες αναχωρούν από κάτω, δηλαδή αμέσως μετά το λέβητα. Από καθεμιά από τις διακλαδώσεις το ζεστό νερό ανεβαίνει σε ορισμένα σώματα. Το κρύο νερό βγαίνει από το σωλήνα επιστροφής, ο οποίος και καταλήγει πάλι στο λέβητα. Η δεξαμενή διαστολής βρίσκεται ψηλά, στην προέκταση μιας από τις διακλαδώσεις από τις οποίες ανεβαίνει το ζεστό νερό. Για να γίνεται ο εξαερισμός του δικτύου, οι διακλαδώσεις, από τις οποίες επιστρέφει το νερό, που έχει ψυχθεί, πρέπει να έχουν μικρή κλίση. Το υψηλότερο σημείο κάθε διακλαδώσεως, από την οποία ανεβαίνει το ζεστό νερό, ενώνεται με τη δεξαμενή διαστολής με ένα μικρό σωλήνα ϵ . Από αυτόν εισέρχεται ο αέρας.

Σε ορισμένα συστήματα αυτής της κατηγορίας οι μικροί σωλήνες ϵ διαφυγής του αέρα βρίσκονται μέσα στους χώρους

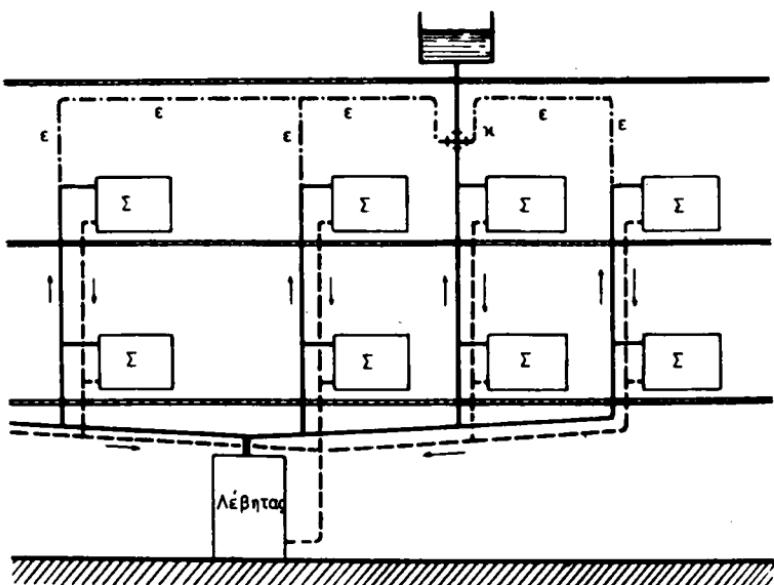


Σχ. 144.2γ.

του τελευταίου ορόφου του κτιρίου και κάμπτονται λίγο προς τα κάτω, για να φθάσουν στη δεξαμενή διαστολής.

Όταν όμως οι χώροι στον όροφο αυτό (θέσεις θ) δεν θερμαίνονται, υπάρχει κίνδυνος να ψυχθούν πολύ ή και να παγώσουν οι διακλαδώσεις, μέσα από τις οποίες ανεβαίνει το ζεστό νερό. Για το λόγο αυτό σε πολλές περιπτώσεις οι μικροί σωλήνες διαφυγής του αέρα τοποθετούνται στον υψηλότερο από τους ορόφους, που έχουν θερμανθεί (σχ. 144.2δ). Στην περιπτωση αυτή, αν δεν υπήρχε η καμπύλη Κ του σχήματος, υπήρχε πιθανότητα να γεμίσει με νερό η σωλήνωση ε διαφυγής του αέρα. Τότε ορισμένες ποσότητες αέρα δεν θα μπορούσαν να βγουν έξω και θα σχημάτιζαν θύλακα αέρα μέσα στη σωλήνωση. Στην καμπύλη Κ δηλαδή σχηματίζεται ο θύλακας του αέρα, που εμποδίζει την κυκλοφορία του ύδατος, πράγμα άλλωστε που επιθυμούμε για τη σωλήνωση ε.

Η πείρα έχει δείξει ότι στο σύστημα δύο σωληνώσεων η κυκλοφορία του νερού είναι ταχύτερη και η απόδοση θερμάνσεως υψηλότερη, εκτός του ότι είναι απλούστερο στη διάταξη των σωληνώσεων. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιείται περισσότερο.



Σχ. 144.26.

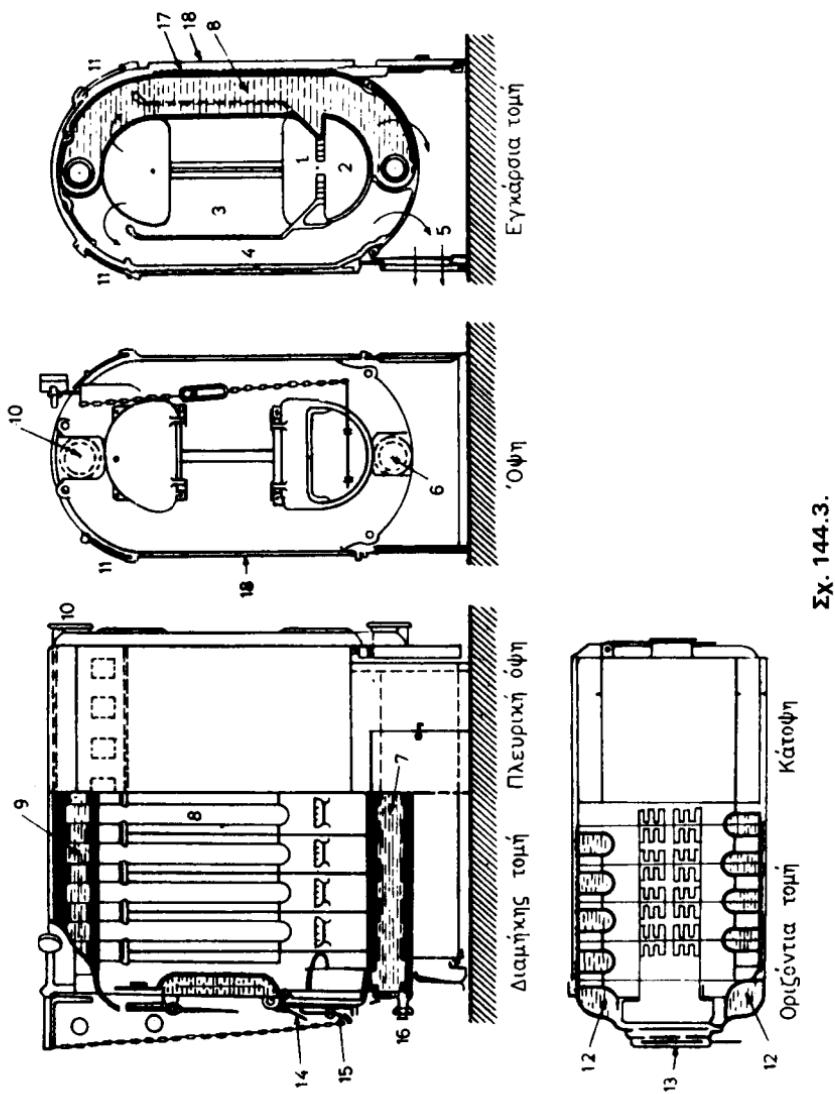
144.3 Ο λέβητας.

Ο συνηθέστερος τύπος λέβητα παριστάνεται στο σχήμα 144.3 σε διάφορες όψεις και τομές. Αποτελείται από 5 έως 8 στοιχεία (φέτες) ή και περισσότερα ανάλογα με την ικανότητά του, που είναι συνάρτηση της συνολικής **θερμανόμενης επφάνσης** του.

Κάθε στοιχείο (φέτα) είναι περιμετρικά κοίλο, σαν να ήταν σωλήνας ελλειπτικής τομής περιτυλιγμένος και ενωμένος στα άκρα του, όπως παριστάνεται στην εγκάρσια τομή του σχήματος 144.3.

Εσωτερικά ο λέβητας έχει μικρή σχάρα (1). Κάτω από αυτήν βρίσκεται η τεφροδόχη (2). Η θύρα της τεφροδόχης χρησιμεύει και ως **αεροσύρτης** (ντάμπερ), με τον οποίο ρυθμίζεται η είσοδος του αέρα και η ένταση καύσεως. Τα στοιχεία σχηματίζουν εσωτερικά την εστία (3), τους **αγωγούς καπναερίων** (4) και κάτω από αυτούς το **συλλέκτη καπναερίων**, ο οποίος συγκοινώνει με την καπνοδόχο.

Το κρύο νερό της επιστροφής από τα θερμαντικά σώματα μπαίνει στο λέβητα από την εισαγωγή νερού (6) και διανέμεται



αριστερά και δεξιά στους οριζόντιους οχετούς (7), που σχηματίζουν τα στοιχεία στα κάτω άκρα τους.

Το νερό θερμαίνεται και ανεβαίνει στους όρθιους οχετούς (8), που έχουν από τις δυό πλευρές τους τα στοιχεία. Ετσι απορροφά ευκολότερα τη θερμότητα των καπναερίων, που κυκλοφορούν στο εξωτερικό των οχετών και αντίθετα με το νερό, δηλαδή προς τα κάτω.

Το ζεστό νερό στη συνέχεια ανεβαίνει στους άνω οριζόντιους οχετούς (9) και τέλος με την εξαγωγή (10) ανέρχεται προς τα θερμαντικά σώματα. Η εξαγωγή (10) μπορεί να βρίσκεται είτε στο εμπρός είτε στο πίσω μέρος του λέβητα. Εξω από τα στοιχεία, στο πάνω μέρος, βρίσκονται οι **θυρίδες εκκαπνισμού** (11) των αγωγών των καπναερίων (4). Ο εκκαπνισμός μερικές φορές γίνεται και κατά τη λειτουργία του λέβητα.

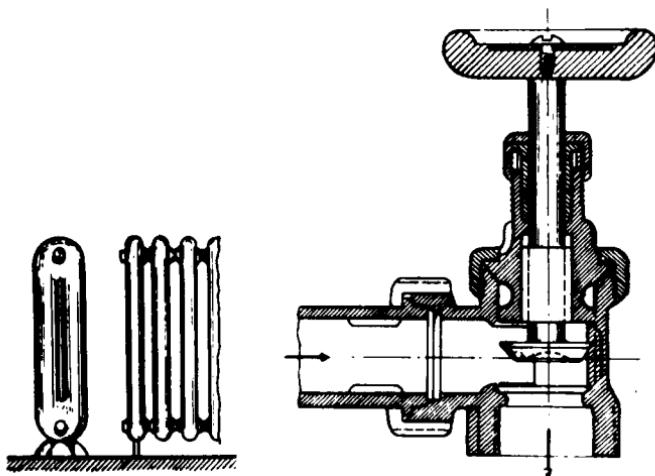
Οι ακραίοι οχετοί νερού (12) είναι διαφορετικοί από τους οχετούς των στοιχείων. Μεταξύ τους σχηματίζεται η **θύρα της εστίας** (13), και κάτω από αυτήν η **θύρα της τεφροδόχης** (14), η οποία είναι εφοδιασμένη με κατάλληλη δικλείδα (15) για τη ρύθμιση της ποσότητας του καυσιγόνου αέρα, που θα μπει κάτω από τη σχάρα. Στο κάτω μέρος του λέβητα υπάρχει ο **κρουνός εξαγωγής** του νερού (16).

Τα στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους με κωνικές προεξοχές και αντίστοιχες οπές και συσφίγγονται μεταξύ τους ισχυρά, ώστε ο λέβητας να είναι στεγανός. Ο λέβητας δεν είναι πλινθόκτιστος, εξωτερικά μόνο φέρει **επένδυση από δυσθερμαγγό υλικό** (17), από αμιάντο συνήθως, για τον περιορισμό των απωλειών. Η επένδυση περιβάλλεται από προστατευτικό κάλυμμα (18) από λεπτό μαύρο έλασμα.

Αν ο λέβητας αντί για γαιάνθρακα καίει πετρέλαιο, τότε αντί για σχάρα και θύρες εστίας και τεφροδόχη εφοδιάζεται με **καυστήρα** πετρελαίου, ο οποίος παρέχεται σε ενιαίο συγκρότημα μαζί με την **αντλία** πετρελαίου και τον **ανεμιστήρα**, που κινούνται και τα δύο μαζί από κοινό μικρό ηλεκτροκινητήρα. Στην περίπτωση αυτή το άναμμα του πετρελαίου γίνεται με ηλεκτρικό σπινθήρα, ο οποίος παράγεται με τη βοήθεια μετασχηματιστή, που παρέχει ρεύμα υψηλής τάσεως 10000 V περίπου.

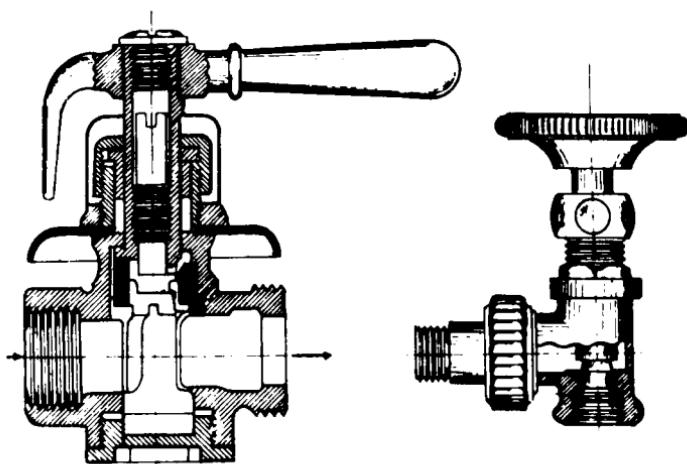
144.4 Τα σώματα και η ρύθμιση της θερμοκρασίας.

Το σχήμα 114.4a παριστάνει έναν από τους πιο συνηθισμένους τύπους σωμάτων. Αυτά είναι κατασκευασμένα από χυτο-



Σχ. 144.4α.

Σχ. 144.4β.



Σχ. 144.4γ.

σίδηρο ή σε δύο μισά τεμάχια από μορφοποιημένο έλασμα (πρεσαριστή λαμαρίνα), οπότε και συγκολλούνται περιμετρικά. Τα χυτά σώματα σχηματίζονται από πολλά στοιχεία, που ενώνονται μεταξύ τους με **κωνικά** και με ισχυρή σύσφιγξη.

Ο διακόπτης, από τον οποίο μπαίνει το ζεστό νερό μέσα στο σώμα, άλλοτε είναι βαλβίδα (σχ. 144.4β) και άλλοτε ημικυλινδρικός περιστρεφόμενος κρουνός (σχ. 144.4γ).

Και με τους δύο τύπους είναι δυνατή η ρύθμιση της παροχής

του νερού προς το σώμα, ώστε να ρυθμίζεται ανάλογα η θερμοκρασία του χώρου που θέλομε να θερμάνομε.

144.5 Κεντρική θέρμανση με αντλία κυκλοφορίας νερού.

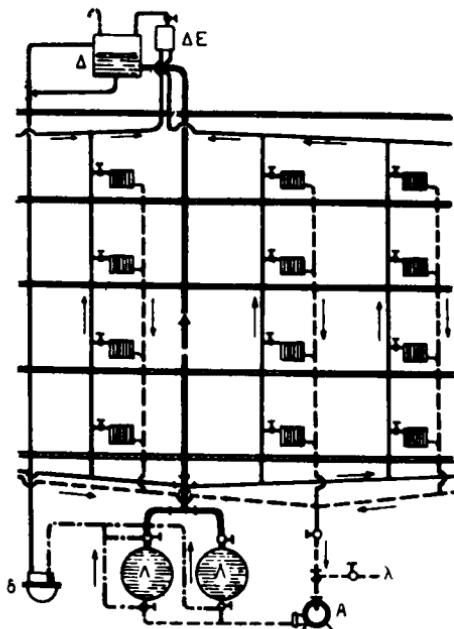
Η εγκατάσταση αυτή γίνεται σε μεγάλα κτίρια με πολλά σώματα. Το νερό κυκλοφορεί με τη βοήθεια αντλίας κυκλοφορίας του νερού, που ονομάζεται **κυκλοφορητής**.

Ο κυκλοφορητής αναρροφά το νερό από τις επιστροφές των σωμάτων και το στέλνει στο λέβητα. Μπορεί επίσης ο κυκλοφορητής να αναρροφά και από το λέβητα και να στέλνει το νερό προς τα σώματα. Στην περίπτωση όμως αυτή υπάρχει φόβος να ατμοποιηθεί το νερό του λέβητα.

Στο σχήμα 144.5 παριστάνεται εγκατάσταση κεντρικής θερμάνσεως με κυκλοφορητή για μεγάλη οικοδομή με 4 ορόφους.

Αποτελείται από δύο λέβητες Λ και αντλία Α.

Σε εγκατάσταση αυτού του είδους χρειάζεται μεγάλη προσοχή στον εξαερισμό των σωληνώσεων και αυτό, γιατί το ζεστό νερό κυκλοφορεί με ταχύτητα και ο αέρας αποχωρίζεται



Σχ. 144.5.

δύσκολα από αυτό. Για το λόγο αυτό στο υψηλότερο σημείο της εγκαταστάσεως βρίσκεται η δεξαμενή εξαερισμού του νερού ΔΕ. Η ταχύτητα του νερού, όταν φθάσει εκεί, είναι σχεδόν μηδενική και κατ' αυτό τον τρόπο ο αέρας αποχωρίζεται εύκολα. Η δεξαμενή Δ είναι η δεξαμενή διαστολής, που υπερ-εκχειλίζει στη μικρή δεξαμενή δ. Η συμπλήρωση του κυκλώματος με νερό γίνεται από τη λήψη λ.

Το παραπάνω σύστημα χαρακτηρίζεται ως σύστημα **τεχνητής βεβιασμένης κυκλοφορίας**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 145

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΤΜΟ

145.1 Εισαγωγή.

Η κεντρική θέρμανση με ατμό είναι όμοια με αυτή με ζεστό νερό με τη διαφορά ότι, στο εσωτερικό των θερμαντικών σωμάτων, αντί για νερό κυκλοφορεί ατμός χαμηλής ή και υψηλής πιέσεως.

Εγκαταστάσεις κεντρικής θερμάνσεως με ατμό χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγάλες οικοδομές, εργοστάσια ή πλοια, όπου διατίθεται συνήθως ατμός, ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως για άλλες βασικές χρήσεις. Πάντως ο ατμός που χρησιμοποιείται σε παρόμοιες περιπτώσεις λαμβάνεται μέσω μειωτήρα με ελαττωμένη πίεση.

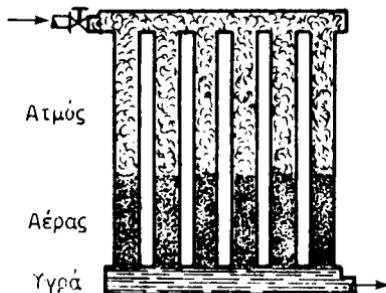
145.2 Τα θερμαντικά σώματα και η ρύθμιση της θερμάνσεως.

Τα θερμαντικά σώματα της κεντρικής θερμάνσεως με ατμό χαμηλής πιέσεως είναι κατασκευής παρόμοιας με του ζεστού νερού. Μέσα σ' αυτά κυκλοφορεί ο ατμός, που ως ελαφρότερος συγκεντρώνεται προς τα πάνω, ενώ ο αέρας που τυχόν υπάρχει μέσα στο δίκτυο μετατοπίζεται προς τα κάτω. Γι' αυτό και στην περίπτωση αυτή ο εξαερισμός των σωμάτων πρέπει να είναι πλήρης.

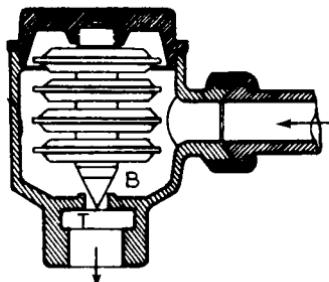
Κανονικά ο ατμός πρέπει να έχει πίεση λίγο μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.

Ο εξαερισμός του σώματος γίνεται από το γενικό σωλήνα εξαγωγής υγρών, τα οποία και συγκεντρώνονται κάτω από τον αέρα που βρίσκεται μέσα στο σώμα.

Στο σχήμα 145.2α παρίσταται σώμα, στο οποίο διακρίνεται η διάταξη του ατμού, του αέρα και των υγρών μέσα σ' αυτό. Οσο η πίεση του ατμού μεγαλώνει, τόσο περισσότερο κατεβαί-



Σχ. 145.2α.



Σχ. 145.2β.

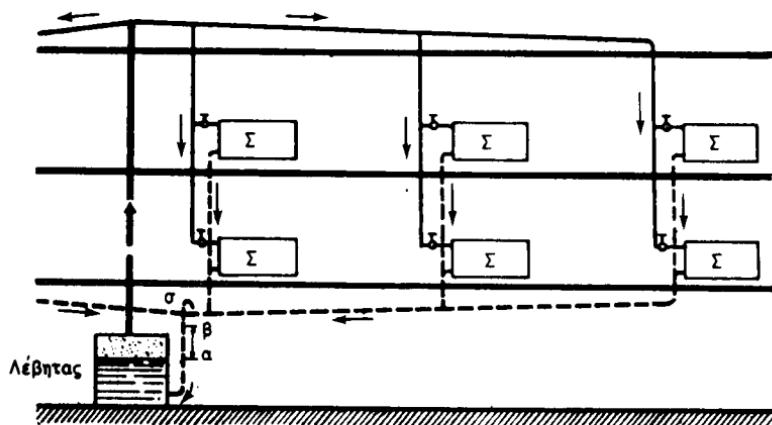
νει η διαχωριστική γραμμή μεταξύ ατμού και αέρα και τόσο περισσότερο θερμαίνεται το σώμα. Έτσι, ρυθμίζοντας το άνοιγμα του διακόπτη εισαγωγής ατμού στο σώμα, επιτυγχάνομε και την επιθυμητή θέρμανση του αντίστοιχου χώρου.

Σε εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ατμό υψηλής πιέσεως, ο αέρας εξάγεται ευκόλοτερα. Στην εισαγωγή του σώματος υπάρχει ατμοπαγίδα (σχ. 145.2β) που έχει σκοπό να επιτρέπει να βγαίνουν από το σώμα μόνο υγρά και όχι ατμός. Μέσα στην παγίδα υπάρχει πτερυγωτός ασκός μεταβλητού μήκους, ο οποίος κοινώς ονομάζεται **φυσαρμόνικα** ή **τράπουλα**. Όταν μέσα στο σώμα υπάρχουν πολλά υγρά, τα οποία είναι ψυχρότερα από τον ατμό, τότε η φυσαρμόνικα συστέλλεται, η βελόνα Β ανοίγει την οπή Τ και έτσι βγαίνουν τα υγρά. Όταν βγούν τα υγρά και αρχίσει να έρχεται ατμός, η φυσαρμόνικα διαστέλλεται, η βελόνα Β κλείνει την οπή Τ και δεν επιτρέπει την έξοδο του ατμού.

Υπάρχουν και άλλων ειδών παγίδες, όπως π.χ. αυτές που εργάζονται με τη βοήθεια πλωτήρα. Ανάλογα με τη στάθμη των υγρών μέσα στο κιβώτιο της παγίδας ο πλωτήρας της ανέρχεται ή κατέρχεται, ώστε η βελόνα της, που κινείται από τον πλωτήρα, να ανοίγει ή να κλείνει αντίστοιχα, για να επιτρέπει την έξοδο των υγρών μόνο.

145.3 Η εγκατάσταση της κεντρικής θερμάνσεως με ατμό.

Στο σχήμα 145.3 παριστάνεται εγκατάσταση που λειτουργεί με ατμό χαμηλής πιέσεως. Διακρίνονται τα σώματα Σ και οι σωλήνες παροχής του ατμού και επιστροφής των υγρών. Ο εξαερισμός του δικτύου γίνεται από τον καμπυλομένο σωλήνα σ, ο



Σχ. 145.3.

οποίος βρίσκεται στο γενικό συλλέκτη υγρών μπροστά από το λέβητα. Στο σωλήνα αυτό η στάθμη του νερού διατηρείται στο ύψος β, δηλαδή υψηλότερα από τη στάθμη του νερού μέσα στο λέβητα, που βρίσκεται στο σημείο α. Η στήλη αβ παριστάνει και την πίεση του λέβητα.

Σε εγκαταστάσεις ατμού υψηλής πιέσεως ο ατμός οδηγείται πάντα στο υψηλότερο σημείο και από αυτό διανέμεται στα θερμαντικά σώματα. Χρησιμοποιείται ατμός $1,5\text{-}3 \text{ kg/cm}^2$. Με αυτές επιτυγχάνονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες θερμάνσεως, οι οποίες δύνανται να φτάσουν την υγεία των ανθρώπων. Γι' αυτό εγκαταστάσεις αυτού του είδους δεν χρησιμοποιούνται σε οικίες ή εργοστάσια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 146

ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ή ΑΤΜΟ

146.1 Όργανα παρακολουθήσεως και ελέγχου της λειτουργίας.

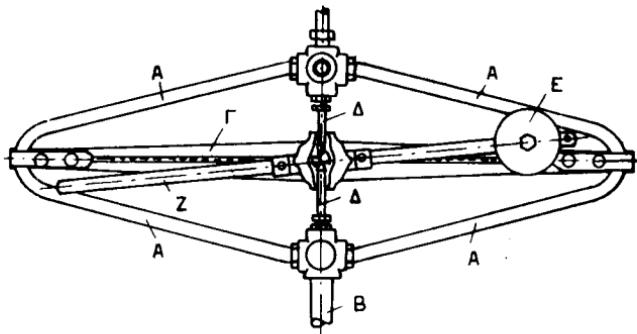
α) Θερμόμετρα. Τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις για την ένδειξη της θερμοκρασίας του νερού.

β) Μανόμετρα. Κάθε λέβητας εφοδιάζεται με πολύ ευαίσθητο μανόμετρο, που επιτρέπει να διαπιστώνεται η πίεση του ατμού με προσέγγιση $1/100$ της ατμοσφαίρας. Η πίεση λειτουργίας σημειώνεται στο μανόμετρο με κόκκινη χαρακτηριστική γραμμή.

γ) Υδροδείκτης. Ο υδροδείκτης χρησιμεύει για την ένδειξη της στάθμης στο λέβητα και πρέπει να είναι τοποθετημένος στο εμπρός του μέρος και σε εμφανή θέση. Οι υδροδείκτες τοποθετούνται σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν με ατμό.

146.2 Ρυθμιστές καύσεως και όργανα αυτοματισμού γαιανθρακολεβήτων κεντρικής θερμάνσεως

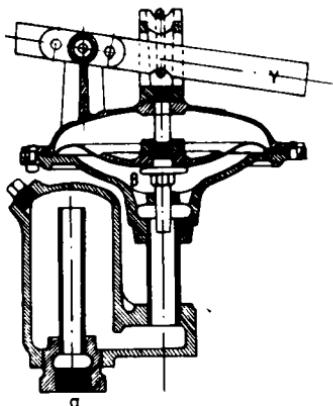
α) Ρυθμιστής της καύσεως σε εγκαταστάσεις με ζεστό νερό. Οι λέβητες που παράγουν ζεστό νερό, εφοδιάζονται με ένα ρυθμιστή, όπως αυτός που παριστάνει το σχήμα 146.2α.



Σχ. 146.2α.

Αποτελείται από σύστημα χαλυβδίνων σωλήνων Α, οι οποίοι διαρρέονται από νερό που έρχεται με το σωλήνα Β από το λέβητα. Η ράβδος Γ αντιτίθεται στην πλευρική διαστολή του συστήματος. Οταν η θερμοκρασία του νερού υψωθεί πέρα από την καθορισμένη, όλο το σύστημα διαστέλλεται κατά την κατάκρυψη έννοια. Η διαστολή επιδρά στα βάκτρα Δ, τα οποία είναι προσαρμοσμένα σε έκκεντρο. Το αντίβαρο Ε ενεργεί τότε στο άκρο του μοχλού Ζ και κλείνει με τη βοήθεια αλυσίδας την παροχή του αέρα στην εστία. Το αντίθετο συμβαίνει όταν πέσει η θερμοκρασία του νερού. Η συσκευή τοποθετείται έτσι, ώστε ο θερμαστής να μπορεί εύκολα να μεταβάλλει το μήκος της αλυσίδας. Εκτός από τον παραπάνω υπάρχουν και άλλοι τύποι διαφορετικοί.

β) Ρυθμιστής καύσεως σε εγκαυταστάσεις με ατμό. Ο ατμός μπαίνει στο ρυθμιστή (σχ. 146.2β) από το α και ενεργεί πάνω στη μεμβράνη β. Η μεμβράνη β ενεργεί επάνω στο μοχλό γ, ο οποίος κινείται ανάλογα και αυξάνει ή ελαττώνει το άνοιγμα της παροχής του αέρα στην εστία με τη βοήθεια αλυσίδας. Μεταξύ α και β βρίσκεται νερό, που χρησιμεύει για τη μετάδοση της πιέσεως στη μεμβράνη και την καλύτερη συντήρησή της.



Σχ. 146.2β.

146.3 Ρυθμιστές καύσεως πετρελαιολεβήτων κεντρικής θερμάνσεως.

Σε κεντρικές θερμάνσεις, που λειτουργούν με πετρέλαιο, χρησιμοποιούμε καυστήρα πετρελαίου μαζούτ ή ντίζελ. Η λει-

τουργία των καυστήρων αυτών μπορεί να είναι μη αυτόματη, η-μιαυτόματη ή αυτόματη.

Στη **μη αυτόματη** λειτουργία η αφή του καυστήρα γίνεται από το θερμαστή με εξωτερική φλόγα, ενώ η μεταβολή της εντάσεως της φλόγας με τη μετακίνηση χειρολαβής, που με κατάλληλο συνδυασμό μοχλών ενέργει ταυτόχρονα στην καταθλιβόμενη ποσότητα του πετρελαίου και του εισερχόμενου αέρα. Ο καυστήρας είναι εφοδιασμένος με αντλία και ανεμιστήρα και τίθεται σε κίνηση με ηλεκτρικό διακόπτη.

Στην **μιαυτόματη** λειτουργία η αφή του πετρελαίου γίνεται με εξωτερική φλόγα και η μεταβολή της εντάσεως της καύσεως αυτομάτως, με τη βοήθεια των συσκευών αυτοματισμού που περιγράφονται παρακάτω.

Στην αυτόματη τέλος λειτουργία και η αφή του καυστήρα και η μεταβολή της εντάσεως της καύσεως γίνεται αυτομάτως.

146.4 Χρησιμοποιούμενες συσκευές αυτοματισμού.

α) Θερμοστάτης. Είναι θερμοηλεκτρική συσκευή που χρησιμοποιείται στο αυτόματο σύστημα. Ρυθμίζεται με το χέρι στη μεγαλύτερη επιθυμητή θερμοκρασία και με ανοχή $1,5\text{--}2^{\circ}\text{ C}$ σταματά ή θέτει σε λειτουργία τον καυστήρα, διατηρώντας έτσι την ένταση της καύσεως μέσα στα επιθυμητά όρια.

β) Πυροστάτης. Είναι θερμοηλεκτρική συσκευή που τοποθετείται στην καπνοδόχο και βρίσκεται σε επαφή με τα καυσαέρια. Χρησιμοποιείται μόνο στο αυτόματο σύστημα, για το αυτόματο άναμμα και σβήσιμο του καυστήρα και εξασφαλίζει με τη βοήθεια πηνίων την κράτηση του καυστήρα, ώστε να προλαμβάνεται η έκρηξη, σε τυχόν σβήσιμο της φλόγας.

γ) Πιεζοστάτης. Είναι θερμοηλεκτρική συσκευή και χρησιμοποιείται μόνο στο αυτόματο σύστημα πετρελαίου μαζούτ. Χρησιμεύει για την προοδευτική αυξομείωση της φλόγας και την ομαλή αφή (άναμμα) του πετρελαίου μαζούτ.

δ) Αυτόματος διακόπτης χαρτής στάθμης νερού. Αποτελείται από πλωτήρα, που «ανεβοκατεβαίνει» μέσα σε κιβώτιο, το οποίο συγκοινωνεί επάνω με τον ατμοθάλαμο και κάτω με τον υδροθάλαμο του λέβητα. Έτσι ο πλωτήρας παρακολουθεί τη μεταβολή της στάθμης. Η κίνηση του πλωτήρα μεταφέρεται ηλεκτρικά στον καυστήρα, τον οποίο σταματά όταν η στάθμη κατεβεί στο κατώτατο ρυθμισμένο όριο ασφάλειας. Όταν πάλι η

στάθμη ανεβεί, ο πλωτήρας βάζει ξανά σε λειτουργία τον καυστήρα.

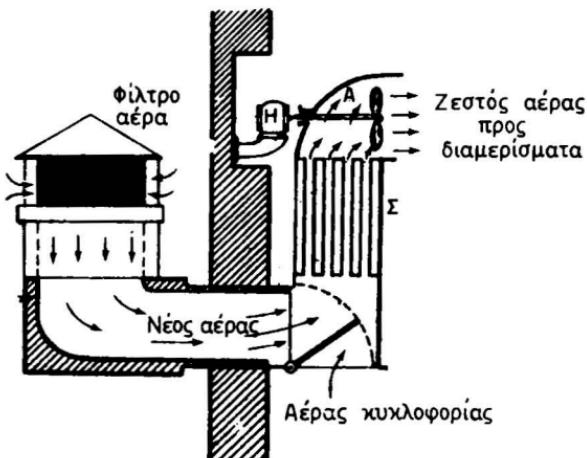
Όλες οι προηγούμενες συσκευές, που είναι οι βασικότερες για τη λειτουργία του λέβητα κεντρικής θερμάνσεως, συνδέονται σε ενιαίο ηλεκτρικό κύκλωμα και με κατάλληλα πηνία εξασφαλίζονται την λειτουργία της εγκαταστάσεως. Στο ίδιο κύκλωμα παρεμβάλλεται και ο κυκλοφορητής ή αντλία κυκλοφορίας του ύδατος, εφόσον χρησιμοποιείται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 147

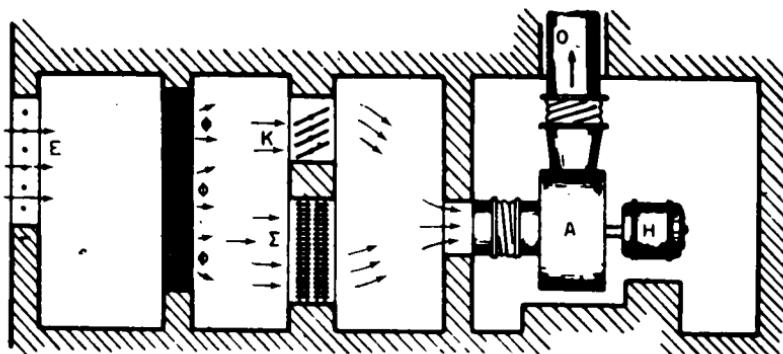
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΖΕΣΤΟ ΑΕΡΑ

Στο σύστημα αυτό υπάρχει κατ' αρχήν ο λέβητας παραγωγής ζεστού νερού ή ατμού. Το ζεστό νερό ή ο ατμός θερμαίνουν τον αέρα, που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και κυκλοφορεί στους χώρους που πρόκειται να θέρμανθούν με τη βοήθεια ηλεκτροκίνητου ανεμιστήρα. Ο αέρας, που καταθλίβει ο ανεμιστήρας, μπορεί να κυκλοφορεί είτε σε **κλειστό κύκλωμα**, δηλαδή να είναι μονίμως ο ίδιος, είτε σε **ανοικτό**, οπότε ανανεώνεται συνεχώς.

Το σχήμα 147.α παριστάνει σε τομή τον τρόπο εισαγωγής του αέρα θερμάνσεως. Αυτός αναρροφάται από τον ανεμιστήρα Α, ο οποίος περιστρέφεται από τον ηλεκτροκινητήρα Η. Στη συνέχεια περνάει πρώτα από το φίλτρο και μετά από τον εναλλακτήρα θερμότητας ή σώμα Σ, όπου και θερμαίνεται. Μετά το σώμα Σ, θερμός πλέον, οδεύει διαμέσου καταλλήλων οχετών προς τα διαμερίσματα που πρόκειται να θερμάνει. Ανάλογα με



Σχ. 147.α.



Σχ. 147.β.

τη θέση τοποθετήσεώς του ο ανεμιστήρας ή αναρροφά όλο τον αέρα που υπάρχει στους χώρους, ή κυκλοφορεί συνεχώς τον ίδιο, ή τέλος αναρροφά και νέον αέρα, που τον κυκλοφορεί μαζί με τον παλαιό.

Το σχήμα 147.β παριστάνει σε κάτωφη εγκατάσταση παραγωγής ζεστού αέρα. Διακρίνονται οι **θυρίδες Ε εισαγωγής του αέρα**, που το άνοιγμά τους ρυθμίζεται εκάστοτε ανάλογα, τα **φίλτρα του αέρα Φ**, οι **δικλείδες** (κλαπέτα) **Κ**, των οποίων επίσης ρυθμίζεται το άνοιγμα, ώστε να αναμιγνύεται ανάλογη ποσότητα φυσικού αέρα με το ζεστό, ο οποίος προέρχεται από τα θερμαντικά στοιχεία **Σ**, και να επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία. Τα **θερμαντικά στοιχεία Σ** θερμαίνονται με ζεστό νερό ή ατμό. Τέλος διακρίνεται ο ανεμιστήρας **Α** με τον ηλεκτροκινητήρα του **Η** και ο οχετός **Ο**, ο οποίος οδηγεί το ζεστό πλέον αέρα στις διακλαδώσεις των διαφόρων χώρων που πρόκειται να θερμανθούν.

Το σύστημα αυτό μπορεί ευχερώς να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή ψυχρού αέρα, με σκοπό τη διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας στα διαμερίσματα κατά το καλοκαίρι, αν αντί για ζεστό νερό ή ατμό μέσα στα σώματα **Σ** κυκλοφορήσομε ψυκτική άλμη αντίστοιχα.

ΜΕΡΟΣ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 148

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο τελευταίο αυτό μέρος του βιβλίου θα αναπτυχθούν με συντομία τα σχετικά με τις εγκαταστάσεις, μηχανήματα και εξαρτήματα, που καθιστούν ένα πλοίο ικανό να εκπληρώσει με επιτυχία τον προορισμό του.

Είναι γεγονός ότι το αντικείμενο του μέρους αυτού δεν περιλαμβάνεται μέσα στο πλαίσιο της περιγραφής των «Κινητηρίων Μηχανών», πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ότι, ένα πλοίο περιλαμβάνει στο εσωτερικό του ένα πλήρες εργοστάσιο, το οποίο χρησιμοποιείται βασικά για την παραγωγή μηχανικού έργου, με σκοπό την επίτευξη της προώσεώς του στο νερό. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι εντός των πλοίων εγκαταστάσεις παρουσιάζουν το ίδιο σχεδόν ενδιαφέρον, όπως και οι εγκαταστάσεις των βιομηχανιών ξηράς.

Τα σύγχρονα πετρελαιοφόρα π.χ. μικρού μεγέθους (50 έως 80 χιλιάδων τόννων μεταφορικής ικανότητας) χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον μηχανές Diesel 25-30 χιλιάδων ιππων, που σπάνια απαντώνται στην ξηρά. Ένα πολεμικό πλοίο μεσαίου μεγέθους, ένα καταδρομικό π.χ., διαθέτει ιπποδύναμη προώσεως 100-120 χιλιάδων ιππων, ικανή δηλαδή να ηλεκτροφωτίσει άνετα πόλη 500 έως 600 χιλιάδων κατοίκων. Σήμερα εξάλλου κατασκευάζονται θωρηκτά 50000 τόννων και αεροπλανοφόρα 70 000 τόννων, δηλαδή πολύ μεγαλύτερου εκτοπίσματος από ένα καταδρομικό και αντίστοιχα πετρελαιοφόρα μεταφορικής ικανότητας μέχρι 200 000 τόννων, ενώ βρίσκονται υπό κατασκευή πετρελαιοφόρα «μαμμούθ» των 500 000 τόννων, και σχεδιάζεται η κατασκευή πετρελαιοφόρων «δεινοσαύρων» μεταφορικής ικανότητας 1 000 000 τόννων.

Οι τεχνικοί των βιόμηχανιών ξηράς δεν θα κληθούν προφανώς να κινήσουν ένα πλοίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του. Αυτό είναι έργο των μηχανικών των πλοίων. Αναμφισβήτητα όμως θα κληθούν να προσφέρουν τις τεχνικές τους γνώσεις απασχολούμενοι σε κατασκευαστικές βιομηχανίες πλοίων, δηλαδή σε ναυπηγεία, ή σε επισκευαστικές, όπως είναι οι ναύσταθμοι και τα εργοστάσια επισκευών και δεξαμενισμού πλοίων στα κυριότερα λιμάνια, και σε πάρα πολλές περιπτώσεις να εκτελέσουν τις επισκευές μέσα στο πλοίο. Ας μη λησμονούμε στην προκειμένη περίπτωση ότι η κατασκευαστική και η επισκευαστική βιομηχανία πλοίων βρίσκεται στη χώρα μας σε ανοδική εξέλιξη, και πέρα από αυτά ότι η Εμπορική Ναυτιλία μας αποτελεί κεφαλαιώδη παράγοντα της Εθνικής μας Οικονομίας και της τεχνικής δραστηριότητας του τόπου μας.

Για τους λόγους αυτούς κρίθηκε σκόπιμο να περιληφθεί και το 11ο αυτό μέρος, όπου θα εξετασθούν σε συντομία και σε γενικές γραμμές, οι κυριότερες από τις ειδικές εγκαταστάσεις και βοηθητικές κινητήριες μηχανές ή, όπως αλλιώς λέγονται, βοηθητικά μηχανήματα του πλοίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 149

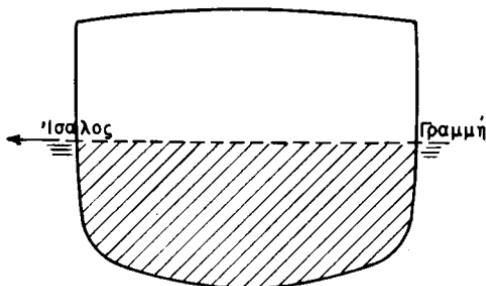
Η ΠΡΟΩΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ ΤΗΣ

149.1 Γενικά για την πρόωση.

Με τον όρο πρόωση εννοούμε την προχώρηση του πλοίου μέσα στο νερό με τα δικά του μέσα.

Για να κινηθεί ένα πλοίο μέσα στο νερό πρέπει να υπερνικήσει μίαν αντίσταση, η οποία και λέγεται **«αντίσταση προώσεως»**. Αυτή εξαρτάται κυρίως από τη μέγιστη εγκάρσια τομή του πλοίου κάτω από την ίσαλο γραμμή (σχ. 149.1α) και από την ταχύτητα, με την οποία αυτό κινείται. Η αντίσταση αυτή στην πρόωση, αν πολλαπλασιασθεί επί την ταχύτητα του πλοίου, μας δίνει τη λεγόμενη **ισχύ ή ιπποδύναμη προώσεως**, η οποία πρέπει να χορηγηθεί στο σκάφος, ώστε να κινηθεί αυτό με την ταχύτητα αυτή.

Την ιπποδύναμη προώσεως, σε μεγαλύτερη τιμή μάλιστα λόγω των απωλειών, οι οποίες παρεμβάλλονται στο μεταξύ, την παρέχει η **κνητήρια ή πρωστήρια μηχανή**. Αυτή στρέφει την **έλικο**, από την οποία και με τη βοήθεια του ελικοφόρου άξονα επανέρχεται η ιπποδύναμη στο σκάφος, που έτσι υπερνικά την αντίσταση μέσα στο νερό και κινείται μέσα σε αυτό.



Σχ. 149.1α.

Τα μέσα, που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η πρόωση, είναι:

α) Η κινητήρια μηχανή, η οποία παρέχει το έργο της με περιστροφή του κινητήριου άξονά της. Αυτή μπορεί να είναι παλινδρομική ατμομηχανή, ατμοστρόβιλος, ΜΕΚ ή αεριοστρόβιλος.

β) Η ενδιάμεση άτρακτος, η οποία συνδέει την κινητήρια άτρακτο της μηχανής με την ελικοφόρο και μεταφέρει σε αυτήν τη ροπή στρέψεως.

γ) Η ελικοφόρος άτρακτος, που συνδέεται μέσα στο σκάφος με την ενδιάμεση, διαπερνά την πρύμνη του σκάφου και εξέρχεται στο νερό. Στο άκρο της προσαρμόζεται η έλικα του πλοίου, πάνω στον οποίο και μεταφέρεται τελικά το έργο της κινητήριας μηχανής.

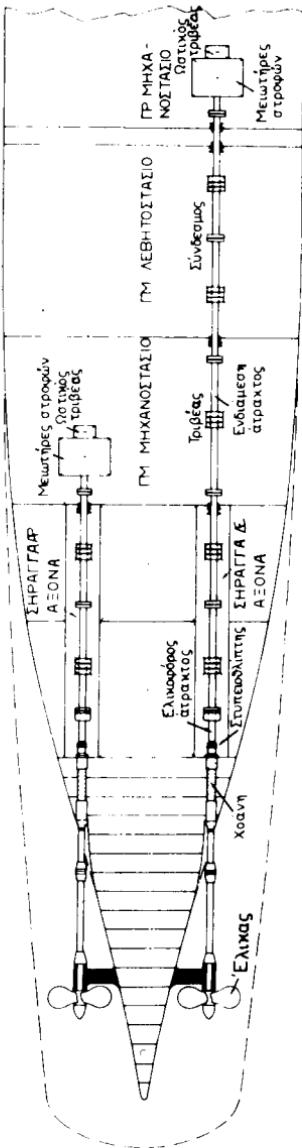
δ) Η έλικα, η οποία στρέφεται μέσα στο νερό ως κοχλίας μέσα στο περικόχλιό της (τη θέση του περικοχλίου έχει το νερό). Κατά την περιστροφή της προχωρεί μέσα στο νερό και μαζί με αυτήν προχωρεί και το πλοίο, γιατί η αξονική πλέον ώθηση της έλικας μέσω της ελικοφόρου και της ενδιάμεσης ατράκτου μεταδίδεται σε συσκευή, που ονομάζεται **ωστικός τριβέας**.

ε) Ο ωστικός τριβέας. Αυτός ακριβώς χρησιμεύει, για να παραλαμβάνει την ώθηση της έλικας και να την μεταφέρει στο σκάφος, το οποίο έτσι κινείται. Το ειδικής κατασκευής κουμπί του περιστρέφεται μαζί με την ενδιάμεση άτρακτο ή ιδιαίτερο τμήμα ατράκτου, που λέγεται **ωστική άτρακτος**, ενώ το πλαίσιό του προσαρμόζεται σταθερά πάνω στο σκάφος.

στ) Η χοάνη, η οποία είναι κατάλληλος τριβέας προσαρμοσμένος ακριβώς στο μέρος, όπου η ελικοφόρος άτρακτος διαπερνά το σκάφος.

Σ) Τα ακροπριμναία στηρίγματα, τα οποία είναι τριβείς ειδικής κατασκευής. Πάνω σ' αυτούς έχει την έδρα του ο ελικοφόρος άξονας κατά το άκρο του, που βρίσκεται εξωτερικά του σκάφους μέσα στη θάλασσα.

Η μετάδοση της όλης κινήσεως από τη μηχανή προς την έλικα γίνεται κατά δύο τρόπους: Ο ένας είναι η λεγομένη **απευθείας μετάδοση**, όπως περιγράφηκε και εφαρμόζεται σε παλινδρομικές μηχανές και βραδύστροφες ΜΕΚ. Κατά τη μετάδοση αυτή η έλικα περιστρέφεται με τον ίδιο αριθμό στροφών όπως και η μηχανή. Ο άλλος είναι η έμμεση **μετάδοση** με τη βοήθεια μειωτήρων ή υδραυλικού συνδέσμου ή ζεύγους ηλεκτρογεννήτριας-ηλεκτροκινητήρα, που έχει περιγραφεί στους



Σχ. 149.1β.

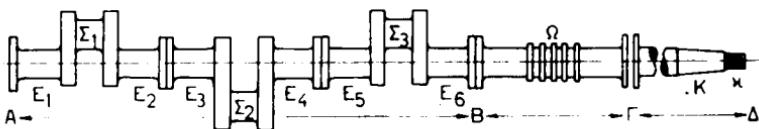
ατμοστρόβιλους. Η έμμεση μετάδοση εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με σύγχρονους ατμοστρόβιλους ή ταχύστροφες ΜΕΚ και αεριοστρόβιλους, και είναι αναγκαία για να υποβιβάζει την ταχύτητα περιστροφής της έλικας, **δεδομένου ότι η απόδοσή της αυξάνει, όσο μικρότερος είναι ο αριθμός στροφών πης ανά λεπτό.**

Το σχήμα 149.1β παριστάνει σε κάτοψη την όλη διάταξη προώσεως με έμμεση μετάδοση σε ένα ταχύπλοο διπλέλικο πολεμικό ατμοστροβιλοκίνητο πλοίο.

149.2 Ενδιάμεση, ωστική και ελικοφόρος άτρακτος.

Το σχήμα 149.2α παριστάνει τις παραπάνω ατράκτους για απευθείας μετάδοση.

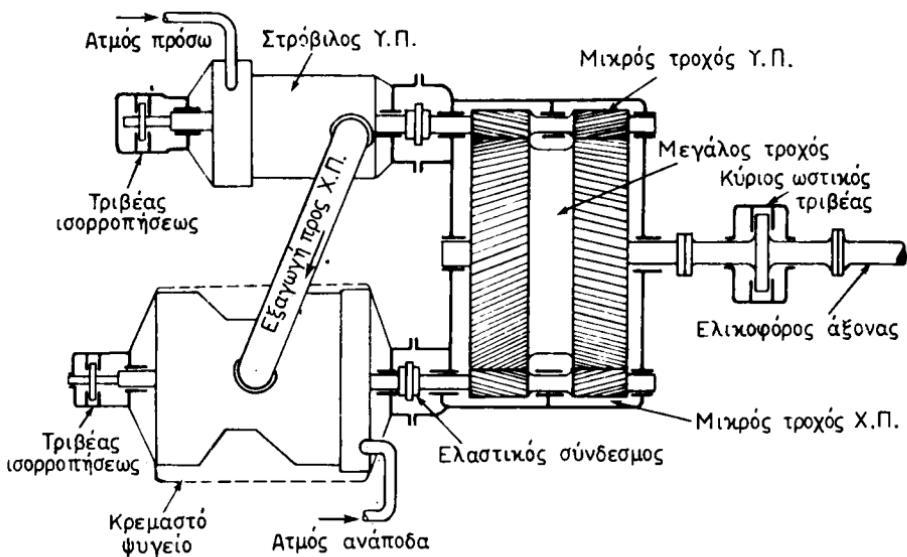
Σ' αυτό ΑΒ είναι η **στροφαλοφόρος άτρακτος** με τα κουμπιά των εδράνων $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6$, και τα κουμπιά των στροφάλων $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$, μιας παλινδρομικής ατμομηχανής, ΒΓ η **ενδιάμεση άτρακτος**, της οποίας το τμήμα που φέρει τους δακτυλίους του ωστικού τριβέα Ω λέγεται και **ωστική άτρακτος** και ΓΔ η **ελικοφόρος**, η οποία στο άκρο της καταλήγει σε κωνικό Κ, όπου προσαρμόζεται η έλικα, και σε κοχλία κ, όπου βιδώνεται το περικόχλιο συσφίγξεως της έλικας. Στο σημείο Γ μεταξύ ωστικής και ελικοφόρου μπορεί να παρεμβάλλονται και άλλα τμήματα της ενδιάμεσης ατράκτου, ανάλογα με το συνολικό μήκος από τον ωστικό τριβέα μέχρι την έλικα.



Σχ. 149.2α.

Το σχήμα 149.2β παριστάνει έμμεση μετάδοση σε μηχανοστάσιο στροβιλοκίνητου πλοίου με σύστημα μειωτήρων. Ανάλογη είναι και η διάταξη με υδραυλική ή ηλεκτρική μετάδοση.

Το σχήμα 149.2γ παριστάνει σε τέσσερις εικόνες τις φάσεις εξαρμόσεως του ελικοφόρου άξονα που προορίζεται για επιθεώρηση, όταν αφαιρείται από το εσωτερικό του σκάφους, χωρίς ανάγκη εξαρμόσεως του πηδαλίου.

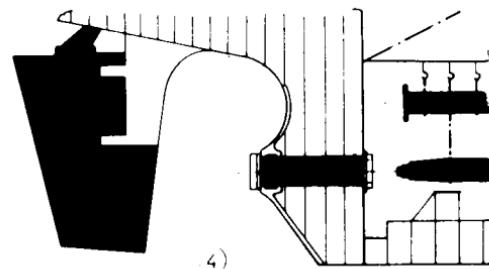
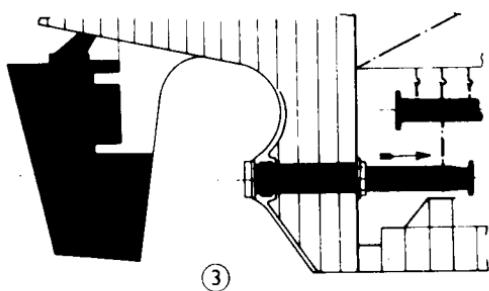
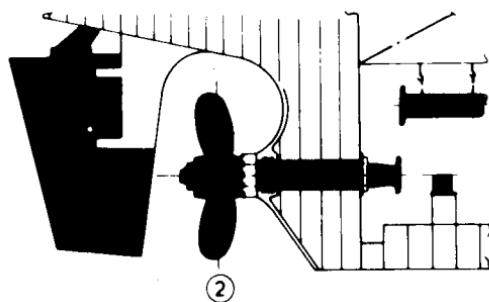
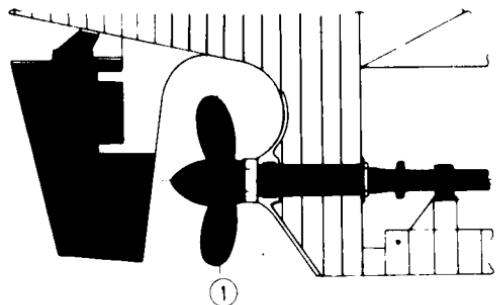


Σχ. 149.2β.

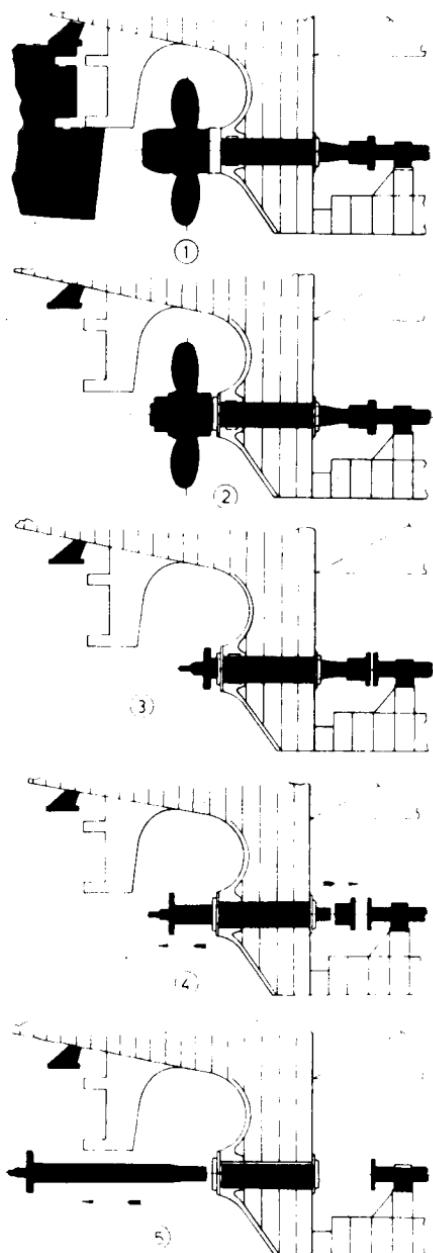
Στη θέση (1) παριστάνεται ο ελικοφόρος άξονας σε θέση αρμόσεως με την έλικα και το εξωτερικό προστατευτικό κάλλυμα του περικοχλίου της. Στη θέση (2) έχει αφαιρεθεί το προστατευτικό κάλυμμα και ανακρεμασθεί ο ενδιάμεσος άξονας. Στη θέση (3) αφαιρέθηκε η έλικα και ο ελικοφόρος άξονας έχει αποσυρθεί στο εσωτερικό του σκάφους και έχει αναρτηθεί σε κατάλληλη θέση (4). Η επιθεώρηση του άξονα γίνεται στη θέση (4) και η επισκευή του εκτός σκάφους, στο Μηχανουργείο. Μετά την επισκευή ακολουθείται η αντίστροφη οδός αρμόσεως.

Το σχήμα 149.2δ εξάλλου παριστάνει την ίδια εργασία, όταν ο ελικοφόρος άξονας αφαιρείται από το εξωτερικό του σκάφους, οπότε και παρίσταται ανάγκη εξαρμόσεως του πηδαλίου.

Έτσι στη θέση (1) παριστάνεται η εξάρμοση του πηδαλίου, στη θέση (2) η εξάρμοση του εξωτερικού προστατευτικού καλύμματος του περικοχλίου της έλικας, στη θέση (3) η εξάρμοση της έλικας και η αποσύνδεση ελικοφόρου και ενδιάμεσου άξονα στο εσωτερικό του σκάφους. Στη θέση (4) η απελευθέρωση του ελικοφόρου από τον πρωραίο σύνδεσμό του (κόπλερ) και στη θέση (5) η έλξη του ελικοφόρου άξονα από έξω. Για την άρμοση ακολουθείται η αντίστροφη οδός.



$\Sigma\chi.$ 149.2γ.



Σχ. 149.26.

149.3 Ωστικός τριβέας (θρωστ).

Η αρχή, πάνω στην οποία βασίζεται η λειτουργία του ωστικού τριβέα, είναι η εξής: Η ωστική άτρακτος φέρει ένα ή πολλούς ολόσωμους δακτυλίους, το επίπεδο των οποίων είναι κάθετο στον άξονα της άτρακτου. Το κιβώτιο ή πλαίσιο του ωστικού τριβέα, που προσαρμόζεται στο σκάφος, φέρει αντίστοιχα δακτυλιοειδή αυλάκια, μέσα στα οποία εφαρμόζουν με ελάχιστη ελευθερία οι δακτύλιοι του ωστικού τριβέα. Όταν ο άξονας περιστρέφεται από τη μηχανή, περιστρέφει την έλικα, που βιδώνεται στο νερό και προχωρεί μέσα σε αυτό κατά αξονική έννοια. Η προχώρηση της έλικας ανακόπτεται στον ωστικό τριβέα λόγω των δακτυλίων και των αυλάκων του και μεταδίδεται ως δύναμη ώσεως στο κιβώτιο του ωστικού τριβέα και από αυτό στο σκάφος, το οποίο έτσι κινείται προς την πρώρη ή προς την πρύμνη, δηλαδή **πρόσω** ή **ανάποδα**, ανάλογα με τη φορά περιστροφής της έλικας. Οι εσωτερικές επιφάνειες των αυλάκων, πάνω στις οποίες προστρίβονται οι δακτύλιοι, επιστρώνονται με λευκό μέταλλο αντιτριβής και λιπαίνονται κατά τη λειτουργία.

Νεότεροι τύποι ωστικών τριβέων φέρουν ένα μόνο δακτύλιο αντί για πολλούς.

Ο ωστικός τριβέας λιπαίνεται με τοπική λίπανση ή με τεχνητή υπό πίεση, την οποία δημιουργεί μία αντλία ελαίου. Προβλέπεται επίσης ψύξη του με θαλάσσιο νερό σε περίπτωση υπερθερμάνσεως είτε άμεση με καταιονισμό, είτε έμμεση με κυκλοφορία θαλάσσιου νερού μέσα από κοιλότητες του σώματος του κιβωτίου του.

Οι τύποι των χρησιμοποιουμένων ωστικών τριβέων είναι οι ακόλουθοι.

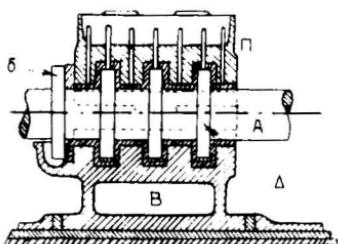
α) Κοινός ωστικός τριβέας με δακτυλίους.

Το σχήμα 149.3α παριστάνει αυτόν οπως ακριβώς περιγράφηκε προηγουμένως. Α είναι ο άξονας, δ οι δακτύλιοι, Β η βάση και Π το κάλυμμα του ωστικού τριβέα. Παρατηρούμε εδώ ότι υπάρχει επιπλέον ένας εξωτερικός δακτύλιος, που ωθεί το κιβώτιο, μόνο όταν το σκάφος κινείται προς τα πρόσω, ώστε οι επιφάνειες, που δέχονται την ώση, είναι κατά μία περισσότερες από αυτές του ανάποδα. Ο τριβέας αυτός χρησιμοποιείται σε μικρά πλοία με παλινδρομικές ατμομηχανές.

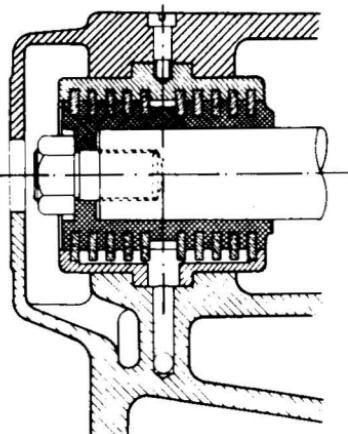
Το σχήμα 149.3β παριστάνει ωστικό τριβέα με δακτυλίους τοποθετημένους στο εμπρός άκρο ενός στροβίλου.

β) Ωστικός τριβέας με πέταλα ώσεως.

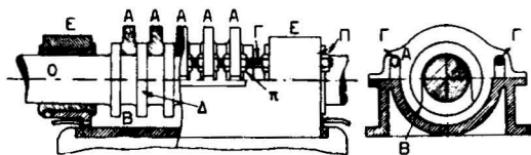
Σε αυτόν (σχ. 149.3γ) η μεταβίβαση της ώσεως γίνεται μέσω των λεγομένων πετάλων ώσεως. Στο σχήμα διακρίνονται οι δακτύλιοι Δ, τα πέταλα ώσεως Α, οι πλευρικοί άξονες Γ, με τους οποίους η ώση μεταδίδεται από τα πέταλα προς το σώμα του ωστικού τριβέα, ο άξονας Ο και οι τριβείς εδράσεως Ε - Ε ανά ένας πριν και μετά τον ωστικό τριβέα. Επίσης διακρίνονται τα περικόχλια Π για τη στερέωση των αξό-



Σχ. 149.3α.



Σχ. 149.3β.



Σχ. 149.3γ.

νων Γ και τα περικόχλια π για τη ρύθμιση της διαμήκους θέσεως των πετάλων.

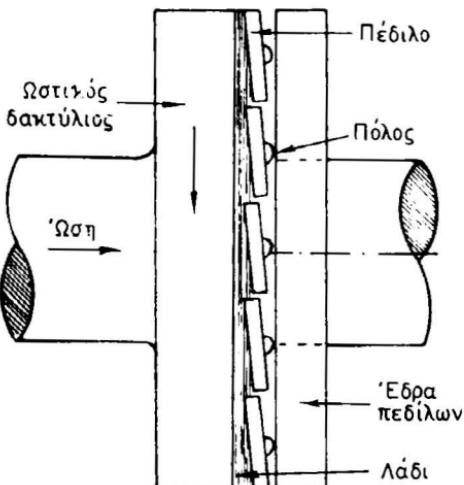
Ο τριβέας αυτός χρησιμοποιείται για μεγαλύτερες ιπποδυνάμεις σε παλινδρομικές μηχανές, στροβίλους και ΜΕΚ.

γ) Ωστικός τριβέας Mitchell ή Kingsbury.

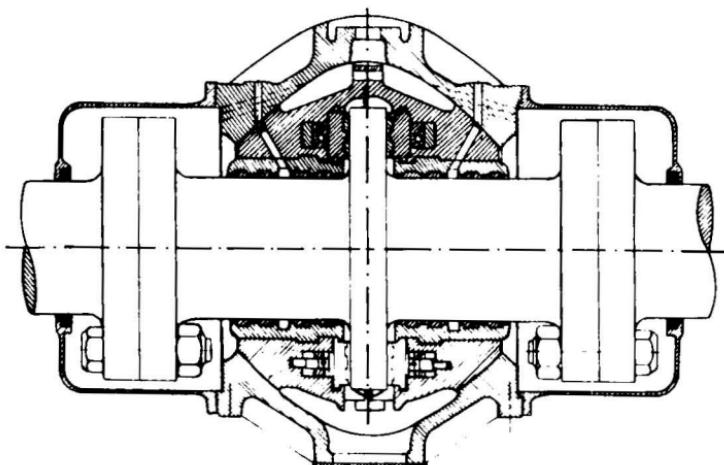
Ο ωστικός αυτός τριβέας από ένα μόνο δακτύλιο ώσεως αποτελεί την τελειότερη κατασκευή ωστικού τριβέα και ονομάστηκε έτσι από τα ονόματα των μηχανικών που τον επινόησαν και τον σχεδίασαν (ο καθένας ανεξάρτητα από τον άλλο), δηλαδή του αυστραλού Mitchell και του αμερικανού Kingsbury.

Η αρχή, πάνω στην οποία βασίζεται, είναι σε γενικές γραμμές η παρακάτω:

Στο σχήμα 149.3δ βλέπομε ότι η ώση του μοναδικού δακτυλίου ασκείται σε έναν αριθμό επιφανειών (πεδίλων), τα οποία αντιστρηίζονται περιστρεφόμενα το καθένα γύρω από ένα πόλο. Μεταξύ του δακτυλίου ώσεως και των πεδίλων αυτών παρεμβάλλεται το λιπαντικό λάδι, που έρχεται με πίεση από την αντλία λαδιού και προκαλεί λόγω διαφοράς επιφανειών του πεδίλου γύρω από τον πόλο μία μόνιμη κλίση σε όλα τα πέδιλα. Έτσι, μεταξύ δακτυλίου και πεδίλων σχηματί-



Σχ. 149.3δ.



Σχ. 149.3ε.

Ζονται οι λεγόμενες σφήνες λιπάνσεως, μέσω των οποίων η αξονική ώση μεταδίδεται στα πλινθία και από αυτά στο σώμα του ωστικού τριβέα.

Το σχήμα 149.3ε παριστάνει ένα πλήρη ωστικό τριβέα αυτού του τύπου στη γενική του μορφή. Διακρίνονται ο δακτύλιος ώσεως, τα πλινθία δεξιά και αριστερά για το πρόσω και το ανάποδα, καθώς και οι τριβείς εδράσεως της ωστικής ατράκτου.

Ο ωστικός τριβέας Mitchell έχει εφαρμογή σε εγκαταστάσεις στοβίλων, αλλά και οποιασδήποτε άλλης μηχανής. Πρέπει να συμπληρωθεί εδώ ότι σε μικρότερες διαστάσεις χρησιμοποιείται και ως τριβέας ισορροπήσεως αυτών των ίδιων των στροβίλων (όπως διακρίνεται στο σχήμα 149.2β) για την ισορρόπηση της αξονικής τους ώσεως σε συνδυασμό με το αεροστροφείο, όταν υπάρχει.

Τελευταία σε MEK μικρής ιπποδυνάμεως χρησιμοποιούνται ωστικοί κυλινδροτριβείς. Σε αυτούς η μετάδοση γίνεται προς κωνικούς ρόλους με τη μικρότερη δυνατή τριβή, που παρουσιάζουν, ως γνωστόν, γενικά οι ενσφαιροτριβείς (ρουλεμάν).

149.4 Στυπειοθλίπτης - χοάνη - ακροπυμναία στηρίγματα της ελικοφόρου ατράκτου.

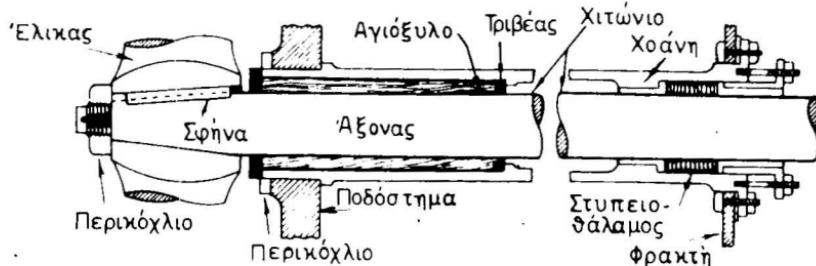
α) Περιγραφή στυπειοθλίπτη, χοάνης και στηρίγματων.

Το σημείο όπου η ελικοφόρος άτρακτος διαπέρνα το σκάφος και τοποθετείται ο τριβέας εδράσεώς της, λέγεται γενικά **χοάνη** (χωνί). Εκεί τοποθετείται στυπειοθλίπτης, για να διατηρείται η στεγανότητα μεταξύ του εσωτερικού του σκάφους και της θάλασσας, ώστε να μην μπαίνει θαλάσσιο νερό μέσα στο σκάφος. Στη χοάνη προβλέπεται επίσης ιδιαίτερη λίπανση με παχύρρευστο λάδι, που μπαίνει σ' αυτή λόγω βαρύτητας ή με τη βοήθεια μικρής χειραντλίας.

Σε πλοία με δύο ή και περισσότερες έλικες (διπλέλικα κλπ.) λόγω του ειδικού σχήματος της πρύμνης τους, τοποθετούνται σε ορισμένη απόσταση από τις χοάνες οι **ακροπυμναίοι τριβείς**, για την καλύτερη υποστήριξη του άξονα και την χωρίς κραδασμούς κίνηση αυτού και της έλικας.

Οι τριβείς είναι ή κρεμαστοί ή στηρίζονται με ειδικούς βραχίονες (μπρακέτα) σε σχήμα «V» ή «Λ».

Στο σχήμα 149.4α παριστάνεται η διάταξη της χοάνης σε μονέλικο πλοίο. Σε αυτό η έλικα προσαρμόζεται στον άξονα



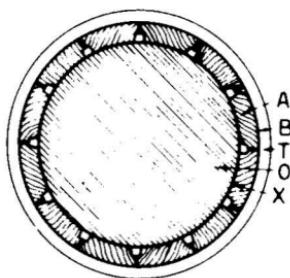
Σχ. 149.4α.

αμέσως μετά την έξοδό της από το **ποδόστημα** του πλοίου, το οποίο, όπως φαίνεται και στο σχήμα, είναι το χονδρό εκείνο χαλύβδινο τεμάχιο που προεκτείνεται από την τρόπιδα του πλοίου προς τα πάνω.

Στο ίδιο σχήμα διακρίνομε επίσης την πρυμναία φρακτή, δηλαδή το στεγανό διάφραγμα μέσα στο σκάφος, την ελικοφόρο άτρακτο με το κωνικό της, την έλικα, τη σφήνα στερεώσεως της και το περικόχλιο συσφίγξεως. Στην περιοχή της φρακτής υπάρχει ο στυπειοθάλαμος με το όλο σύστημα στεγανότητας (κολάρο).

Μεταξύ φρακτής και ποδοστήματος στο εσωτερικό του σκάφους διακρίνομε την ανθεκτική χοάνη και στο πρυμναίο άκρο της τον τριβέα της χοάνης, που επενδύεται εσωτερικά με λευκό μέταλλο, αγιόξυλο ή συνθετικό ελαστικό σε διαμήκεις πήχες. Ο άξονας φέρει επάνω του προστατευτικό χιτώνιο από ορείχαλκο.

Το σχήμα 149.4β παρέχει μία τομή του άξονα και της χοάνης. Α είναι το **αγόρξυλο** σε πήχες, Β ο **τριβέας**, Τ η **χοάνη**. Ο ο **άξονας** και Χ το προστατευτικό **χιτώνιο** του.

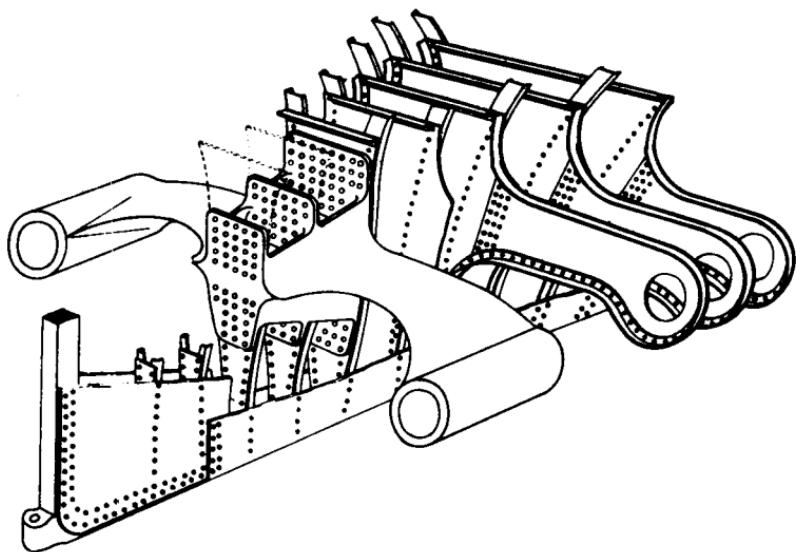


Σχ. 149.4β.

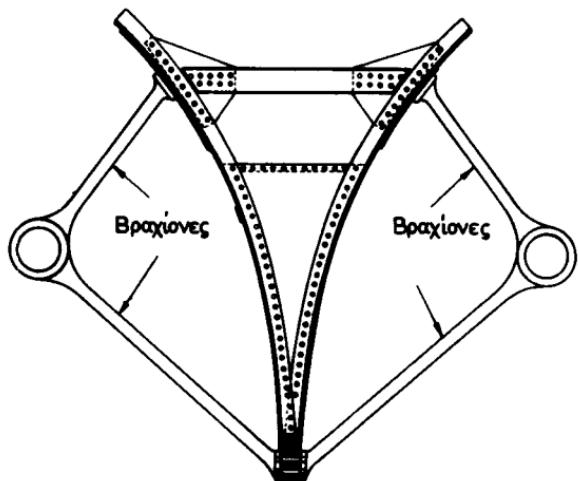
Το σχήμα 149.4γ παριστάνει την πρύμνη διπλέλικου πλοίου στη φάση της κατασκευής ακόμη. Διακρίνονται τα ακροπρυμναία στηρίγματα των αξόνων δεξιά και αριστερά. Στο σχήμα 149.4δ πάλι φαίνονται τα ίδια στηρίγματα στηριζόμενα με βραχίονες σχήματος «Λ», ενώ ανάλογη είναι και η στήριξη με βραχίονες σχήματος «V».

β) Λίπανση τριβέων χοάνης και στηριγμάτων.

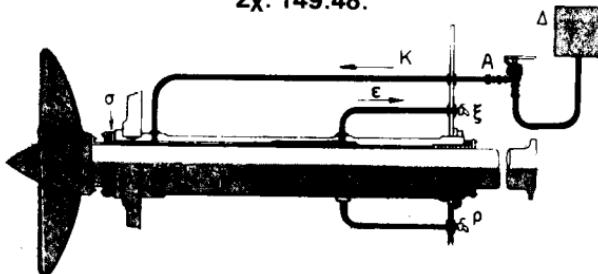
Στο σχήμα 149.4ε παριστάνεται η διάταξη λιπάνσεως του τριβέα της χοάνης. Διακρίνονται η **δεξαμενή λαδιού** λιπάνσεως Δ, η **χειραντλίδια** Α, ο **σωλήνας καταθλίψεως** του λαδιού Κ και ο **σωλήνας επιστροφής** Ε, ο **εξαεριστικός κρουνός** ξ, ο **κρουνός**



Σχ. 149.4γ.



Σχ. 149.4δ.



Σχ. 149.4ε.

υγρών και εκκενώσεως ρ και η **συσκευή στεγανότητας** λαδιού σ.

Από την όλη διάταξη αντιλαμβανόμαστε ότι μέρος του λαδιού διαφεύγει προς τη θάλασσα γι' αυτό και πρέπει κατά συχνά διαστήματα να συμπληρώνεται το λάδι και όταν το πλοίο δεξαμενίζεται να ελέγχεται η κατάσταση της συσκευής στεγανότητας του λαδιού.

Ανάλογη διάταξη προβλέπεται και για τη λίπανση των τριβέων των χοανών και των ακροπρυμναίων εδράνων στα διπλέλικα πλοία.

149.5 Η έλικα.

Α) Περιγραφή της έλικας.

Η **έλικα** είναι το εξάρτημα εκείνο της εγκαταστάσεως προώσεως, που δέχεται την ενέργεια της μηχανής και τη μεταφέρει στο σκάφος, ώστε αυτό να κινηθεί μέσα στο νερό.

Στο σχήμα 149.5α παριστάνεται έλικα πλοίου με τρεις πτέρυγες.

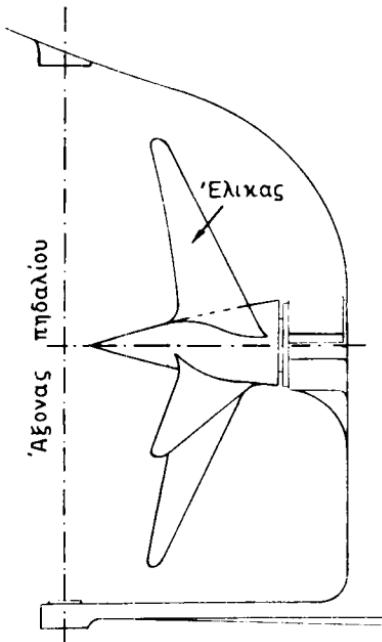
Η έλικα γενικά αποτελείται από την **πλήμνη** της, δηλαδή το κεντρικό της σώμα, και τις **πτέρυγες**.

Οι έλικες των πλοίων κατασκευάζονται από **χυτοσιδήρο** ή **φωσφορούχο ορείχαλκο** με 3, 4 ή 5 το πολύ πτερύγια, δηλαδή ως **τριπτέρυγες, τετραπτέρυγες ή πενταπτέρυγες** και διακρίνονται σε **αριστερόστροφες** και **δεξιόστροφες**.

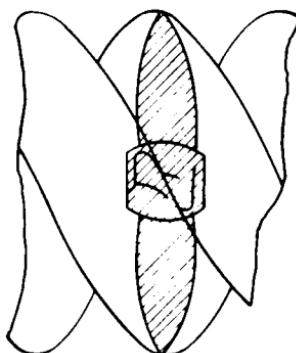
Κατά τη θεωρία της κατασκευής της έλικας, αυτή είναι ένας κοχλίας που βιδώνεται μέσα στο νερό. Είναι δηλαδή μια «στερεά έλικα» με 3, 4 ή 5 αρχές σπειρωμάτων ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων. Οι πτέρυγες της έλικας του πλοίου είναι τμήματα της στερεάς αυτής γεωμετρικής έλικας.

Στο σχήμα 149.5β παριστάνεται πραγματική έλικα σε σύγκριση με πραγματικό κοχλία.

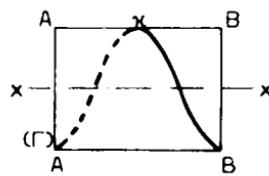
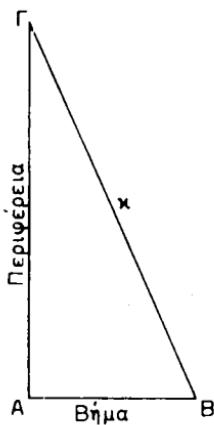
Η έλικα, όπως κάθε κοχλίας, χαρακτηρίζεται κατά τα γνωστά από τη Γεωμετρία, από το βήμα της, που καθορίζει την αξονική προχώρησή της μέσα στο νερό, όταν περιστραφεί κατά μία πλήρη στροφή. Το βήμα της έλικας δεν είναι κατά κανόνα σταθερό για όλες τις αποστάσεις των πτερυγίων της από το κέντρο. Το μέσο βήμα, επομένως, λαμβάνεται σε απόσταση $\frac{2}{3}$ περίπου της ακτίνας, δηλαδή της αποστάσεως του άκρου του πτερυγίου της από το κέντρο.



Σχ. 149.5α.



Σχ. 149.5β.



Σχ. 149.5γ.

Από τη Γεωμετρία είναι γνωστός ο παρακάτω τρόπος παραγωγής στερεάς γραμμικής έλικας.

Λαμβάνομε (σχ. 149.5γ) το ορθογώνιο τρίγωνο $AB\Gamma$ από φύλλο χαρτιού και ταυτόχρονα τον κύλινδρο $AA' B' A$ με τον άξονά του ορι-

ζόντιο. Έστω ότι η γενέτειρά του ΑΒ είναι ίση με την πλευρά ΑΒ του ορθογωνίου τριγώνου και ότι η περιφέρεια του κυλίνδρου είναι ίση σε μήκος με την πλευρά ΑΓ του ορθογωνίου τριγώνου.

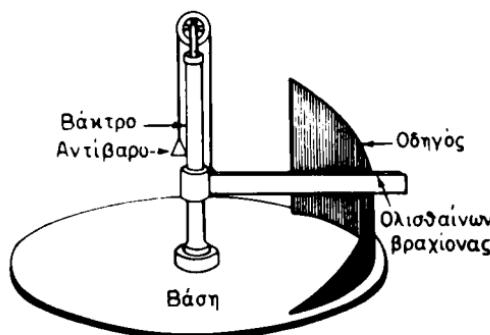
Τοποθετούμε το χάρτινο τριγώνο ΑΒΓ πάνω στον κύλινδρο, ώστε η πλευρά ΑΒ να εφαρμόσει πάνω στη γενέτειρα ΑΒ, και το περιτύλισσομε πάνω στην επιφάνεια του κυλίνδρου, οπότε η υποτείνουσα του τριγώνου ΒΓ θα παραγάγει στην επιφάνεια του κυλίνδρου το ίχνος της γραμμικής στερεάς έλικας ΒκΑ.

Εύκολα αντιλαμβανόμαστε από αυτό ότι η ΑΒ είναι ίση προς αυτό που ονομάζομε **βήμα της έλικας** και παριστάνει την προχώρησή της για μία πλήρη στροφή.

Από την παραπάνω μέθοδο προκύπτει και η μέθοδος παραγωγής της ελικοειδούς επιφάνειας της στερεάς έλικας (σχ. 149.5δ).

Πάνω σε μεταλλική βάση χαράσσομε περιφέρεια ίση με την περιφέρεια του άκρου των πτερύγων της έλικας και πάνω σε αυτήν προσαρμόζομε τμήμα του τριγώνου, από το οποίο παράγεται η έλικα, κατασκευασμένου από λεπτό μεταλλικό φύλλο ή χαρτόνι. Η βάση του τριγώνου καλύπτει μέρος μόνο της όλης περιφέρειας, όσο περίπου το τόξο που καταλαμβάνει ένα πτερύγιο της. Στο κέντρο της μεταλλικής βάσεως προσαρμόζομε το εργαλείο που φαίνεται στο σχήμα 149.5δ, το οποίο αποτελείται από κατακόρυφο άξονα και βραχίονα που μπορεί να περιστραφεί και να γλιστρήσει πάνω στην υποτείνουσα του τριγώνου. Ο βραχίονας αυτός συγκρατείται με τροχαλία από αντίβαρο. Περιστρέφοντας αυτό κατά τρόπο, ώστε να στηρίζεται συνεχώς πάνω στην υποτείνουσα παράγομε την ιδεατή ελικοειδή επιφάνεια του πτερυγίου της στερεάς έλικας με την κάτω ακμή του βραχίονα που ολισθαίνει.

Η μέθοδος αυτή **απολουθεῖται στη βιομηχανία προκεμένου να παραπεμψθεί έλικα βάσει του σχεδίου της στο χυτήριο.** Έτσι, αν ο εσωτερικός χώρος, που περιλαμβάνεται από το τριγώνο μέχρι τον

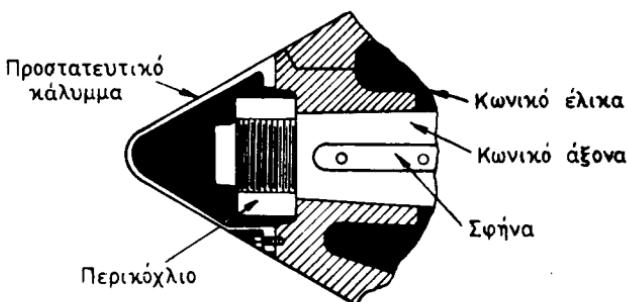


Σχ. 149.5δ.

άξονα του εργαλείου, είναι γεμάτος από άμμο, τότε η ακμή του βραχίονα που γλιστράει θα αποτυπώσει πάνω σ' αυτήν την ελικοειδή επιφάνεια του πτερυγίου της στερεάς έλικας. Πάνω στην επιφάνεια αυτή και αφού βεβαίως κατασκευασθεί και η άλλη επιφάνεια των πτερυγίων βάσει του σχεδίου, ώστε οι δύο μαζί να δώσουν κενό χώρο, όσος είναι αναγκαίος για τα πάχη των πτερυγίων της έλικας, αποχέεται το ρευστό μέταλλο και προκύπτει τελικά η στερεά έλικα του πλοίου.

Κατά την κίνηση της έλικας μέσα στο νερό η πίσω επιφάνεια των πτερυγίων της λέγεται και είναι η **ωθούσσα επιφάνεια**, γιατί αυτή πράγματι αντιστρηίζεται στο νερό και προκαλεί την πρόωση του σκάφους. Αυτή άλλωστε είναι και η καθαρά γεωμετρική ελικοειδής επιφάνεια της έλικας.

Στην πλήμνη της έλικα φέρει εσωτερικά κοίλο **κωνικό** (θηλυκό), με το οποίο προσαρμόζεται με τέλεια εφαρμογή και με τη βοήθεια **σφήνας** και **περικόχλιου** στο αντίστοιχο **κωνικό** του άκρου του **ελικοφόρου άξονα** (σχ. 149.5ε). Το περικόχλιο συσφίγξεως καλύπτεται με προστατευτικό κάλυμμα κωνικού σχήματος επίσης.



Σχ. 149.5ε.

B) Υπολογιστικά στοιχεία από την κίνηση της έλικας.

Είπαμε προηγουμένως ότι η έλικα, όπως κάθε κοχλίας, χαρακτηρίζεται από το **βήμα** της, το οποίο και παριστάνομε με το β. Αυτό είναι το γεωμετρικό βήμα της και καθορίζει προφανώς τη θεωρητική προχώρηση της έλικας μέσα στο νερό, όταν αυτή στραφεί κατά μία πλήρη στροφή. Στην πραγματικότητα όμως η έλικα δεν προχωρεί μέσα στη θάλασσα κατά τη θεωρητική αυτή απόσταση β, που λέγεται και **θεωρητικό βήμα** της έλικας, αλλά κατα μίαν άλλη π., η οποία λέγεται **πραγματικό βήμα** και είναι μικρότερο από το θεωρητικό. Αυτό, γιατί η έλικα δεν βιδώνεται μέσα σε σταθερό περικόχλιο, αλλά σε ολισθηρό, όπως είναι το νερό. Έτσι υπάρχει μία απώλεια ή **αλοισθηση**, που προ-

κύπτει ως διαφορά μεταξύ του θεωρητικού και του πραγματικού βήματος:

$$\sigma = \beta - \pi$$

όπου σ είναι η **αλισθηση κατά μία στροφή** της έλικας.

Το πηλίκο $\frac{\beta - \pi}{\beta}$ ονομάζεται **συντελεστής αλισθήσεως**

της έλικας S , ώστε να είναι:

$$S = \frac{\beta - \pi}{\beta}$$

Αυτό μας λέει πόσο τοις εκατό χάνει η έλικα κατά την κίνησή της μέσα στο νερό. Από αυτό προκύπτει και ο λεγόμενος **βαθμός αποδόσεως** της έλικας ηελ ίσος προς:

$$\eta_{\text{ελ}} = 1 - S$$

Αν τώρα υποθέσομε ότι η έλικα περιστρέφεται μέσα στο νερό με η στροφές ανά λεπτό, τότε σε χρόνο t ωρών βρίσκομε ότι θα έχει κάνει συνολικό αριθμό στροφών N ίσο προς:

$$N = n \cdot 60 \cdot t$$

Από τον αριθμό N και το θεωρητικό βήμα β ή το πραγματικό π μπορούμε να βρούμε τη συνολική θεωρητική και πραγματική απόσταση, που έχει διανύσει η έλικα και επομένως και το σκάφος μέσα στο νερό σε t ώρες.

Η απόσταση όμως αυτή για τα πλοία μετριέται σε ναυτικά μίλια. **Ένα ναυτικό μίλι είναι ίσο προς 1852 μέτρα (m) ή 6080 πόδια (ft).**

Καλούμε τώρα M τα **θεωρητικά μίλα** που διάνυσε το πλοίο σε t ώρες, και P τα **πραγματικά** αντίστοιχα, οπότε, αν το βήμα μας δοθεί σε μέτρα (m), θα έχομε ότι:

$$M = \frac{\beta \cdot N}{1852} \quad \text{και} \quad P = \frac{\pi \cdot N}{1852}$$

αν πάλι μας δοθεί σε πόδια (ft), θα είναι:

$$M = \frac{\beta \cdot N}{6080} \quad \text{και} \quad P = \frac{\pi \cdot N}{6080}$$

Όταν μάλιστα γνωρίζομε και τα θεωρητικά μίλια και τα πραγματικά για ένα χρονικό διάστημα t ωρών, μπορούμε να βρούμε τη **συνολική αλισθηση Σ πης έλικας** σε t ώρες από τον τύπο:

$$\Sigma = M - P$$

και από αυτή και το συντελεστή ολισθήσεως S:

$$S = \frac{M - \Pi}{M}$$

Για να αντιληφθούμε καλά την έννοια των παραπάνω τύπων, παραθέτομε τις παρακάτω δύο εφαρμογές:

Εφαρμογή 1η. Έστω ότι η έλικα πλοίου περιστρέφεται με αριθμό στροφών ανά λεπτό $n = 68$ rpm και ότι έχει γνωστό από την κατασκευή θεωρητικό βήμα $\beta = 4$ m. Κατά τον πλου του πλοίου μετρήθηκε με τις ναυτιλιακές μεθόδους από τη γέφυρα του πλοίου, ότι σε χρόνο $t = 10$ ώρες διάνυσε πραγματική απόσταση $\Pi = 80$ μίλια. Ζητείται να βρεθούν τα θεωρητικά μίλια της έλικας M, η συνολική ολισθησή της S, ο συντελεστής ολισθήσεως S και ο βαθμός απόδοσεώς της $\eta_{\epsilon\lambda}$.

Βρίσκομε πρώτα το συνολικό αριθμό στροφών της έλικας N σε t ώρες:

$N = n \cdot 60 \cdot t$, ήτοι $N = 68 \times 60 \times 10 = 40800$ στροφές. Στη συνέχεια θα έχομε:

$$M = \frac{\beta \cdot N}{1852} \quad \text{δηλαδή} \quad M = \frac{4 \times 40800}{1852} = 88 \text{ μίλια θεωρητικά}$$

και από αυτά: $S = M - \Pi$, δηλαδή $S = 88 - 80 = 8$ μίλια **συναλοή αλισθησης** και συντελεστή ολισθήσεως S ίσο προς:

$$S = \frac{M - \Pi}{M} \quad \text{ή} \quad S = \frac{88 - 80}{88} = 0,09, \quad \text{ή} \quad S = 9\%$$

περίπου, πράγμα που μας λέει ότι η απώλεια της έλικας είναι 9% ή ότι η απόδοση $\eta_{\epsilon\lambda}$ είναι:

$$\eta_{\epsilon\lambda} = 1 - 0,09 = 0,91 \quad \text{ή} \quad \eta_{\epsilon\lambda} = 91\%$$

Εφαρμογή 2η. Η έλικα πλοίου περιστρέφεται με αριθμό στροφών ανά λεπτό $n = 110$ rpm. Έχει $\beta = 10$ ft και συντελεστή ολισθήσεως γνωστό από προηγούμενες μετρήσεις $S = 9\%$. Ζητείται να βρεθούν πόσα πραγματικά μίλια κάνει το σκάφος σε μία ώρα. Με άλλους λόγους ζητείται να βρεθεί η πραγματική ταχύτητα του σκάφους.

Εφόσον $\beta = 10$ ft και $S = 9\%$, θα έχομε:

$$S = \frac{\beta - \pi}{\beta}$$

$$\text{δηλαδή} \quad 0,09 = \frac{10 - \pi}{10}$$

και $\pi = 9,1 \text{ ft}$

οπότε τα πραγματικά μίλια Π του σκάφους σε 1 ώρα θα είναι:

$$\Pi = \frac{\pi \cdot N}{6080}$$

$$\text{δηλαδή } \Pi = \frac{9,1 \text{ N}}{6080}$$

αλλά ο συνολικός αριθμός στροφών N σε 1 ώρα θα είναι:

$$\begin{aligned} N &= \pi \cdot 60 \cdot t \\ \dot{\Pi} &= 110 \times 60 \times 1 \\ \dot{\Pi} &= 6660 \text{ στροφές} \\ \text{άρα } \Pi &= \frac{9,1 \times 6660}{6080} \end{aligned}$$

δηλαδή $\Pi = 9,85 \text{ μίλια.}$

Το πλοίο επομένως έχει πραγματική ταχύτητα 9,85 μίλια την ώρα ή, όπως λέμε, έχει ταχύτητα $v = 9,85 \text{ κόμβους}$ (ο κόμβος είναι η μονάδα μετρήσεως της ταχύτητος των πλοίων και αντιστοιχεί σε 1 μίλι/ώρα).

Γ) Η μέτρηση του βήματος της έλικας.

Η μέτρηση αυτή είναι εργασία ελέγχου της έλικας που εκτελείται κατά περιπτώσεις ως έχης:

a) Μέτρηση του βήματος με την έλικα εξαρμοσμένη και τοποθετημένη οριζόντιως πάνω σε πλάκα εφαρμογής:

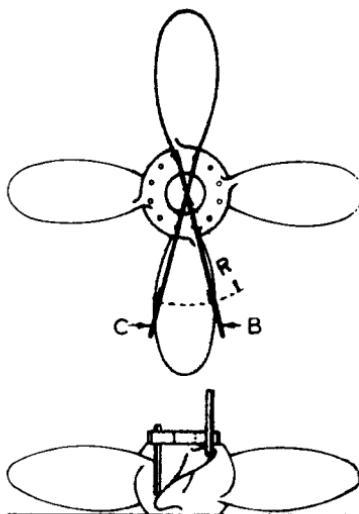
Για την εκτέλεση της μετρήσεως αυτής (σχ. 149.5στ) ενεργούμε όπως παρακάτω:

Γράφομε περιφέρεια στο πρόσωπο της πλήμνης και την υποδιαιρούμε σε 12 ίσα τόξα 30° το καθένα με 12 αντίστοιχα σημεία.

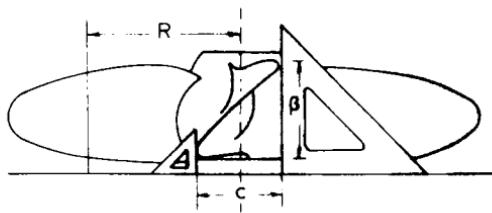
Μεταξύ δύο αντιδιαμετρικών σημείων τοποθετούμε μεταλλικό κανόνα, όπως στη θέση B του σχήματος. Με άλλο κανόνα μεταλλικό μετρούμε την κάθετη απόσταση του προηγούμενου κανόνα σε μίαν ακτίνα R, ίση με τα $\frac{2}{3}$ της μέγιστης ακτίνας του πτερυγίου. Τοποθετούμε τον πρώτο κανόνα σε αντίστοιχη θέση C και μετρούμε ξανά την κάθετη απόσταση.

Αφαιρούμε τις δύο μετρήσεις και η διαφορά μας δίνει το μέσο βήμα που αντιστοιχεί σε τόξο 30° . Από αυτό, πολλαπλασιάζοντας επί 12, βρίσκομε το συνολικό μέσο βήμα της έλικας.

Έτοι, αν π.χ. έχομε στην πρώτη μέτρηση κάθετη απόσταση 4 και στη δεύτερη 18'', θα έχομε διαφορά 14'', ώστε το μέσο βήμα της έλικας θα είναι:



Σχ. 149.5στ.



Σχ. 149.5ζ.

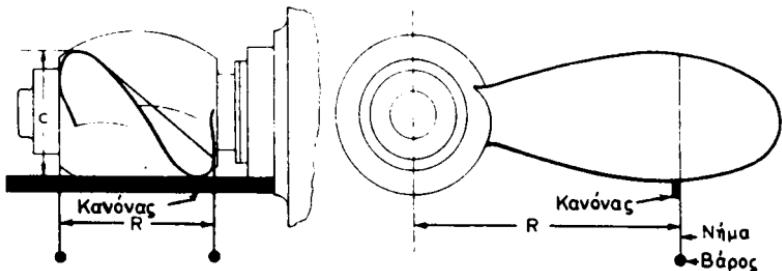
$$14 \times 12 = 168''$$

δηλαδή $\beta = \frac{168}{12} = 14 \text{ ft}$

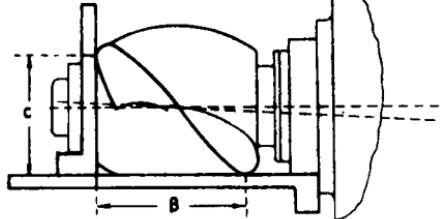
δεδομένου ότι $1 \text{ ft} = 12''$.

Από το παράδειγμα βλέπομε ότι, εφόσον η μέτρηση εκτελείται σε αγγλικές μονάδες και έχουμε 12 υποδιαιρέσεις της περιφέρειας, ο αριθμός της διαφοράς σε δακτύλους (ίντσες) των δύο κατακορύφων μετρήσεων μας δίνει κατευθείαν το βήμα σε πόδια (ft).

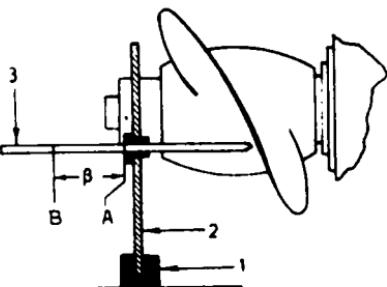
Ανάλογη είναι η μέθοδος μετρήσεως με τη βοήθεια δύο ορθογώνιων τριγώνων που τοποθετούνται (σχ. 149.5ζ) ώστε να ακουμπούν στις ακμές του πτερυγίου σε ακτίνα R ίση προς τα $\frac{2}{3}$ της ακτίνας του πτερυγίου.



Σχ. 149.5η.



Σχ. 149.5θ.



Σχ. 149.5ι.

Το καταμετρούμενο βήμα β αντιστοιχεί στο τόξο προβολής του πτερυγίου σε ακτίνα R και αναγόμενο στην πλήρη περιφέρεια μας δίνει το μέσο βήμα της έλικας.

β) Μέτρηση του βήματος με το πλοίο σε δεξαμενή και την έλικα πάνω στον όξονα.

Για την εκτέλεση της μετρήσεως αυτής (σχ. 149.5η), περιστρέφομε τη μηχανή, ώστε ένα από τα πτερύγια της να έρθει σε οριζόντια θέση.

Κρεμάμε δύο νήματα με βάρος από τις δύο άκρες του πτερυγίου σε απόσταση R και με μεταλλικό οριζόντιο κανόνα μετρούμε το αντίστοιχο τμήμα βήματος β σε μέρος περιφέρειας C και ανάγοντάς το σε πλήρη περιφέρεια έχομε το μέσο γεωμετρικό βήμα της έλικας.

'Όταν ο άξονας της έλικας δεν είναι οριζόντιος αλλά ελαφρά κεκλιμένος, η ίδια μέθοδος εφαρμόζεται με τη βοήθεια 2 μεταλλικών τριγώνων προσαρμοσμένων όπως παριστάνεται στο σχήμα 149.5θ.

γ) Μέτρηση του βήματος με το βηματόμετρο.

Το βηματόμετρο είναι εργαλείο μετρήσεως του βήματος και αποτελείται (σχ. 149.5ι) από βάση (1), κατακόρυφο στέλεχος (2) και οριζόντιο ολισθαίνοντα κανόνα (3) (γράφτη).

Για τη μέτρηση τοποθετούμε το βηματόμετρο έτσι, ώστε ο γράφτης να στηρίζεται πάνω στο πτερύγιο της έλικας (χωρίς να είναι απαραί-

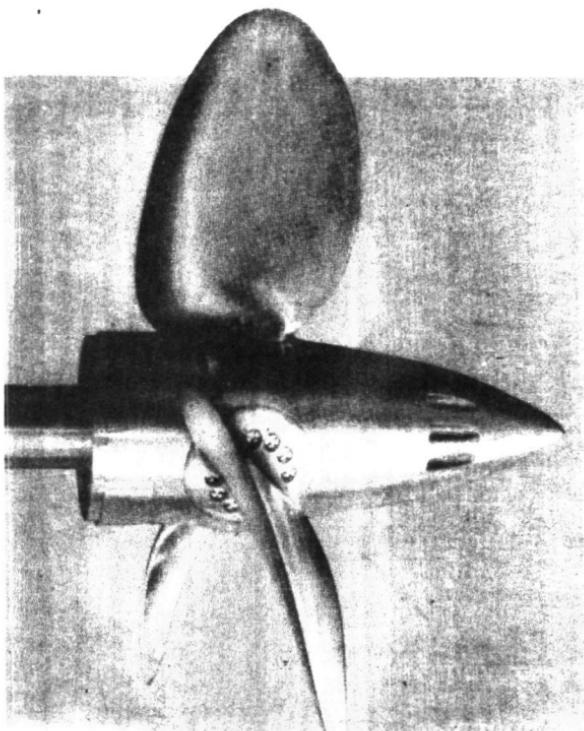
τητο το πτερύγιο να είναι οριζόντιο) και σε ακτίνα R κατά τα γνωστά.

Σε δεδομένη στιγμή περιστρέφομε από το μηχανοστάσιο τη μηχανή κατά το $1/12$ της περιφέρειας, οπότε ο οριζόντιος κανόνας (γράφτης) ωθείται προς τα πίσω από το πτερύγιο. Μετρούμε τότε την απόσταση AB σε ίντσες και έχομε, όπως και στην περίπτωση α, απευθείας το μέσο βήμα της έλικας σε πόδια.

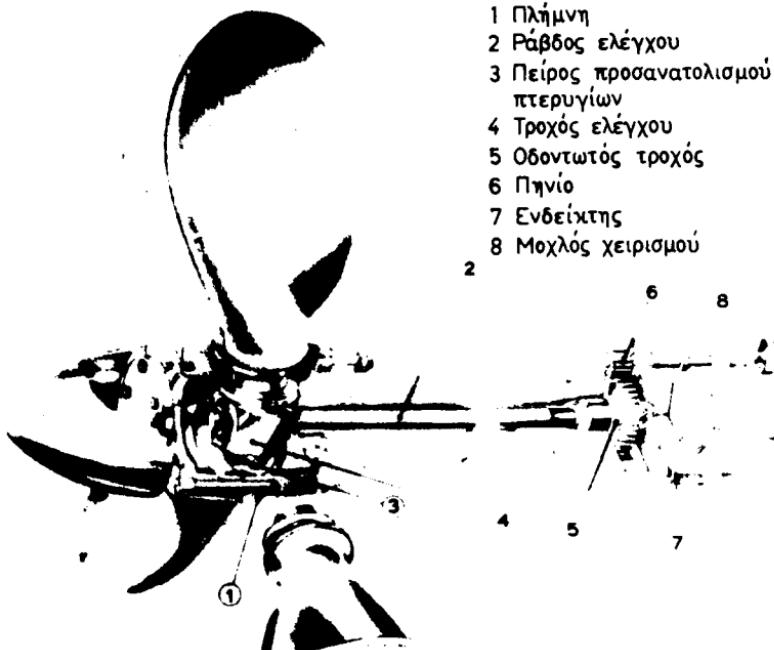
Δ) Έλικες μεταβλητού ή ρυθμιζόμενου βήματος.

Εκτός από την έλικα σταθερού μέσου βήματος, υπάρχουν και οι έλικες μεταβλητού βήματος.

Η διάκριση οφείλεται στο ότι στις έλικες σταθερού βήματος τα πτερύγια είναι σταθερά προσαρμοσμένα πάνω στην πλήμνη της και αποτελούν ένα σώμα με αυτή, ενώ στις έλικες μεταβλητού βήματος είναι κινητά. Η πλήμνη της έλικας στην περίπτωση αυτή κατασκευάζεται με ισάριθμες προς τα πτερύγια κατάλληλες υποδοχές, όπου εφαρμόζουν



Σχ. 149.5ια.



Σχ. 149.5ιβ.

οι ρίζες των πτερυγίων, που μπορούν να περιστραφούν μέσα στις υποδοχές. Αυτές προεκτείνονται στην εσωτερική κοιλότητα της πλήμνης και συνδέονται με κατάλληλο κινητήριο μηχανισμό με αντίστοιχο χειριστήριο. Με τον κινητήριο αυτό μηχανισμό, που ενεργοποιείται μηχανικά ή υδραυλικά και ελέγχεται από μακριά, δηλαδή από το μηχανοστάσιο ή τη γέφυρα, επιτυγχάνεται η περιστροφή των πτερυγίων και συνεπώς η μεταβολή της κλίσεως τους, αποτέλεσμα της οποίας είναι η μεταβολή του βήματος της έλικας.

Οι έλικες μεταβλητού βήματος χρησιμοποιούνται σε μικρά κυρίως πλοιάρια, στα οποία με ένα δεδομένο αριθμό περιστροφών του άξονα μπορούμε, μεταβάλλοντας το βήμα, να επιτύχομε αυξομείωση της ταχύτητας του σκάφους και την αναπόδισή του.

Το σχήμα 149.5ια παριστάνει έλικα μεταβλητού βήματος κατασκευής των γαλλικών εργοστασίων ACN (Ateliers et Chantiers de Nantes), ενώ το σχήμα 149.5ιβ παριστάνει το μηχανισμό ελέγχου του βήματος έλικας μεταβλητού βήματος.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι τα πτερύγια της έλικας προσαρμόζονται πάνω στην πλήμνη (1). Το περιαυχένιο (φλάντζα) του κάθε πτερυγίου φέρει ακτινικό αυλάκι, μέσα στο οποίο ολισθαίνει ο πείρος (3) προσα-

νατολισμού του πτερυγίου. Αυτός προσαρμόζεται στο τριγωνικό τεμάχιο (4) που συνδέεται με τη ράβδο ελέγχου (2).

Τα πτερύγια περιστρέφονται με διαμήκη μετακίνηση της ράβδου ελέγχου (2). Το πρωραίο άκρο της ράβδου αυτής φέρει σπείρωμα, το οποίο βιδώνεται μέσα στον οδοντωτό τροχό (5). Αυτός περιστρέφεται με το μοχλό (8) και με τη βοήθεια και του μικρού οδοντωτού τροχού (6). Η εκάστοτε στιγμιαία τιμή του βήματος της έλικας διαβάζεται με τον ενδείκτη (7). Ο όλος μηχανισμός ελέγχου βρίσκεται μέσα στον κοίλο ελικοφόρο άξονα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 150

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

150.1 Γενικά.

Ως βοηθητικές εγκαταστάσεις μέσα στο πλοίο, καθεμιά από τις οποίες εξυπηρετεί και ανάλογο λειτουργικό προορισμό, θεωρούνται οι ακόλουθες:

- Παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Παραγωγής αποσταγμένου νερού.
- Παραλαβής και μεταγγίσεως πετρελαίου.
- Κατά της πυρκαγιάς.
- Εξαντλήσεως κυτών.
- Πληρώσεως και εξαντλήσεως θαλασσερμάτων.
- Πόσιμου νερού.
- Νερού χρήσεως και υγιεινής.
- Πεπιεσμένου αέρα.
- Εγκατάσταση ψυκτικής.

Καθεμιά από τις εγκαταστάσεις αυτές αποτελείται από τα κατάλληλα μηχανήματα, συσκευές, όργανα ελέγχου, ηλεκτρικές καλωδιώσεις και δίκτυα σωληνώσεων.

Εκτός από αυτές υπάρχουν βεβαίως και οι εγκαταστάσεις **νερού που τροφοδοτεί τους λέβητες, κύριου και βοηθητικού ατμαγωγού, εξατμιστικού αγωγού, παροχής πετρελαίου στους λέβητες ή της ΜΕΚ**, οι οποίες αφορούν την κινητήρια μηχανή του σκάφους. Με αυτές, δεδομένου ότι έχομε ασχοληθεί σε γενικές γραμμές στα αντίστοιχα μέρη του βιβλίου, δεν θα ασχοληθούμε εδώ περισσότερο.

Όλες οι εγκαταστάσεις κατά γενικό κανόνα, για να πληρούν ικανοποιητικά τον προορισμό τους, πρέπει να χαρακτηρίζονται από τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- **Απλότητα** διατάξεως.

- **Ευχέρεια** στη **διάκριση** των δικτύων τους. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικό συνθηματικό χρωματισμό και επιγραφές πάνω στις διάφορες συσκευές, διακόπτες, βαλβίδες κλπ.

- Να είναι εύκολα **προσπές** στο προσωπικό.
- Να παρέχουν **ασφάλεια** και να είναι ταχύχροντες.
- Να είναι **ανεξάρτητες από την κίνηση των κυρίων μηχανών**.
- Να είναι κατασκευασμένες από τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση **υλικά**, τα οποία προβλέπονται από τους κανονισμούς των διαφόρων **νηογνωμόνων**.

150.2 Η εγκατάσταση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Έχει σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για τον πλεκτροφωτισμό του πλοίου και για την κίνηση των ηλεκτροκινήτων μηχανημάτων, συσκευών και μηχανισμών του.

Αποτελείται κατά κανόνα από μία ή περισσότερες **ηλεκτρογεννήτριες**, μία **ηλεκτρογεννήτρια κινούντου** και **συστοιχίες συσσωρευτών** ή εγκατάσταση **χαμηλής τάσεως**. Επίσης από τον **κύριο πίνακα διανομής**, τον πίνακα της **γεννήτριας κινούντου** και άλλους **βοηθητικούς**. Τέλος, από τις απαραίτητες ηλεκτρικές **καλωδιώσεις**, τους **ηλεκτροκινητήρες** των διαφόρων μηχανημάτων και τους **πίνακες ελέγχου** τους.

Σε πλοία με παλινδρομικές ατμομηχανές χρησιμοποιούνται για την κίνηση των ηλεκτρογεννητριών συνήθως μονοκύλινδρες ή πολυκύλινδρες μικρές παλινδρομικές ατμομηχανές ή και ατμοστρόβιλοι.

Σε πλοία με ατμοστρόβιλους χρησιμοποιούνται οι στροβιλογεννήτριες και μερικές φορές οι ντιζελογεννήτριες.

Σε πλοία με ΜΕΚ χρησιμοποιούνται οι ντιζελογεννήτριες, όταν όμως σε αυτά υπάρχει βοηθητικός λέβητας καυσαερίων, υπάρχει ιδιαίτερη μικρή εγκατάσταση ατμού και τότε χρησιμοποιούνται και ατμοστρόβιλοι για την κίνηση των ηλεκτρογεννητριών.

Στις παλινδρομικές ατμογεννήτριες υπάρχει ασφαλιστική διάταξη **ρυθμιστή στροφών** και **αυτόματου διακόπτη υπερταχύνσεως** φυγοκεντρικού τύπου.

Οι στροβιλοηλεκτρικές διαθέτουν τις παρακάτω ασφαλιστικές διατάξεις:

α) διακόπτη υπερταχύνσεως,

β) διακόπτη υψηλής αντίθλιψης, ο οποίος τη σταματά, όταν αναπτυχθεί ιπερβολική αντίθλιψη στην εξαγωγή λόγω τυχόν βλάβης της αντλίας κυκλοφορίας του ψυγείου ή οποιαδήποτε άλλης αιτίας.

η) διατάσση χαρημάτις πάσσων λαδιού, ο οποίος κλείνει τον ατμοφράκτη σε περίπτωση πτώσεως λαδιού λιπάνσεως της στροβιλολεκτρικής, για την πρόληψη σοβαρών ζημιών σε αυτή, και

δ) χειροκίνητο διακόπτη, με τον οποίο ο χειριστής μπορεί να σταματήσει γρήγορα το στρόβιλο με το απλό πάτημα ενός κουμπιού.

Οι ντιζελολεκτρικές διαθέτουν επίσης **ρυθμιστή στροφών, διατάσση υπερταχύτησης** και το **χειροκίνητο διακόπτη**, ο οποίος κατά κανόνα ενσωματώνεται μάλιστα στο ρυθμιστή στροφών.

Σε πολύ μικρή κλίμακα τέλος χρησιμοποιούνται σε μικρά πετρελαιοκίνητα σκάφη μικροί αεριοστρόβιλοι για την κίνηση των ηλεκτρογεννητριών τους.

Από τους κανονισμούς των νηογνωμόνων, π.χ. του Lloyd's Register of Shipping ή του Bureau Veritas κλπ. και των διατάξεων των διεθνών συμβάσεων, στις οποίες συμμετέχει και η Ελλάδα, και από τις οποίες κυριότερη θεωρείται η λεγόμενη «Διεθνής Σύμβαση Ασφάλειας της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα» του 1960 ή, όπως συνηθίζεται να λέγεται, «SOLAS-60» (δηλαδή Safety Of Life At Sea - 1960), προβλέπεται η ύπαρξη **πλατφόρμητριας πλάτης**, η οποία και ξεκινά αυτομάτως, εάν για αποιοδήποτε λόγο σταματήσει η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τις κύριες γεννήτριες. Από αυτήν τότε τροφοδοτούνται τα ζωτικά και ουσιώδη μόνο κυκλώματα του πλοίου, όπως οι **πλαϊτάι φανοί**, το **μεταπροώητο πηδάλιο**, ο **μεταπροφετομέτρης πλάτης**, η διάταξη **κλεισμάτος των στεγανών θυρών** του πλοίου, τα **πληπαλέ σήματα**, οι διάφοροι **ενδείκτες** κλπ. Ανάλογη είναι και η πρόβλεψη τροφοδοτήσεως για ορισμένο χρόνο μερικών από τα ζωτικά αυτά κυκλώματα από πηγή ηλεκτρικής ενέργειας **λαρυγγής πάσσων** (συσσωρευτές).

Η τοποθέτηση και των ντιζελογεννητριών κινδύνου και της πηγής ΧΤ (χαμηλής τάσσεως) γίνεται σε μέρος του πλοίου πάνω από το κύριο κατάστρωμα και κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι πυρκαγιά ή άλλη ζημιά μέσα στο μηχανοστάσιο δεν θα επιδρά στην τροφοδότηση ή τη διανομή τους.

150.3 Η αγκατάσταση παραγωγής απασταγμένου νερού.

A) Εσωρυγή.

Η αγκατάσταση αυτή αποτελεί κατά κανόνα εξάρτημα της

κύριας ατμομηχανικής εγκαταστάσεως και συναντάται βεβαίως και στις βιομηχανίες ξηράς, απαραίτητα όμως πάνω στα πλοιά.

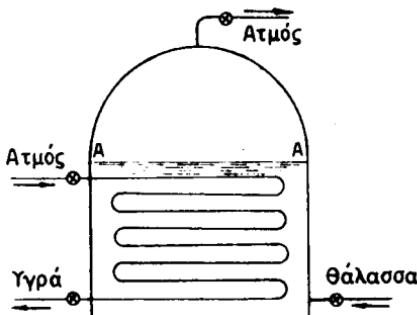
Σε ένα εργοστάσιο στην ξηρά χρησιμοποιούνται και άλλοι τρόποι, εκτός από την αιώσταξη του νερού με βραστήρες, για την παραγωγή νερού που τροφοδοτεί τους λέβητες, όπως φυσικοχημικές μέθοδοι αιτοσκληρύνσεως το φυσικού νερού και γενικά επεξεργασίας του, πριν ν μπει στο λέβητα. Στα πλοιά όμως, τα οποία διαθέτουν γύρω από αυτά απεριόριστη ποσότητα θαλάσσιου νερού, η εγκατάσταση παραγωγής αποσταγμένου νερού από το θαλάσσιο με τη βοήθεια των βραστήρων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση.

Το αποσταγμένο νερό μέσα στα πλοία χρησιμοποιείται κυρίως για την τροφοδότηση των λεβήτων, για την κυκλοφορία στο κλειστό σύστημα ψύξεως των ΜΕΚ ή στους συσσωρευτές, σε πάρα πολλές μάλιστα περιπτώσεις πλοίων που εκτελούν μακρινά ταξίδια, χωρίς ενδιάμεσους σταθμούς, χρησιμοποιείται και για το γέμισμα των **δεξαμενών του πόσιμου νερού** του πλοίου. Αυτό βεβαίως με την προϋπόθεση ότι ακαλουθούνται αυστηρά άλες οι σχετικές οδηγίες που αφορούν την περιεπότητά του στα αναγκαία μόνο άλατα και τη βακτηριολογική του καθαρότητα.

Εγκαταστάσεις παραγωγής αποσταγμένου νερού συναντούμε και σε ναυστάθμους, όπου υπάρχει πάντοτε αποθηκευμένη ποσότητα νερού, για άμεση χορήγηση στα πολεμικά πλοία ανάλογα με την εκάστοτε ανάγκη.

B) Βραστήρας απλού τύπου.

Αυτός παριστάνεται στο σχήμα 150.3α διαγραμματικά. Αποτελείται από θάλαμο, που γεμίζει με θαλασσινό νερό μέχρι τη



Σχ. 150.3α.

στάθμη Α-Α. Μέσα στο θάλαμο υπάρχει χάλκινος οφιοειδής σωλήνας. Στο εσωτερικό του σωλήνα περνάει ατμός ο οποίος θερμαίνει το θαλασσινό νερό που περιβάλλει το σωλήνα και το εξατμίζει. Ο παραγόμενος ατμός συμπυκνώνεται σε ειδικό ψυγείο, το ψυγείο βραστήρα, και μετατρέπεται σε αποσταγμένο νερό.

Η λειτουργία του βραστήρα πραγματοποιείται με τη βοήθεια της αντλίας του βραστήρα, η οποία στην πραγματικότητα αποτελείται από τρεις διαφορετικές αντλίες, που κινούνται όλες μαζί από βοηθητικό κινητήριο μηχάνημα.

Από τις αντλίες αυτές η μία **τροφοδοτεί το βραστήρα με θάλασσα**, η δεύτερη **αναρροφά το συμπύκνωμα** του ψυγείου και το στέλνει στη δεξαμενή αποσταγμένου, και η τρίτη **αναρροφά το θαλασσινό νερό** από το βραστήρα και το αποβάλλει στη θάλασσα, ώστε με τον τρόπο αυτό να απαλλάσσει τον υδροθάλαμο του βραστήρα από τα **άλατα**, των οποίων η πυκνότητα αυξάνεται συνεχώς λόγω της εξατμίσεως που συντελείται μέσα στο βραστήρα. Η τρίτη αυτή αντλία λέγεται και αντλία **καθαλαττώσεων**.

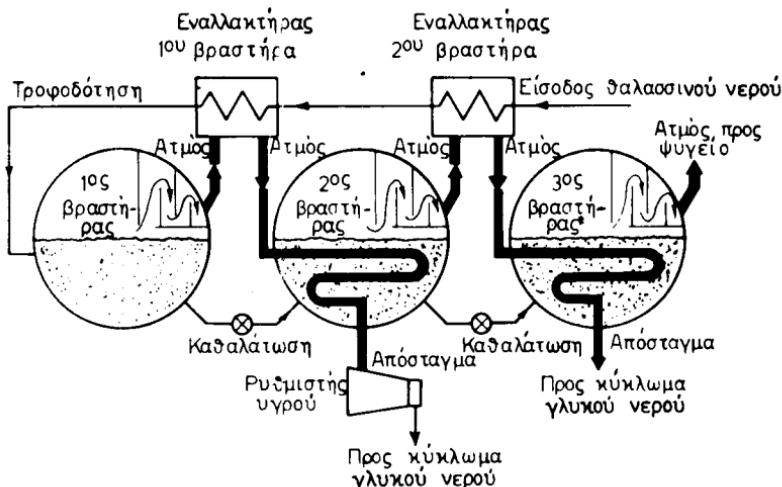
Παρά τη συνεχή όμως εξαγωγή των αλάτων με την αντλία, μετά από ορισμένο χρόνο λειτουργίας του βραστήρα τα στοιχεία του οφιοειδή σωλήνα καλύπτονται από στρώμα **καθαλαττώσεων** και η απόδοση του βραστήρα ελαττώνεται. Τότε κρατείται ο βραστήρας, εξάγονται τα στοιχεία και καθαρίζονται από τις καθαλαττώσεις με σφυροκρούσεις και αρμόζονται ξανά στη θέση τους, για να λειτουργήσει πάλι ο βραστήρας. Συνήθως υπάρχουν ανταλλακτικά καθαρά στοιχεία, που χρησιμοποιούνται κατά το διάστημα που διαρκεί ο καθαρισμός των ρυπαρών. Μετά από ορισμένο αριθμό καθαρισμού τους με σφυροκρούσεις τα στοιχεία υποβάλλονται σε επαναθέρμανση σε κάμινο με σκοπό την επαναφορά του υλικού τους σε φυσική κατάσταση.

Γ) Βραστήρας πολλαπλής ενέργειας.

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις στροβίλων με υψηλή πίεση ατμού χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι βραστήρες (ή αποστακτήρες) σε κενό πολλαπλής ενέργειας ή πολλαπλών βαθμίδων.

Το σχήμα 150.3β παριστάνει τη γενική διάταξη εγκαταστάσεων αποστακτήρα τριπλής ενέργειας.

Το θαλασσινό νερό μπαίνει στον εναλλακτήρα θερμότητας του 2ου βραστήρα, όπου προθερμαίνεται από τον ατμό, ο οποίος από το 2o βραστήρα μεταβαίνει στον 3o. Στη συνέχεια,



Σχ. 150.3β.

αφού περάσει από τον εναλλακτήρα του 1ου βραστήρα, όπου θερμαίνεται και σ' αυτόν, μπαίνει μέσα στον υδροθάλαμο του 1ου βραστήρα. Εκεί θερμαίνεται από τον ατμό, ο οποίος χορηγείται στην εγκατάσταση και ο οποίος κυκλοφορεί μέσα στα στοιχεία του πρώτου βραστήρα, που δεν παριστάνονται στο σχήμα.

Ο παραγόμενος ατμός στον πρώτο βραστήρα περνάει από διαφράγματα αποχωρισμού της υγρασίας, που βρίσκονται μέσα στον ατμοθάλαμο, και οδεύει προς τον πρώτο εναλλακτήρα, όπου προθερμαίνει το τροφοδοτικό θαλασσινό νερό. Παράλληλα, από τον υδροθάλαμο του πρώτου βραστήρα η εξαγωγή καθαλατώσεων λόγω υψηλότερης πιέσεως ρέει προς τον υδροθάλαμο του 2ου βραστήρα.

Μέσα στον 2ο βραστήρα ο ατμός του πρώτου ατμοποιεί το νερό του υδροθάλαμου, συμπυκνώνεται ο ίδιος και μέσω ρυθμιστή υγρών ρέει προς το δίκτυο γλυκού νερού.

Ο ατμός που παράγεται από το δεύτερο βραστήρα ενεργεί όπως και προηγουμένως αυτός του πρώτου, ώστε από τον τρίτο βραστήρα να λαμβάνεται πάλι ως συμπύκνωμα προς το δίκτυο γλυκού νερού.

Από τον τρίτο βραστήρα γίνεται και η αφαίρεση των καθαλατώσεων και η αποβολή τους έξω από το σκάφος.

Ο ατμός, ο οποίος παράγεται στον τρίτο βραστήρα, οδηγεί-

ται στο συμπυκνωτή, όπου και συμπυκνώνεται σε νερό.

Βραστήρες πολλαπλής ενέργειας υπάρχουν και άλλοι περισσότερο πολύπλοκοι από αυτόν που περιγράψαμε.

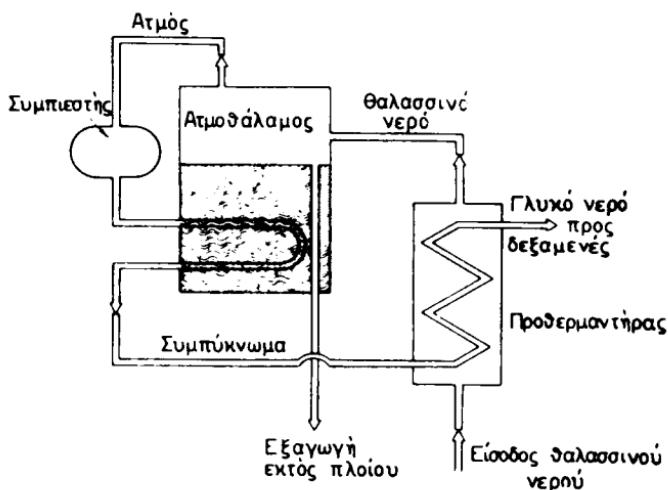
Δ) Ο βραστήρας με συμπιεστή ατμού.

Σε μικρά πλοία, όπου δεν υπάρχει πολὺς διαθέσιμος ατμός, χρησιμοποιείται το σύστημα αυτό του βραστήρα με συμπιεση του ατμού.

Κατά τον κύκλο λειτουργίας του (σχ. 150.3γ) η αναγκαία ενέργεια για την εξάτμιση του θαλασσινού νερού χορηγείται με τη μορφή μηχανικού έργου με συμπιεση του παραγόμενου ατμού.

Θεωρώντας ότι το θαλασσινό νερό βρίσκεται σε κατάσταση βρασμού, αντιλαμβανόμαστε ότι ο συμπιεστής προσθέτει ενέργεια στον ατμό αρκετή, για να συνεχίσει το βρασμό του θαλασσινού νερού του υδροθάλαμου με τα στοιχεία, μέσα από τα οποία με αυτό τον τρόπο κυκλοφορεί ο συμπιεσμένος ατμός. Αυτό προκαλεί μέσα στα στοιχεία τη συμπύκνωση του ατμού, ο οποίος με τη μορφή συμπυκνώματος πλέον οδηγείται στη συνέχεια στον προθερμαντήρα, όπου ψύχεται περισσότερο, κατά το χρονικό διάστημα που θερμαίνεται το εισερχόμενο θαλασσινό νερό της τροφοδοτήσεως.

Το όλο συγκρότημα μπαίνει σε λειτουργία με αρχικό βρασμό



Σχ. 150.3γ.

του θαλασσινού νερού με θερμαντήρες με ηλεκτρικές αντιστάσεις, οι οποίοι και τίθενται εκτός, αμέσως μόλις μπει σε λειτουργία ο συμπιεστής.

150.4 Η εγκατάσταση παραλαβής-μεταγγίσεως πετρελαίου.

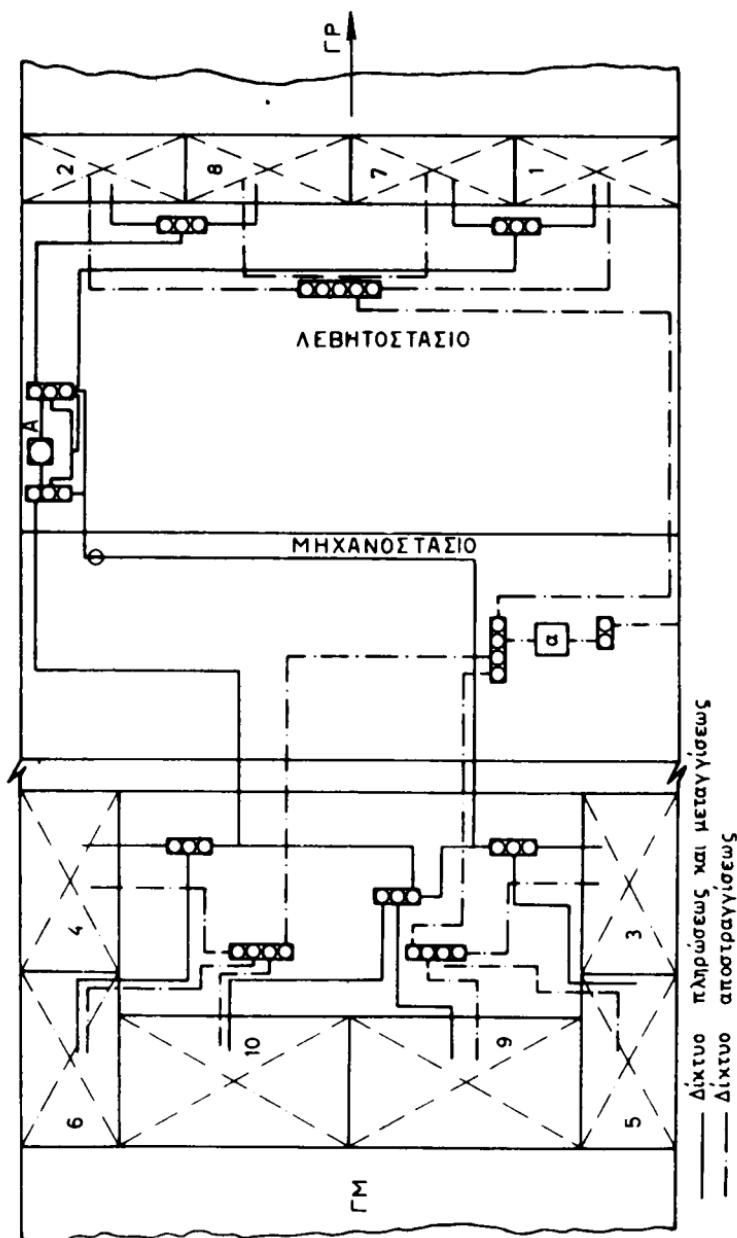
Η εγκατάσταση αυτή εξυπηρετεί το γέμισμα των δεξαμενών πετρελαίου και τη μετάγγιση από δεξαμενή σε δεξαμενή του πλοίου.

Το γέμισμα γίνεται με τις λήψεις παραλαβής, που υπάρχουν σε δύο ή και περισσότερα σημεία του πλοίου. Από τις λήψεις αυτές το παραλαμβανόμενο πετρέλαιο είτε λόγω στάθμης είτε και κάτω από την πίεση της αντλίας του πετρελαιοφόρου ή του σταθμού πετρελεύσεως διανέμεται στις δεξαμενές του πλοίου, των οποίων παρακολουθείται η στάθμη και κλείνεται ο ατομικός διακόπτης καθεμίας, όταν αυτή γεμίσει σε ποσοστό 95% περίπου της χωρητικότητάς της. Άμέσως μόλις γεμίσουν όλες οι δεξαμενές, σταματά και η παραλαβή πετρελαίου. Η παραλαβή του πετρελαίου πραγματοποιείται πολλές φορές και με τα μέσα του πλοίου. Αναρροφείται δηλαδή αυτό με αντλία του πλοίου και διανέμεται με το δίκτυο μεταγγίσεως προς τις δεξαμενές.

Η μετάγγιση πάλι του πετρελαίου εκτελείται από τις αντλίες μεταγγίσεως, οι οποίες αναρροφούν από τη μια δεξαμενή και αποβάλλουν στην άλλη με τη βοήθεια καταλλήλων γι' αυτό το σκοπό βαλβίδων.

Οι δεξαμενές πετρελαίου του πλοίου μπορούν επίσης να αποστραγγίζονται με τη βοήθεια ειδικής για το σκοπό αυτό αντλίας **αποστραγγίσεως** ή με την αντλία εξαντλήσεως των κυτών του πλοίου.

Το σχήμα 150.4 παριστάνει τη διάταξη δικτύου πληρώσεως, μεταγγίσεως και αποστραγγίσεως των δεξαμενών πετρελαίου. Διακρίνονται σε αυτό το **λεβητοστάσιο**, το **μηχανοστάσιο**, η **αντλία Α πληρώσεως** και **μεταγγίσεως** του πετρελαίου και η **αντλία κύτους α**, που χρησιμοποιείται και για την αποστράγγιση των δεξαμενών πετρελαίου. Επίσης διακρίνονται οι **δεξαμενές πετρελαίου No1** έως και **No 6** δεξιά και αριστερά και οι **δεξαμενές πλευρήστος χρήσεως** για το δίκτυο καύσεως, δηλαδή η **No 7, 8, 9, 10** δεξιά και αριστερά επίσης. Τέλος, διακρίνονται τα κιβώτια των βαλβίδων (κάσες) και οι σωληνώσεις του δικτύου πληρώσεως, μεταγγίσεως και αποστραγγίσεως των δεξαμενών.



150.5 Η εγκατάσταση κατά της πυρκαγιάς.

Η εγκατάσταση αυτή περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

α) Αντλίες πυρκαγιάς στροβιλοκίνητες ή ηλεκτροκίνητες φυγοκεντρικού συνήθως τύπου, οι οποίες αναρροφούν από τη θάλασσα και αποβάλλουν στο **δίκτυο κατασβέσεως** της πυρκαγιάς υπό πίεση νερού 5-10 kg/cm². Σε καίρια σημεία του πλοίου το δίκτυο καταλήγει σε λήψεις. Κοντά σε κάθε λήψη υπάρχει κιβώτιο με οθόνινο σωλήνα και ακροσωλήνιο, με τα οποία καταθλίβεται το νερό στον τόπο της πυρκαγιάς.

β) Ανάλογο δίκτυο κατασβέσεως της πυρκαγιάς με **διοξειδίο του άνθρακα** σε ορισμένους μόνο χώρους του πλοίου.

γ) **Φορητές γεννήτριες αφρού** κατασβέσεως πυρκαγιάς.

δ) **Φορητούς πυροσθετήρες** σε διάφορα σημεία.

ε) **Κάδους άμμου** με πτύο κλπ. σε διάφορα επίσης σημεία.

στ) Σύστημα **αυτόματου** ραντισμού με νερό, που καλείται σύστημα Sprinkler. Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνεται η αυτόματη ράντιση ή καταιονισμός ενός χώρου, όπου εκδηλώθηκε πυρκαγιά, με ραντιστήρες από την οροφή του χώρου. Οι ραντιστήρες αυτοί τοποθετούνται στα άκρα των σωλήνων του δικτύου Sprinkler, που καταλήγουν στις οροφές των χώρων, και αποτελούνται από γυάλινους βολβούς. Το όλο δίκτυο βρίσκεται υπό πίεση. Μόλις εκδηλωθεί πυρκαγιά σε ένα χώρο, σπάει ο γυάλινος βολβός και ο χώρος ραντίζεται με νερό αυτόματα.

ζ) **Πυροστεγή υποδιαιρεση** του πλοίου. Αυτή προβλέπεται από τη **Διεθνή Σύμβαση Ασφάλειας της ζωής στη θάλασσα** και συνίσταται στην υποδιαιρεση του σκάφους σε ζώνες που διαχωρίζονται μεταξύ τους από διαφράγματα. Τα διαφράγματα καθίστανται πυροστεγανά με επίχριση με ειδικές πυρο-ανθεκτικές ουσίες, όπως **αμιάντο - γύψο** κλπ. Οι θύρες και τα διάφορα ανοίγματα, που βρίσκονται μεταξύ δύο πυροστεγών ζωνών, καθίστανται και αυτά **πυροστεγή**, και ελέγχονται από τη γέφυρα του πλοίου, δηλαδή από μακριά.

Η όλη πυροστεγής υποδιαιρεση του πλοίου συμπληρώνεται μερικές φορές σε ανοικτούς χώρους, οι οποίοι ανήκουν σε δύο παραπλήσιες πυροστεγείς ζώνες με υδάτινα διαφράγματα. Για να σχηματισθεί ένα υδάτινο διάφραγμα χρησιμοποιείται συνήθως οριζόντιος σωλήνας με οπές πάνω στην κάτω γενέτειρά του, με τις οποίες ραντίζεται νερό σε επαρκή ποσότητα. Αυτό σαν παραπέτασμα (κουρτίνα) διαχωρίζει τις δύο ζώνες και εμπο-

δίζει τη μετάδοση και επέκταση της πυρκαγιάς από τη μια ζώνη στην άλλη.

η) Σύστημα ανιχνεύσεως του καπνού, το οποίο παρέχει τις ενδείξεις του στη γέφυρα του πλοίου. Με αυτό ειδοποιείται η γέφυρα για την έναρξη πυρκαγιάς σε κάποιο χώρο του πλοίου.

θ) Σύστημα αναγγελίας της πυρκαγιάς με **ηλητικά** (κωδωνισμοί κλπ.) και **οππικά** μέσα (κόκκινοι λαμπτήρες κλπ.).

ι) Πυροσβεστικό εξοπλισμό, δηλαδή **ενδυμασίες πυροσβέστη, αναπνευστικές συσκευές, πτύα, λοστούς, σφυριά** και άλλα χρήσιμα για την περίπτωση εργαλεία.

150.6 Η εγκατάσταση εξαντλήσεως κυτών.

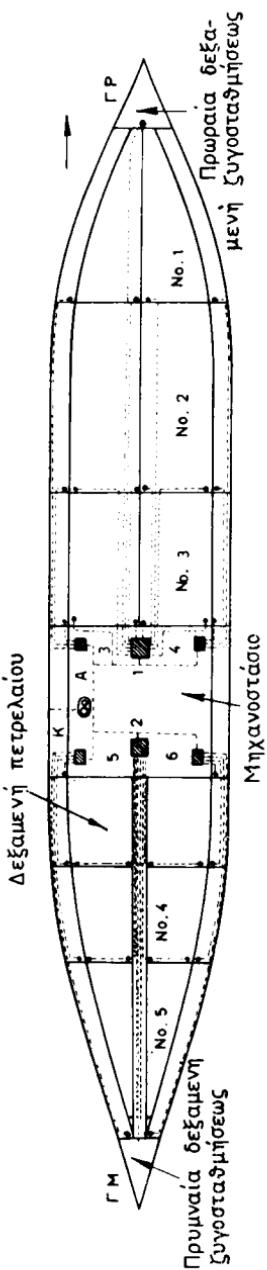
Αυτή έχει προορισμό την **απάντληση** και αποβολή εκτός πλοίου των νερών, λαδιών, πετρελαίου κλπ., που συγκεντρώνονται στον πυθμένα του πλοίου, τα κύτη (σεντίνες) και τα διάφορα **φρεάτια ή υδροσυμπλέκτες**. Αυτά προέρχονται από τις λεγόμενες απώλειες ατμού, νερού της όλης εγκαταστάσεως, από απώλειες λαδιού ή πετρελαίου και τέλος από μικρές διαρροές ή και εφιδρώσεις ακόμη του ίδιου του σκάφους.

Η όλη εγκατάσταση εξυπηρετείται από τις **αντλίες κύτους**, τους **εγκυρήρες κύτους** (τζιφάρια) και το **δίκτυο** των αναγκαίων σωληνώσεων.

Οι αντλίες πρέπει να είναι ικανές να εξαντλούν όχι μόνο τις μικρές ποσότητες νερού, αλλά και τις μεγαλύτερες, οι οποίες μπορεί να προέλθουν από σοβαρή διαρροή του σκάφους.

Στην όλη εγκατάσταση ανήκει και ο **σωσίβιος κρουνός**. Αυτός είναι μεγάλων διαστάσεων διακόπτης, που παρεμβάλλεται στον αναρροφητικό σωλήνα της αντλίας κυκλοφορίας της κύριας μηχανής και με κατάλληλο αναρροφητικό δίκτυο μπορεί να αναρροφήσει από τα κύτη του μηχανοστασίου, του βοηθητικού μηχανοστασίου και των λεβητοστασίων. Ανοίγεται σε περιπτώσεις διαρροής σε ένα από τα διαμερίσματα αυτά, οπότε ανοίγεται και το αντίστοιχο τοπικό επιστόμιο του διαμερίσματος, ενώ κλείνεται η από τη θάλασσα απορρόφηση της αντλίας κυκλοφορίας των μηχανών. Το νερό τότε του διαρρέοντος διαμερίσματος χρησιμοποιείται για την ψύξη των κύριων μηχανών και στη συνέχεια αποβάλλεται στη θάλασσα.

Το σχήμα 150.6 παριστάνει τυπικό διάγραμμα δικτύου εξαντλήσεως κυτών φορτηγού πλοίου. Διακρίνονται η **πρωταράδα δεξαμενής ξυγοσταθμίσεως**, τα No 1, 2, 3, 4 και και 5 **κύτη**



ΣΧ. 150.6.

(αμπάρια), το **μηχανολεβητοστάσιο**, η **δεξαμενή πετρελαιού δεξιά - αριστερά**, η **πρυμναία δεξαμενή ρυγοσταθμήσεως** και τα πλευρικά **φρεάτια** δεξιά και αριστερά από κάθε κύτος.

Μέσα στο μηχανοστάσιο υπάρχει η **αντλία κύτους A**, τα κιβώτια των επιστομίων αναρροφήσεως από διάφορους χώρους 1, 2, 3, 4, 5, 6 και ο **καταθλιπτικός σωλήνας** κ προς τη θάλασσα. Διακρίνονται επίσης οι **σωληνώσεις αναρροφήσεως** από τα διαμερίσματα και στα άκρα τους οι ποδοβαλβίδες (ποτήρια) της αναρροφήσεως.

Με το δίκτυο εξαντλήσεως μπορούμε να εξαντλήσομε επίσης και τις **δεξαμενές πετρελαιού** και **θαλασσέρματος** με κατάλληλες μόνιμες συνδέσεις.

Συνηθισμένη τέλος είναι η διάταξη, κατά την οποία το δίκτυο εξαντλήσεως συνδέεται με το **δίκτυο πυρκαγιάς**, οπότε και χρησιμοποιούνται ενιαίες αντλίες **κύτους-πυρκαγιάς**, οι οποίες αναρροφούν και από το κύτος και από τη θάλασσα και αποβάλλουν είτε στο δίκτυο πυρκαγιάς είτε εκτός πλοίου. Μια αντλία αυτού του είδους βρίσκεται κατά κανόνα σε λειτουργία, αναρρυφά από τη θάλασσα και αποβάλλει συνεχώς εκτός πλοίου πάλι στη θάλασσα, έτοιμη δηλαδή με γρήγορο χειρισμό των βαλβίδων να χρησιμοποιηθεί αμέσως είτε **ως αντλία κύτους είτε ως αντλία πυρκαγιάς αναλόγως**.

150.7 Η εγκατάσταση πληρώσεως-εξαντλήσεως θαλασσερμάτων.

Αυτή εξυπηρετείται από κατάλληλες αντλίες μεγάλης παροχής και αντίστοιχου δικτύου σωληνώσεων, για την πλήρωση και την εξάντληση των δεξαμενών θαλασσέρματος του πλοίου. Με κατάλληλες βαλβίδες και συνδετικά τμήματα σωλήνων συνδέεται το δίκτυο θαλασσέρματος του πλοίου με το δίκτυο εξαντλήσεως κυτών.

Σε πετρελαιοφόρα πλοία και γενικά πλοία υγρού φορτίου, οι δεξαμενές θαλασσέρματος χρησιμοποιούνται ως δεξαμενές φορτίου, όταν δε το πλοίο παραδώσει το φορτίο του και επιστρέφει κενό, οι δεξαμενές γεμίζονται με θάλασσα για λόγους ευστάθειας. Στα πλοία αυτά το δίκτυο θαλασσέρματος και υγρού φορτίου αποτελούν ενιαίο σύστημα ως επί το πλείστον.

150.8 Η εγκατάσταση πόσιμου νερού.

Έχει προορισμό την παροχή πόσιμου νερού, το οποίο αναρ-

ροφά από τις δεξαμενές ποσίμου νερού. Εξυπηρετείται από κατάλληλο δίκτυο διανομής και αντλίας πόσιμου. Η όλη εγκατάσταση συμπληρώνεται με το λεγόμενο **αεροπνέωνα** ή **πνεύμονα**. Αυτός είναι μεγάλο σιδερένιο δοχείο, μέσα στο οποίο καταθλίβει η αντλία πόσιμου μέχρι ορισμένη στάθμη. Ο πνεύμονας βρίσκεται υπό πίεση αέρα πάνω από τη στάθμη του νερού, ώστε από αυτόν να χορηγείται το πόσιμο νερό στο δίκτυο διανομής κάτω από σταθερή περίπου πίεση. Όταν η στάθμη του νερού μέσα στον πνεύμονα κατέβει, τότε με τη βοήθεια αυτόματου μηχανισμού μπαίνει σε κίνηση η αντλία πόσιμου, η οποία και συμπληρώνει το νερό μέσα στον πνεύμονα. Στο πάνω του μέρος ο πνεύμονας συγκοινωνεί με τη βοήθεια βρύσης και μικρού σωλήνα με το δίκτυο πεπιεσμένου αέρα για την αρχική και κατά τη λειτουργία συμπλήρωσή του με πεπιεσμένο αέρα.

150.9 Η εγκατάσταση νερού χρήσεως-υγιεινής.

Έχει προορισμό να χορηγεί, όπου απαιτείται στο πλοίο, γλυκό νερό (όχι πόσιμο) **χρήσεως (ή λάσπρας)** για καθαρισμούς στο πλοίο ή στα μαγειρεία κλπ. Η διάταξή της είναι παρόμοια με αυτήν του πόσιμου νερού. Μερικές φορές χρησιμοποιείται και θαλάσσιο νερό στο δίκτυο αυτό, το οποίο και παρέχεται στους χώρους υγεινής του πλοίου.

150.10 Η εγκατάσταση πεπιεσμένου αέρα χρήσεως.

Εξυπηρετείται από τους γνωστούς μας αεροσυμπιεστές και αεροφιάλες και με κατάλληλο δίκτυο παρέχει πεπιεσμένο αέρα χαμηλής πιέσεως 5-10 kg/cm², όπου απαιτείται για βοηθητικές χρήσεις.

Η εγκατάσταση αυτή είναι ανεξάρτητη και δεν πρέπει να συγχέεται με αυτήν του πεπιεσμένου αέρα υψηλής πιέσεως, που χρησιμοποιείται για την εκκίνηση των μηχανών.

150.11 Η εγκατάσταση ψυκτικής.

Εξυπηρετεί, κατά τα γνωστά, τη συντήρηση των τροφίμων του πλοίου, την παραγωγή πάγου και μερικές φορές την παραγωγή κρύου νερού με ιδιαίτερους για το σκοπό αυτό ψυκτήρες.

150.12 Υπόλοιπες βοηθητικές εγκαταστάσεις.

Εκτός από τις εγκαταστάσεις και τα δίκτυα που αναφέρθη-

καν, στα πλοία υπάρχουν και άλλες, όπως π.χ. του ατμού κεντρικής θερμάνσεως, του αερισμού των διαμερισμάτων ή του κλιματισμού των χώρων κλπ. ανάλογα με το μέγεθος, τον προ-ορισμό και πολλές φορές και την άνεση ή την πολυτέλεια, που πρέπει να διαθέτει το πλοίο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 151

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ

151.1 Γενικά.

Βοηθητικά μηχανήματα του σκάφους θεωρούνται εκείνα, που εξυπηρετούν αποκλειστικά το σκάφος, ώστε αυτό να μπορεί να ανταποκρίνεται επιτυχώς στον προορισμό του.

Τα βοηθητικά μηχανήματα που θα εξετάσομε εδώ είναι:

α) Το πηδάλιο με το μηχάνημά του.

β) Η πρωραία έλικα χειρισμών.

γ) Ο εργάτης αγκυρών με τις άγκυρες και τις αλυσίδες.

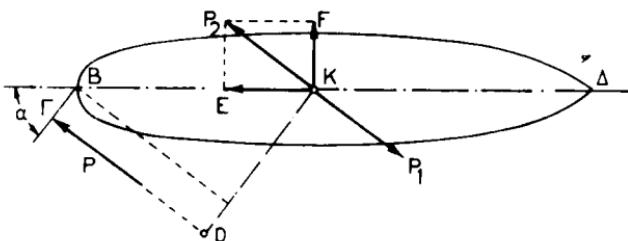
δ) Τα βαρούλκα προσθέσεως και φορτώσεως με τα εξαρτήματά τους.

151.2 Το πηδάλιο.

Α) Τρόπος ενέργειας του πηδαλίου.

Το πηδάλιο του πλοίου χρησιμεύει, για να στρέψει το πλοίο και να το βοηθά να ακολουθεί την επιθυμητή εκάστοτε πορεία.

Όταν το πηδάλιο βρίσκεται στο μέσο, τότε το πλοίο ακολουθεί ευθύγραμμη τροχιά. Εάν το πηδάλιο τεθεί στην πλευρά σε γωνία α ως προς τον διαμήκη άξονα του πλοίου, τότε αρχίζει νέα κίνηση του πλοίου (σχ. 151.2α) ως εξής:



Σχ. 151.2α.

Το ρεύμα της θάλασσας, το οποίο θεωρούμε ότι κινείται με ταχύτητα προς την πρύμνη του πλοίου, λόγω της στην πραγματικότητα κινήσεως του πλοίου προς τα πρόσω, αναπτύσσει μία δύναμη επάνω στην επιφάνεια του πηδαλίου στο σημείο Γ και έστω ότι η δύναμη αυτή έχει ένταση P.

Αν τώρα εφαρμόσουμε στο κέντρο βάρους του πλοίου Κ δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις P_1 και P_2 παράλληλες και ίσες κατ' απόλυτη τιμή προς την αρχική δύναμη P, τότε, όπως γνωρίζομε από τη Φυσική, το σύστημα των δυνάμεων δεν μεταβάλλεται καθόλου.

Η δύναμη P_2 τώρα αναλύεται περαιτέρω στις δυνάμεις E και F, ώστε επάνω στο πλοίο να ενεργούν οι εξής συνολικά δυνάμεις με τα αντίστοιχα αποτελέσματα:

- Η δύναμη F, που προκαλεί πλευρική ώθηση του πλοίου, αποτέλεσμα της οποίας είναι η πλευρική μετατόπιση ή έκπτωσή του.
- Η δύναμη E, η οποία ανακόπτει κατά ένα ποσοστό την ταχύτητα του πλοίου.
- Οι δυνάμεις P και P_1 , που αποτελούν ζεύγος, το οποίο τελικά προκαλεί τη στροφή του πλοίου προς το μέρος, προς το οποίο τοποθετήθηκε και το πηδάλιο.

Οι συνηθισμένες μορφές πηδαλίων είναι αυτές που παριστάνονται στα σχήματα 151.2β, 151.2γ και 151.2δ.

Το πηδάλιο του σχήματος 151.2β λέγεται **συγροστάθμητο**. Σ' αυτό όλη η επιφάνειά του βρίσκεται προς πρύμνα ως προς τον άξονα στροφής του.

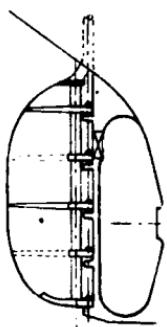
Το πηδάλιο του σχήματος 151.2γ λέγεται **ζυγροστάθμισμένο**. Σ' αυτό ένα μέρος της επιφάνειάς του βρίσκεται προς την πρώρα του άξονά του, ενώ το υπόλοιπο προς πρύμνα.

Τέλος το πηδάλιο του σχήματος 151.2δ λέγεται **ημιζυγροστάθμισμένο** πηδάλιο.

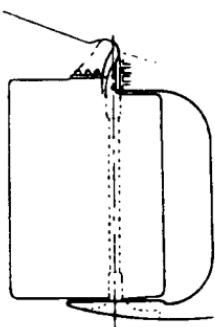
Για τη στρέψη του πηδαλίου δεξιά ή αριστερά μέσα στη θάλασσα απαιτείται ορισμένη δύναμη. Τη δύναμη αυτή την παρέχομε είτε με τα χέρια του πηδαλιούχου είτε με ιδιαίτερο μηχάνημα ατμοκίνητο ή ηλεκτροκίνητο, που λέγεται **μηχάνημα πηδαλίου**.

B) Η κίνηση του πηδαλίου - μηχανήματα στρέψεως.

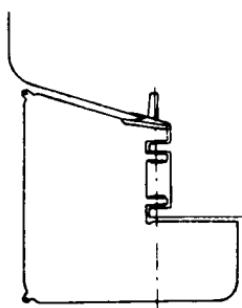
Σε μικρά πλοιάρια το πηδάλιο στρέφεται χειροκίνητα. Ο άξονάς του προεκτείνεται σε αυτή την περίπτωση (σχ. 151.2ε) μέχρι το κατάστρωμα και φέρει σφηνωμένο πάνω του μοχλό,



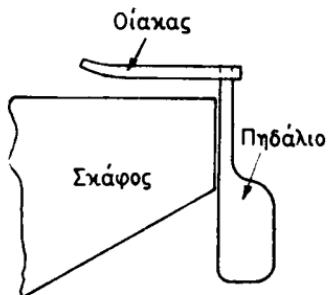
Σχ. 151.2β.



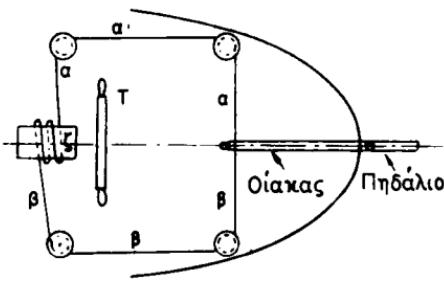
Σχ. 151.2γ.



Σχ. 151.2δ.



Σχ. 151.2ε.



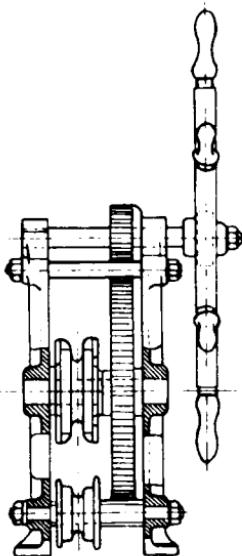
Σχ. 151.2στ.

που ονομάζεται οίακας (λαγουδέρα). Τον οίακα στρέφει δεξιά και αριστερά ο πηδαλιούχος.

Σε άλλη παρομοία περίπτωση η στρέψη του πηδαλίου γίνεται από τη γέφυρα του πλοίου. Τότε στη γέφυρα υπάρχει το **οιακοστρόφιο** (τιμόνι) Τ [σχ. 151.2(στ)] που περιστρέφει γύρω από οριζόντιο άξονα ο πηδαλιούχος. Η κίνηση του οριζόντιου αυτού άξονα μεταφέρεται με συρματόσχοινα, αλυσίδα ή οδοντωτούς τροχούς και σιδερένιες ράβδους μέχρι τον οίακα του πηδαλίου, τον οποίο στρέφει ανάλογα προς τα δεξιά ή αριστερά.

Το σχήμα 151.2ζ παριστάνει οιακοστρόφιο μεγαλύτερου πλοίου σε πλάγια όψη.

Στο χειροκίνητο σύστημα ο πηδαλιούχος στρέφει από τη γέφυρα του πλοίου με τη δύναμη των χεριών του το πηδάλιο και το κρατάει σε ορισμένη θέση, μέχρι το πλοίο να λάβει την κατάλληλη πορεία, την οποία ο πηδαλιούχος διαβάζει πάνω



Σχ. 151.2ζ.

στην πυξίδα. Σε μεγάλα πλοία δεν επαρκεί η δύναμη του πηδαλιούχου, για να στρέψει το πηδάλιο, και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα υπηρετικά μηχανήματα **ατμοκίνητα, ηλεκτροκίνητα ή ηλεκτροδραστικά**.

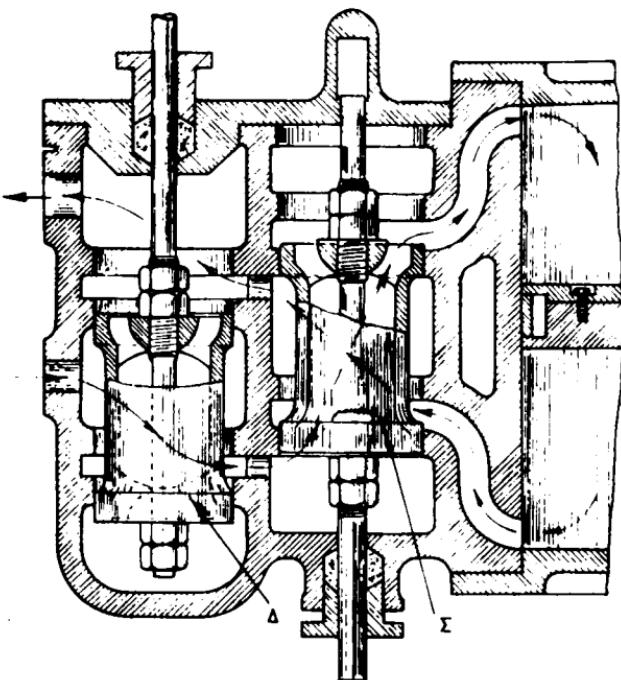
Σε όλα αυτά η κίνηση του μηχανήματος προκαλείται από τον πηδαλιούχο πάλι, ενώ το μηχάνημα αναλαμβάνει την περαιτέρω στροφή του στην επιθυμητή γωνία. Απαραίτητη προϋπόθεση στα μηχανήματα αυτά είναι η δυνατότητα **μετακίνησεως του πηδαλίου από τη μία στην άλλη θέση και διατηρήσεως του ακίνητου σε μία θέση για τόσο χρόνο, όσον ο πηδαλιούχος διατηρεί ακίνητο το οιακοστρόφιο**.

Γ) Το ατμοκίνητο μηχάνημα πηδαλίου.

Αυτό αποτελείται από παλινδρομική ατμομηχανή συνήθως δικύλινδρη, εφοδιασμένη με σύρτη διανομής και **διαφορικό ή ρυθμιστικό** σύρτη.

Το σχήμα 151.2η παριστάνει το ατμοκίνητο αυτό μηχάνημα σε τομή ενός από τους κυλίνδρους του. Διακρίνονται ο κύλινδρος, το έμβολο, οι θυρίδες, ο ατμοσύρτης Σ και ο διαφορικός ατμονομέας Δ.

Η κίνηση, που κάνει ο πηδαλιούχος στο οιακοστρόφιο από τη γέφυρα, μεταδίδεται με ράβδους και οδοντωτούς τροχούς ή με υδραυ-

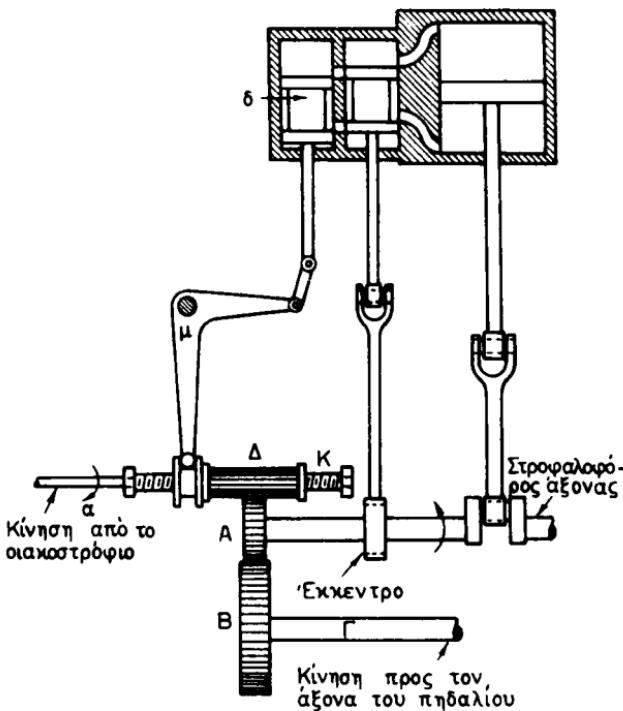


Σχ. 151.2η.

λικό σύστημα μεταδόσεως στο διαφορικό σύρτη Δ , ο οποίος, ανάλογα με τη θέση που θα πάρει, ρυθμίζει την κίνηση του μηχανήματος κατά τη μία ή την άλλη κατεύθυνση, ώστε το πηδάλιο να στραφεί δεξιά ή αριστερά.

Το σχήμα 151.2θ παριστάνει την όλη διάταξη διαγραμματικά. Διακρίνομε ότι η κίνηση του άξονα α από τον πηδαλιούχο μεταβιβάζεται μέσω του αγκωνωτού μοχλού μ προς το διαφορικό σύρτη δ , ο οποίος και διανέμει τον ατμό έτσι, ώστε να κινηθεί ο στροφαλοφόρος άξονας του μηχανήματος. Αυτός, μέσω του οδοντωτού τροχού A κινεί τον οδοντωτό τροχό B , ο οποίος με την σειρά του μεταδίδει την κίνησή του στον άξονα Γ , από τον οποίο και κινείται το πηδάλιο.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο πηδαλιούχος στρέφει το πηδάλιο κατά 10° προς τα δεξιά. Αυτό σημαίνει ότι επιθυμεί να εργασθεί το μηχάνημα και να του **στρέψει το πηδάλιο** κατά 10° δεξιά και να σταματήσει εποι. Με την κίνηση του πηδαλιούχου ο διαφορικός σύρτης μετακινήθηκε από τη μέση θέση του σε άλλη θέση και έθεσε σε λειτουργία το μηχάνημα, το οποίο όμως θα κινείται συνεχώς και θα στρέφει επίσης συνεχώς το πηδάλιο, εκτός αν υπάρχει κάποιο άλλο σύστημα, που να επαναφέρει το διαφορικό σύρτη στη μέση θέση του και να σταματά την περαιτέρω στροφή του πηδαλίου. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια του



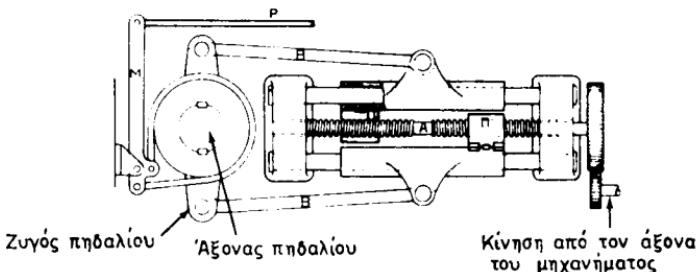
Σχ. 151.2θ.

χιτωνίου Δ και του κοχλία K . Ο στροφαλοφόρος άξονας δηλαδή του μηχανήματος στρέφει το χιτώνιο Δ τόσο, όσο το έστρεψε ο πηδαλιούχος, αλλά με αντίθετη φορά περιστροφής, όπως δείχνουν τα βέλη, και έτσι με την ελάχιστη (διαφορική) κίνηση, που εκτελεί ο πηδαλιούχος στο διαφορικό σύρτη, το ίδιο το μηχάνημα τον επαναφέρει στη μέση θέση του. Γι' αυτό και ο σύρτης ονομάζεται **διαφορικός**.

Αφού πάντως κινηθεί ο άξονας του μηχανήματος, η μετάδοση στον άξονα του πηδαλίου γίνεται με απλό τρόπο ή στις μεγαλύτερες κατασκευές με μηχανισμό κινήσεως, όπως αυτός που παριστάνεται στο σχήμα 151.2ι.

Η λειτουργία του μηχανισμού βασίζεται στο ότι ο κεντρικός άξονας Α του μηχανισμού έχει δύο τετραγωνικά και αντίστροφα σπειρώματα, ένα αριστερόστροφο και ένα δεξιόστροφο, ώστε με την περιστροφή του να μπορεί είτε να απομακρύνει είτε να πλησιάσει τα περικόχλια Π το ένα προς το άλλο και ανάλογα με τη βοήθεια και των βραχιόνων Β να στρέφει τον άξονα του πηδαλίου προς τη μια ή την άλλη πλευρά.

Στο σχήμα 151.2ι το πηδάλιο βρίσκεται στο μέσο. Στο ίδιο σχήμα διακρίνομε επίσης το μοχλό Μ και τη ράβδο Ρ χειρισμού του μοχλού



Σχ. 151.2ι.

αυτού για την πέδηση (φρενάρισμα) της περιστροφής σε περίπτωση ανωμαλίας.

Δ) Το ηλεκτροκίνητο πηδάλιο.

Αυτό αποτελείται από ισχυρό ηλεκτροκινητήρα, που τροφοδοτείται από την ηλεκτρογεννήτρια του πλοίου. Αυτός τίθεται σε κίνηση και σταματά με την μετακίνηση, που κάνει από τη γέφυρα ο πηδαλιούχος στο οιακοστρόφιο.

Η κίνηση του άξονα του ηλεκτροκινητήρα μεταφέρεται στη συνέχεια είτε με απλή μετάδοση είτε μέσω μηχανισμού, όπως αυτός του σχήματος 151.2ι μέχρι τον άξονα στροφής του πηδαλίου.

Ε) Το ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο.

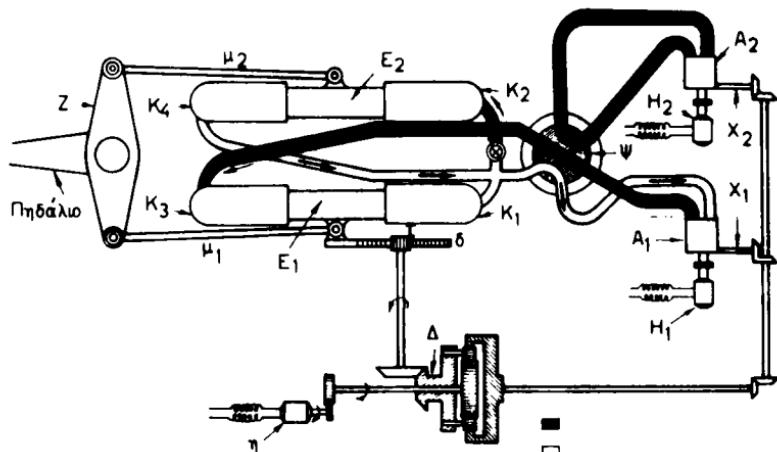
Αυτό χρησιμοποιείται περισσότερο από όλα στις πιο σύγχρονες και μεγάλες κατασκευές πλοίων.

Η γενική του διάταξη παριστάνεται στο σχήμα 151.2ια, όπου διακρίνονται τα εξής: Ο ηλεκτροκινητήρας η, ο οποίος με ηλεκτρικούς αγωγούς δέχεται την κίνηση, που κάνει ο πηδαλιούχος στη γέφυρα. Ο ηλεκτροκινητήρας με τη βοήθεια οδοντωτών τροχών και ράβδων περιστρέφει σε ορισμένη θέση τους άξονες X_1 και X_2 .

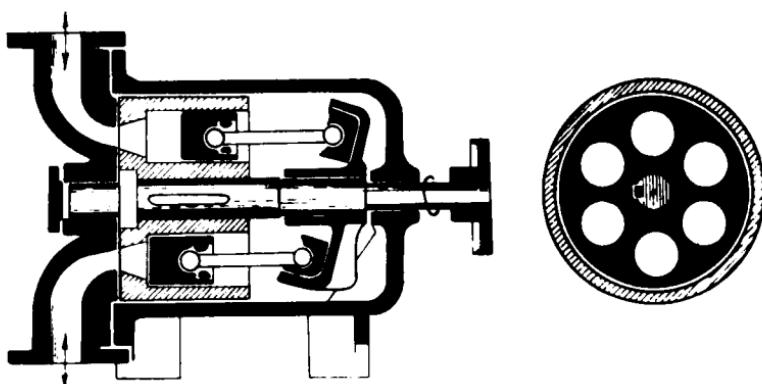
Δύο αντλίες λαδιού, οι A_1 και A_2 , όπως του σχήματος 151.2ιβ, με περιστρεφόμενους κυλίνδρους, στρέφονται συνεχώς από τους ηλεκτροκινητήρες H_1 και H_2 .

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν εργάζονται και οι δύο αντλίες ταυτοχρόνως. Είναι δηλαδή η μία σε λειτουργία και η άλλη έτοιμη προς λειτουργία, αν συμβεί ανωμαλία στην πρώτη. Μόνον όταν το πλοίο διέρχεται διαύλους και γενικά πλέει σε δύσκολες περιοχές ή χειρίζεται μέσα σε λιμάνι, μπαίνουν και οι δύο αντλίες σε λειτουργία.

Στο σχήμα 151.2ια βρίσκεται σε λειτουργία η A_1 , ενώ η άλλη αργεί. Η αντλία A_1 επομένως στρέφει με σταθερή ταχύτητα και ούτε αναρροφεί ούτε καταθλίβει λάδι, εφόσον το οιακοστρόφιο βρίσκεται σταματημένο. Οταν όμως το οιακοστρόφιο στρέφει τον άξονα X_1 ,



Σχ. 151.2ια.



Σχ. 151.2ιβ.

τότε μεταβάλλεται η θέση της λεκάνης των διωστήρων των εμβόλων του σχήματος 151.2ιβ και έτσι αρχίζει η αναρρόφηση ή η κατάθλιψη.

Στο σχήμα 151.2ια η αντλία A_1 αναρροφά λάδι από τους κυλίνδρους K_1 και K_4 και αποβάλλει στους κυλίνδρους K_2 και K_3 .

Έτσι τα έμβολα θα κινηθούν το E_2 προς τα κάτω, ενώ το E_1 προς τα επάνω, όπως δείχνουν τα βέλη, και τελικά με τη βοήθεια των μοχλοβραχιόνων μ_1 και μ_2 θα στραφεί ο ζυγός Z του άξονα του πηδαλίου και το πηδάλιο θα στραφεί δεξιά.

Η κίνηση του πηδαλίου με τη βοήθεια του οδοντωτού κανόνα δ , του τροχού τ και του διαφορικού συστήματος Δ προκαλεί αντίστροφη περιστροφή του άξονα X_1 , ο οποίος και φέρει στη μέση θέση της τη

λεκάνη των διωστήρων των εμβόλων της αντλίας, οποτε η αντλία πάueι να αναρροφά ή να αποβάλλει λάδι στους κυλίνδρους, και το πηδάλιο σταματά στη θέση που όρισε ο πηδαλιούχος.

Ο διανομέας ψ χρησιμεύει για την εναλλαγή των αντλιών A_1 και A_2 .

Όταν ο πηδαλιούχος στρέψει αντίθετα το οιακοστρόφιο, συμβαίνουν τα αντίθετα και το πηδάλιο επανέρχεται στη μέση θέση του ή και συνεχίζει τη στροφή του προς την άλλη πλευρά ανάλογα.

ΣΤΙ) Η εγκατάσταση των πηδαλίων.

Το μηχάνημα πηδαλίου, ατμοκίνητο ή ηλεκτρικό ή ηλεκτροϋδραυλικό, τοποθετείται στο πρυμναίο μέρος του πλοίου κοντά στον άξονα του πηδαλίου, σε ιδιαίτερο χώρο που ονομάζεται **διαμέρισμα πηδαλίου**.

Στα μεγάλα πλοία υπάρχουν δύο ή περισσότερες θέσεις πηδαλιούχιας, συνήθως μία στην άνω γέφυρα μία στην κάτω γέφυρα εναλλακτικά, μία πάνω στο κύριο κατάστρωμα προς την πρύμνη του πλοίου και μία, αυτή του επιτόπιου χειρισμού, στο ίδιο το διαμέρισμα του μηχανήματος του πηδαλίου.

Σε όλες τις εγκαταστάσεις πηδαλίων υπάρχει διάταξη, με την οποία μετατρέπονται σε χειροκίνητα.

Η μετάδοση από τη θέση της πηδαλιούχιας μέχρι το μηχάνημα γίνεται είτε με ράβδους και οδοντωτούς τροχούς, είτε με ηλεκτρικούς κινητήρες, είτε με σύστημα υδραυλικού μεταδότη και δέκτη αντίστοιχα.

Στο υδραυλικό σύστημα των πηδαλίων χρησιμοποιείται ως εργαζόμενη ουσία ειδικό λάδι, αρκετά λεπτόρρευστο, ή ενίοτε και μίγμα αποσταγμένου νερού και γλυκερίνης με αναλογία γλυκερίνης 25% περίπου.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να καταβάλλεται κατά τη λειτουργία, ώστε να μην υπάρχουν **διαρροές στο κύκλωμα**, είτε της μεταδόσεως από τη γέφυρα προς το μηχάνημα, είτε των αντλιών, γιατί τότε το πηδάλιο καθίσταται **νωθρό και δεν θα υπάρχει τέλεια ανταπόκριση της γωνίας, που θα βλέπει ο πηδαλιούχος στον ενδείκη** μέσα στη γέφυρα και της πραγματικής γωνίας, στην οποία θα βρίσκεται το πηδάλιο.

Μεγάλη επίσης προσοχή πρέπει να δίνεται στον καλό **εξαερισμό των υδραυλικών δικτύων**, γιατί, εάν υπάρχουν φυσαλίδες αέρα μέσα σε αυτά, πάλι θα υπάρχουν απώλειες κατά τη μετάδοση.

Σε νεότερες σύγχρονες κατασκευές επιβατηγών πλοίων μεγάλων αποστάσεων, όπως τα υπερωκεάνεια ή και φορτηγών και πετρελαιοφόρων, τα οποία ταξιδεύουν για μεγάλο διάστημα με σταθερή πορεία, προβλέπεται αυτόματη λειτουργία του πηδαλίου με τη βοήθεια του λεγόμενου **αυτόματου γυροσκοπικού πλότου**.

Αυτός είναι ιδιαίτερος μηχανισμός, ο οποίος αναλαμβάνει και μετακινεί με μικρομετρικές κινήσεις το πηδάλιο και διατηρεί σταθερή την πορεία του πλοίου κατά το ταξίδι, τίθεται δε εκτός, όταν το πλοίο

πλέει με συχνές εναλλαγές της πορείας σε αβαθή νερά ή διαύλους ή πάλι κατά την είσοδο και τους χειρισμούς μέσα σε λιμάνια.

151.3 Πρωραία έλικα χειρισμών.

Παλαιότερα σε πλοία, τα οποία ήταν υποχρεωμένα να εκτελούν συχνούς χειρισμούς και κινήσεις μέσα σε μικρά ιδίως λιμάνια, και με σκοπό την ευκολία και ταχύτητα κατά την εκτέλεση αυτών χρησιμοποιούσαν μικρό βοηθητικό πηδάλιο, που τοποθετούσαν κάτω από την πρώρα.

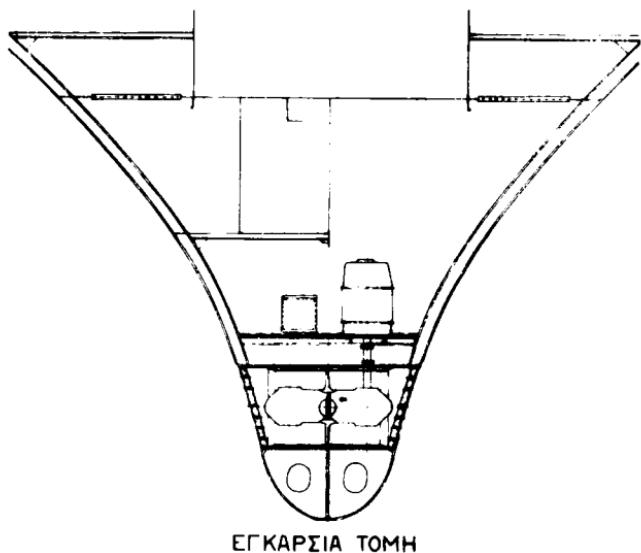
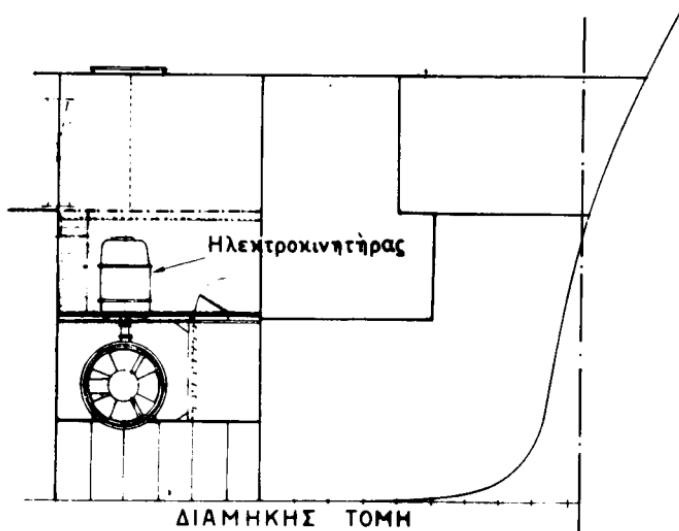
Σήμερα έχει καταργηθεί πλέον το σύστημα αυτό και αντί του βοηθητικού αυτού πηδαλίου χρησιμοποιείται **η πρωραία έλικα χειρισμών ή πρωραία έλικα πηδαλιουχήσεως** (σχ. 151.3α).

Στο κάτω από την ίσαλη γραμμή τρύμα της πρώρας (πλώρης) του πλοίου τοποθετείται εγκάρσιος στεγανός σωλήνας, ο οποίος διαπερνά το πλοίο από τη μία στην άλλη πλευρά. Μέσα στο σωλήνα αυτό λειτουργεί η έλικα χειρισμών που είναι μεταβλητής κλίσεως των πτερύγων της και μεταβλητού βήματος. Περιστρέφεται μέσω οδοντωτών τροχών από κατακόρυφο ηλεκτροκινητήρα που βρίσκεται μέσα στο σκάφος και, εφόσον τα πτερύγια της βρίσκονται στην ουδέτερη θέση, όπως παριστάνεται στην εγκάρσια τομή του σχήματος 152.3α, καμιά κίνηση της πρώρας του πλοίου δεν προκαλεί.

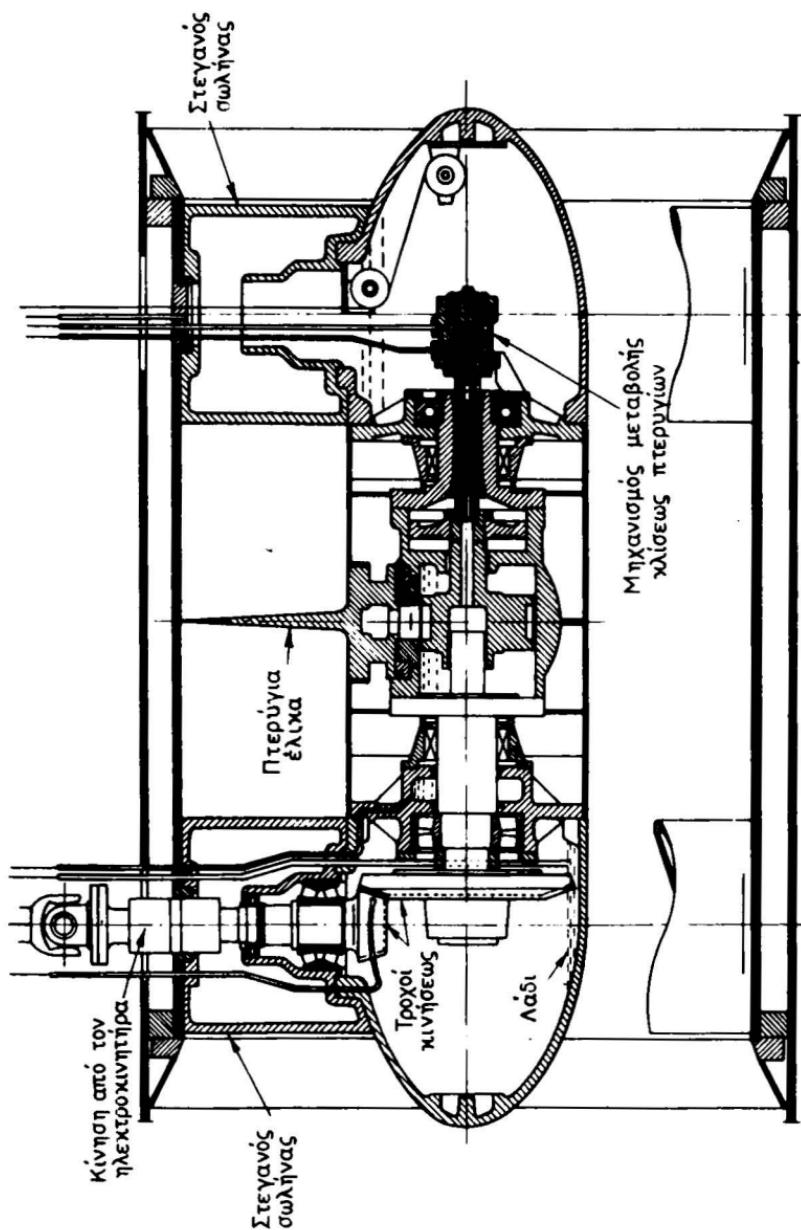
Υδραυλικός μηχανισμός, ο οποίος καταλήγει στο κοίλο του σώματος της έλικας και ελέγχεται από το εσωτερικό του σκάφους, δηλαδή από τη γέφυρα, ή επιτοπίως από το διαμέρισμα που είναι πάνω από την έλικα, μπορεί να μεταβάλλει την κλίση των πτερύγων της έλικας προς τα δεξιά ή αριστερά. Ετσι, όταν η έλικα περιστρέφεται μέσα στο σωλήνα της, παρασύρει την πρώρα του σκάφους ανάλογα, ώστε να υποβοηθεί αποδοτικά τη στροφή του, η οποία επιχειρείται βασικά με το πηδάλιο της πρύμνης.

Η πρωραία έλικα χειρισμών δεν είναι βεβαίως συνηθισμένη στα πλοία, χρησιμοποιείται δε μόνο σε όσα χρειάζονται μεγάλη ευχέρεια χειρισμών. Με συνδυασμένη χρήση του πηδαλίου και της πρωραίας έλικας χειρισμών επιτυγχανεται η επί τόπου περίπου στροφή του σκάφους.

Το σχήμα 151.3β παριστάνει σε τομή τον όλο μηχανισμό και την έλικα χειρισμών σουηδικού τύπου KA-ME-WA. Διακρίνονται ο ηλεκτροκινητήρας και ο υδραυλικός μηχανισμός ελέγχου των πτερυγίων. Και οι δύο χειρίζονται κατά τις κινήσεις του



Σχ. 151.3α.



Σχ. 151.3β.

πλοίου από τη γέφυρα κυρίως ή και επιτοπίως από το διαμέρισμα της ίδιας της έλικας.

151.4 Ο εργάτης με τις άγκυρες και τα εξαρτήματά τους.

A / Γενικά.

Για να κρατηθεί το πλοίο σε ορισμένη θέση μέσα στο λιμάνι, προσδένεται σε διάφορα σημεία πάνω στην ξηρά, τα οποία ονομάζονται δέστρες και τα οποία είναι σταθερά προσηρμοσμένα στις προβλήτες του λιμανιού, όπου και παραβάλλει το πλοίο.

Όταν αυτό δεν είναι δυνατό και για να κρατηθεί το πλοίο ακίνητο πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας, χρησιμοποιεί την **άγκυρα**, την οποίαν ποντίζει στο βυθό της θάλασσας. Συνήθως όλα τα πλοία έχουν δύο άγκυρες, μία δεξιά και μία αριστερά (μερικές φορές και μία εφεδρική).

Η άγκυρα συνδέεται με αλυσίδα (καδένα), από την οποία ανακρεμάται, και ποντίζεται με το βάρος της και σφηνώνεται στο βυθό της θάλασσας, ώστε να συγκρατεί το πλοίο. Μετά την πόντιση της άγκυρας ανελκύεται η αλυσίδα (μαζεύονται τα μπόστικα της καδένας) όσο χρειάζεται και αφήνεται μήκος της αλυσίδας ελεύθερο, λίγο μεγαλύτερο από την κάθετη απόσταση του σημείου της ποντίσεως μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας. Ετσι το πλοίο μπορεί και στρέφεται γύρω από το σημείο της ποντίσεως (ανεμίζει) ανάλογα με την κατεύθυνση των τοπικών ανέμων. Το ελεύθερο μήκος της αλυσίδας εξαρτάται προφανώς και από τη διαμόρφωση των γύρω ακτών, του βυθού και από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.

Η ανέλκυση της αλυσίδας και η ανάσπαση της άγκυρας, η οποία γίνεται, αφού ανασύρομε την αλυσίδα, ώστε να ερθει κατακάθετη, γίνεται με ιδιαίτερο μηχάνημα τοποθετημένο στο πρόστεγο του πλοίου, το οποίο ονομάζεται **εργάτης της άγκυρας**.

Μετά την ανέλκυση της άγκυρας οι αλυσίδες στοιβάζονται σε ένα από τα πρωραία διαμερίσματα του σκάφους, το ονομαζόμενο **φρέστο αλύσεων**, ενώ οι άγκυρες εξέχουν δεξιά και αριστερά το σκάφος.

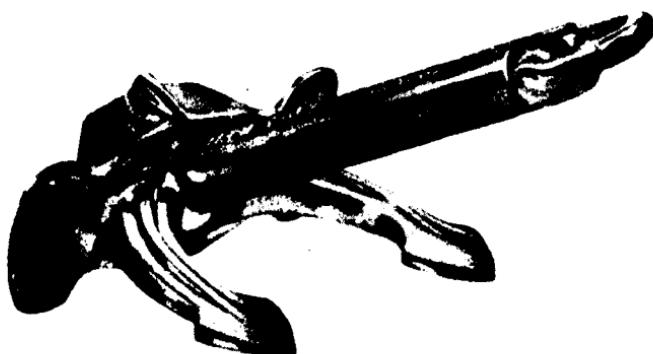
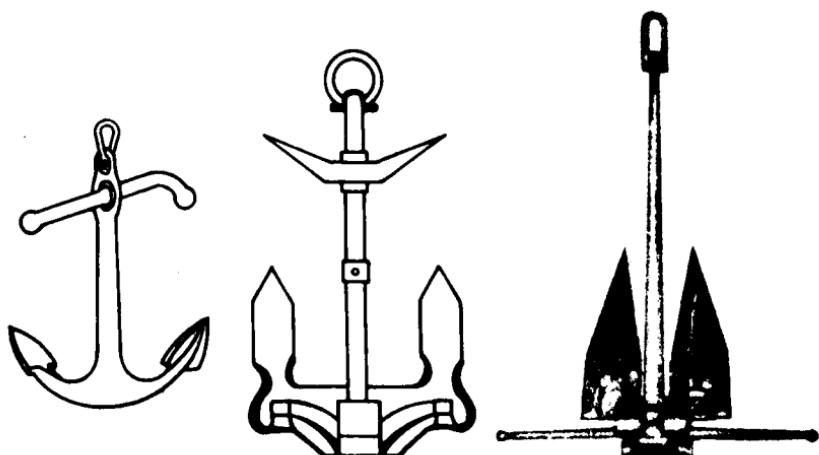
B/ Άγκυρες και αλυσίδες τους.

Το σχήμα 151.4a (σελ. 318) παριστάνει διαφόρους τύπους άγκυρών.

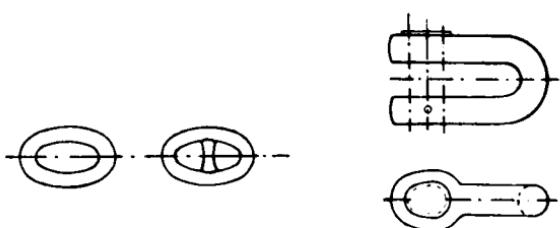
Η αλυσίδα της άγκυρας αποτελείται από κρίκους (χαλκάδες), οι οποίοι είναι **σπλοι ή διάδετοι**.

Το σχήμα 151.4β παριστάνει έναν απλό και ένα διάδετο κρίκο.

Πολλοί κρίκοι συνδέμενοι μεταξύ τους αποτελούν την όλη αλυσίδα. Κάθε τμήμα της αλυσίδας μήκους 30 μέτρων λέγεται **άγκυρα** (κλειδί). Τα άμματα συνδέονται μεταξύ τους με **λιθόμενους** κρίκους, όπως αυτός του σχήματος 151.4γ.



Σχ. 151.4α.



Σχ. 151.4β.

Σχ. 151.4γ.

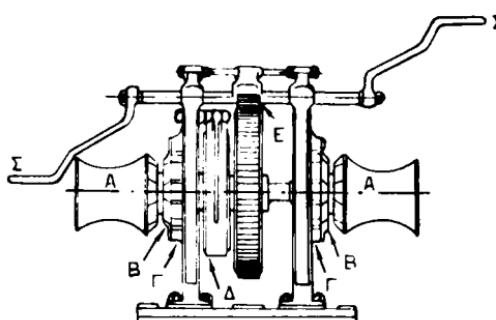
Το βάρος της άγκυρας του πλοίου, οι διαστάσεις των κρίκων, η ιπποδύναμη του εργάτη και τα υπόλοιπα στοιχεία τους προδιαγράφονται από τους διαφόρους Ναυτικούς Τεχνικούς Κανονισμούς, οι οποίοι εκδίδονται από τους κατά τόπους **νηογνώμονες**. Τα στοιχεία αυτά εξαρτώνται προφανώς από το εκτόπισμα (βάρος) του πλοίου και τον τύπο του. Οι κυριότεροι νηογνώμονες, είναι ο αγγλικός Lloyd's Register of Shipping, ο αμερικανικός American Bureau of Shipping, ο γαλλικός Bureau Veritas κλπ.

Οι παραπάνω νηογνώμονες προδιαγράφουν κατά κανόνα ως υλικό αγκυρών και αλυσίδων το **σφυρήλατο χάλιυθα**.

Γ) Ο εργάτης αγκυρών και το μηχάνημά του.

Σε μικρά πλοία χρησιμοποιείται ενιοτε χειροκίνητος εργάτης. Ειώ κατά κανόνα στα μεγαλύτερα ο εργάτης κινείται από ιδιαίτερο κινητήριο μηχάνημα **στροκίνητο, ηλεκτροκίνητο ή ηλεκτροϋδραυλικό**.

Χειροκίνητος εργάτης παριστάνεται στο σχήμα 151.4δ, όπου είναι: Α-Α **τύμπανα έλξεως** και **περιελίξεως των σχοντών**, όταν ο εργάτης χρησιμοποιείται για την παράπλευρη πρόσδεση του πλοίου. Β-Β **τύμπανα οδοντωτά** για την έλξη της αλυσίδας, τα **αλυσέλικτρα**. Γ-Γ **περιφερειακές οδοντώσεις**, πάνω στις οποίες εμπλέκονται **οδοντωτοί μοχλοί** (καστάνιες). Αυτές συνιστούν ασφαλιστική διάταξη, η οποία επιτρέπει την κίνηση του αλυσέλικτρου κατά μία φορά. Οταν τυχόν αναστραφεί η κίνηση, η καστάνια εμπλέκεται στην οδόντωση και η περιστροφή του μηχανήματος σταματά. Δ **πέδη** (φρένο) για την πέδηση του μηχανήματος. Ε-Ε **οδοντωτοί τροχοί** κινήσεως του μηχανήματος με τη βοήθεια των **χειρομοχλών στρέψεως** Σ για την ανέλκυση της άγκυρας. Κατά την πόντισή της ωθείται ο μικρός τροχός Ε προς τα αριστερά, οπότε και αποσυνδέεται από το μεγάλο τροχό, και ο εργάτης στρέφει ελεύθερος (τρελός) από το βάρος της άγκυρας και της αλυσίδας. Προκειμένου να ανελκυσθεί η άγκυρα, επανεμπλέκεται ο μικρός τροχός Ε με το μεγάλο και περιστρέφονται οι χειρομοχλοί Σ.



Σχ. 151.4δ.

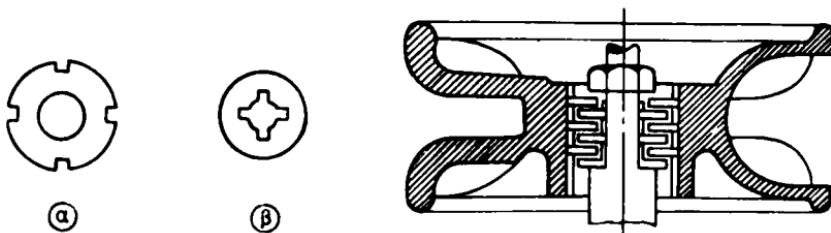
Εάν ο εργάτης είναι ατμοκίνητος, τότε ως κινητήριο μηχάνημα χρησιμοποιείται δικύλινδρη παλινδρομική μηχανή απλής εκτονώσεως, με γωνία στροφάλων 90 και βαθμό εισαγωγής ατμού $\epsilon = 80\%$; εφοδιασμένη με σύστημα διανομής κατάλληλο, ώστε να είναι δυνατή η περιστροφή της κατά τις δύο διευθύνσεις, ανάλογα με τη θέση του χειριστήριου μοχλού του μηχανήματος.

Η κίνηση της ατμομηχανής μεταδίδεται στον εργάτη με ατέρμονα κοχλιαί και οδοντωτό τροχό. Όταν ο εργάτης είναι ηλεκτροκίνητος κινείται με ηλεκτροκινητήρα.

Στο μηχανοκίνητο εργάτη είναι απαραίτητα τα εξής:

α) Να μπορεί ο εργάτης να στρέψει και κατά της δύο διευθύνσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με την αναστροφή της κινήσεως του κινητήριου του μηχανήματος.

β) Να μπορεί το αλυσέλικτρο να αποσυνδέεται από το μηχάνημα και να στρέψει *ελεύθερο* (τρελό). Προς τούτο χρησιμοποιείται η συνηθισμένη διάταξη συμπλέκτη με δίσκους τριβής. Στον εργάτη δηλαδή υπάρχουν 8 έως 12 δίσκοι, όπως οι τύπου ρ του σχήματος 151.4€, και άλλοι 8 έως 12, όπως οι τύπου β του ίδιου σχήματος. Οι πρώτοι εφαρμόζουν σε αντίστοιχες εξοχές του άξονα που κινείται από το μηχάνημα (σχ. 151.4€).

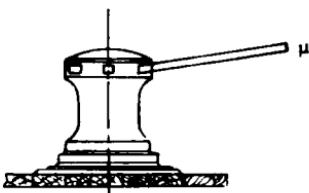


Σχ. 151.4€.

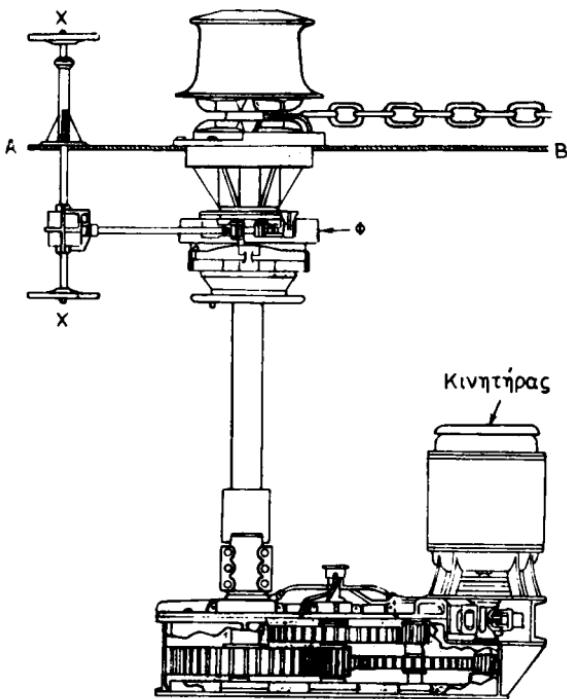
Αν οι δίσκοι σφιχθούν με την βίδα που είναι πάνω από αυτούς, τότε γίνονται ένα σώμα μεταξύ τους και μαζί με τον άξονα στρέφεται και το αλυσέλικτρο. Αν πάλι χαλαρώθει το περικόχλιο, τότε, όταν στρέφεται ο άξονας, το αλυσέλικτρο μένει ακίνητο ή, όταν ο άξονας είναι ακίνητος, το αλυσέλικτρο μπορεί να στρέφεται ελεύθερο.

γ) Να μπορεί ο εργάτης να στρέψεται χειροκίνητα. Αυτό γίνεται, αν αποσυνδεθεί το αλυσέλικτρο από τον άξονα του κινητήριου μηχανήματος, οπότε το αλυσέλικτρο περιστρέφεται με τους χειρομοχλούς ή σκυτάλες μ (σχ. 151.4στ). Στην περίπτωση αυτή *χρησιμοποιείται απαραίτητα η ασφαλιστική διάταξη της καστάνιας, για να μην αναστραφεί το αλυσέλικτρο και με τους μοχλούς τραυματίσει τους ανθρώπους που το χειρίζονται.*

Το σχήμα 151.4ζ παριστάνει τη διάταξη ενός ηλεκτροκίνητου



Σχ. 151.4στ.

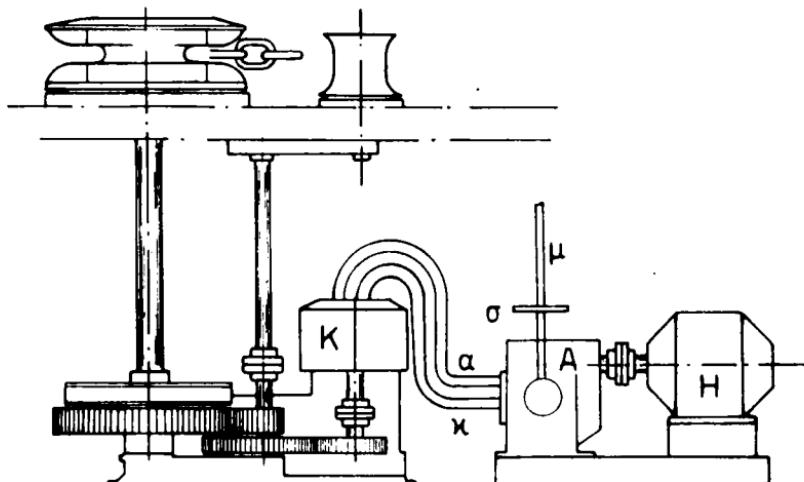


Σχ. 151.4ζ.

εργάτη άγκυρας. Διακρίνεται η γραμμή του καταστρώματος Α-Β και πάνω στο κατάστρωμα το **αλυσόλιπτρο** και η **αλυσίδα**, ενώ κάτω από το κατάστρωμα, στο εσωτερικό του πλοίου, ο **μλειεπροστηρός** με το κιβώτιο **οδοντωτών τροχών μεταδόσεως** της κινήσεως στον κατάκορυφο άξονα του εργάτη.

Οι **χειροσφρόνδιλοι** Χ-Χ χρησιμεύουν για την πέδηση (φρενάρισμα) του άξονα με το φρένο Φ, είτε από το κατάστρωμα είτε από το διαμέρισμα, ότου βρίσκεται εγκαταστημένο το κινητήριο μηχάνημα.

Το σχήμα 151.4η παριστάνει τη διάταξη ηλεκτροϋδραυλικού μηχανήματος αινήσεως του εργάτη. Σε αυτό είναι: Η ο **μλειεπροστηρός**,



Σχ. 151.4η.

που κινείται με σταθερή ταχύτητα. Α η *αντλία περιστρεφομένων πυλώνων* [η γνωστή από τις παραγράφους 125.11 και 151.2(Ε)], η οποία χρησιμοποιείται στα ηλεκτροϋδραυλικά πηδάλια, και ο σωλήνας αποβολής του λαδιού, με τον οποίο εργάζεται το υδραυλικό σύστημα, προς τον υδραυλικό κινητήρα Κ και α ο σωλήνας επιστροφής του λαδιού από τον υδραυλικό κινητήρα προς την αντλία.

Η ταχύτητα και η ισχύς του μηχανήματος ρυθμίζεται με τη βοήθεια του μοχλού μ και του χειροσφόνδυλου σ. Ο μοχλός μ προεκτείνεται μέχρι πάνω από το κατάστρωμα, ώστε να είναι δυνατός ο χειρισμός από εκεί.

Ο μοχλός μ επιδρά στην αντλία, ώστε να μεταβάλλει την παροχή της και ανάλογα την κίνηση του εργάτη.

151.5 Βαρούλκα - φορτωτήρες και εξαρτήματά τους.

Α) Γενικά.

Για την πρόσδεση του πλοίου από την πλευρά ή από την πρύμνη στις προβλήτες (μώλους) και για τη φόρτωση ή εκφόρτωση βαριών αντικειμένων ή το ανέβασμα και το κατέβασμα των λέμβων του πλοίου, χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι συρματοσχοίνων ή σχοινιών, ο χειρισμός των οποίων, ανάλογα με την περίπτωση, άλλοτε γίνεται από το προσωπικό του πλοίου με τα χέρια και άλλοτε με ιδιαίτερα μηχανήματα, τα **βαρούλκα** (βίντσια). Εποι έχομε πάνω στο πλοίο το βαρούλκο για τα «πρυμνήσια» (πρυμάτες), τα βαρούλκα για τους «φορτωτήρες» (μπίγες), τα βαρούλκα των «επωτίδων των λέμβων» (καπόνια) και διάφορα άλλα. Πάνω στο κατάστρωμα του πλοίου, σε

κατάλληλα σημεία της πρώρας και της πρύμνης, καθώς και των πλευρών του, προσαρμόζονται οι **κίονες** και **τονοδηγοί**, με τους οποίους επιτυγχάνεται ο ευχερής χειρισμός των συρματοσχοίνων και η ασφαλής πρόσδεση του σκάφους.

Β) Σχοινά και συρματόσχοινα.

Οι διαστάσεις των χρησιμοποιούμενων σχοινιών προδιαγράφονται από τους κανονισμούς των νηογνωμόνων, οι οποίοι καθορίζουν τη μορφή, το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους. Προβλέπουν σχοινιά **κονιάβια, σπάρτινα** ή **τύβινα**.

Για τα συρματόσχοινα προβλέπεται η χρησιμοποίηση χαλύβδινων συρμάτων, τα οποία πλέκονται όπως τα σχοινιά. Διακρίνονται σε **εύκαμπτα, υπερεύκαμπτα** και **μικτού τύπου**, ανάλογα με τον προορισμό και τη χρήση τους.

Γ) Κίονες και τονοδηγοί.

Οι κίονες και οι τονοδηγοί είναι χυτοσιδηρά, χυτοχαλύβδινα ή και ελασμάτινα τεμάχια, σταθερά προσαρμοσμένα μέσω της βάσεως τους πάνω στο κατάστρωμα του πλοίου. Η προσαρμογή τους γίνεται με καρφιά ή και με ηλεκτροροσυγκόλληση.

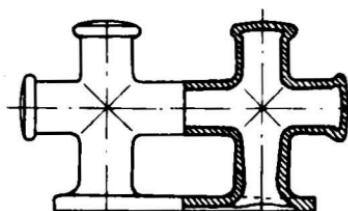
Οι κίονες (μπαμπάδες) χρησιμεύουν για την πρόσδεση του σκάφους, ενώ οι τονοδηγοί για να κατατευθύνουν τα αγόμενα, δηλαδή τα συρματόσχοινα.

Οι κίονες διακρίνονται σε δίστηλους (σχ. 151.5α) και σταυρωτούς (σχ. 151.5β).

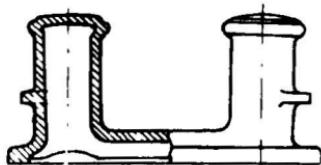
Οι τονοδηγοί εξάλλου χαρακτηρίζονται σε απλούς (σχ. 151.5γ) και έντροχους (σχ. 151.5δ).



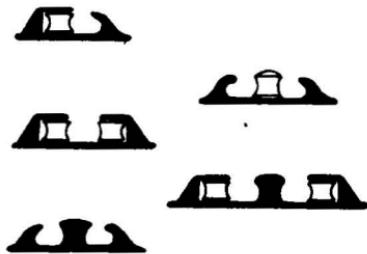
Σχ. 151.5α.



Σχ. 151.5β.



Σχ. 151.5γ.



Σχ. 151.5δ.

Δ) Ιστοί και φορτωτήρες - Επωτίδες λέμβων.

Αποτελούν εξαρτήματα της όλης εγκαταστάσεως φορτώσεως και εκφορτώσεως του πλοίου.

Το σχήμα 151.5ε παριστάνει **φορτωτήρα** πλοίου. Διακρίνονται ο κυρίως **ιστός** (κατάρτι), ο **φορτωτήρας** (μπίγια), τα διάφορα **συρματόσχοντα** με την ονομασία τους το καθένα και ο **ηλεκτροκινητήρας** του **βαρούλκου**, ο οποίος και ανυψώνει το βάρος από το άγκιστρο A.

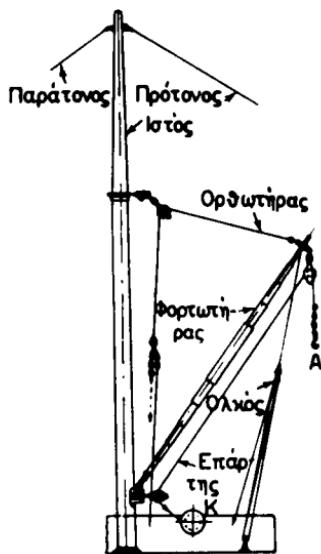
Το σχήμα πάλι 151.5στ παριστάνει την **επωτίδα** (καπόνι) για το ανέβασμα μιας λέμβου. Και εδώ το βάρος της λέμβου ανυψώνεται χειροκίνητα ή με μηχανοκίνητο βαρούλκο, το οποίο δεν υπάρχει στο σχήμα.

Το σχήμα 151.5ζ παριστάνει διαγραμματικά επωτίδα τύπου βαρούτητας. Σε αυτήν η λέμβος καθελκύεται με το βάρος της. Με διακοπό-μενες γραμμές διακρίνεται η λέμβος κατά την καθέλκυσή της. Για το ανέβασμά της χρησιμοποιείται ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος δεν φαίνεται στο σχήμα.

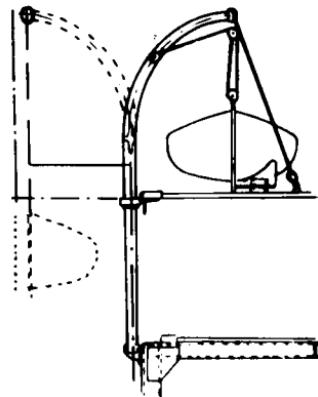
Ε' Το βαρούλκο και το μηχάνημά του.

Το σχήμα 151.5η παριστάνει διαγραμματικά τη διάταξη οριζόντιου βαρούλκου, που λειτουργεί με τη βοήθεια ατμομηχανής (συνήθως οριζόντιας δικύλινδρης) ή ηλεκτροκινητήρα.

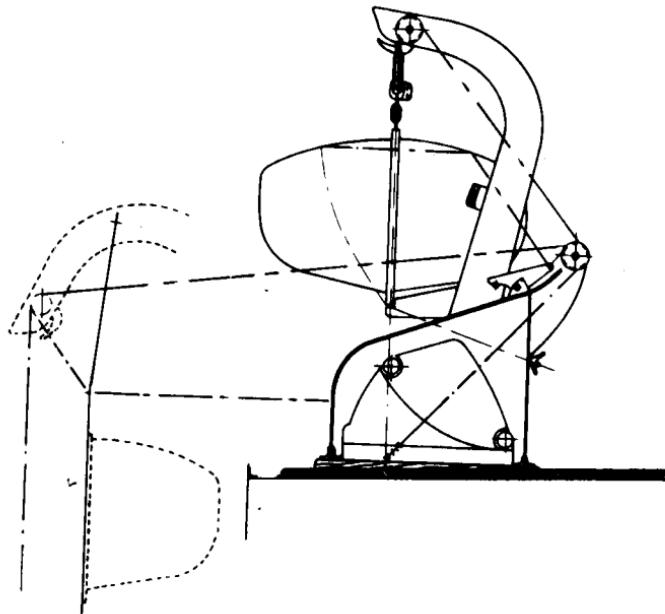
Το μηχάνημα κινεί τον άξονα A-A, πάνω στον οποίο είναι σφηνωμένο το αλυσελικτρό Δ. Οι τροχοί Ε και Ζ έχουν σταθερή θέση κατά μήκος του άξονα, χωρίς να είναι σφηνωμένοι σ' αυτόν.



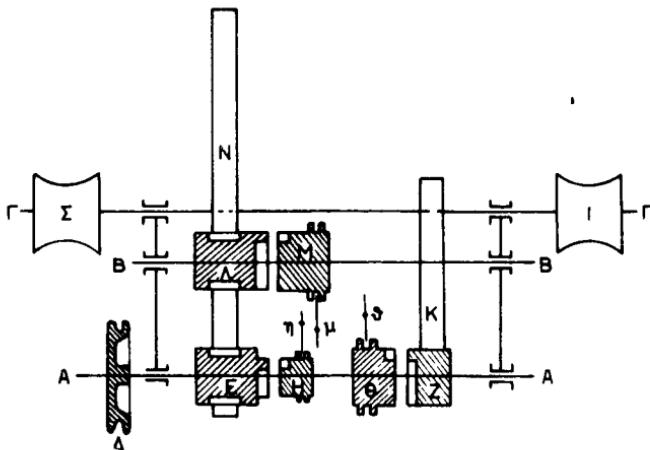
Σχ. 151.5ε.



Σχ. 151.5στ.



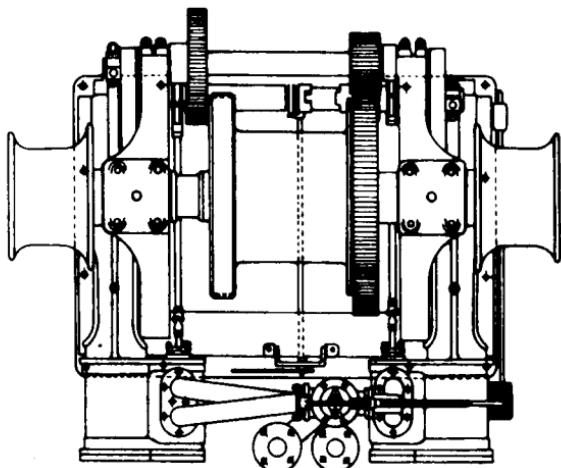
Σχ. 151.5ζ.



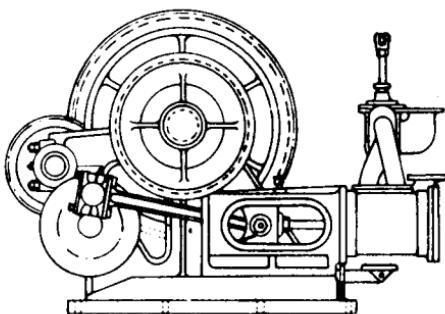
Σχ. 151.5η.

Τα τεμάχια Η και Θ σφηνώνονται στον άξονα Α-Α, μπορούν όμως να κινηθούν δεξιά και αριστερά επάνω σ' αυτόν με τη βοήθεια των μοχλών η και θ, όποτε εμπλέκονται οι εγκοπές των τροχών Ε και Ζ.

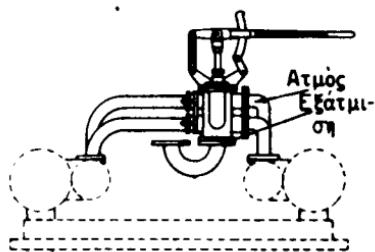
Ο τροχός Ζ εμπλέκεται με τον τροχό Κ, που είναι σφηνωμένος στον άξονα Β-Β. Ο τροχός Λ έχει σταθερή θέση επάνω στον άξονα Β-Β, χωρίς όμως να είναι σφηνωμένος επάνω σ' αυτόν. Μπορεί όμως



(α)



(β)

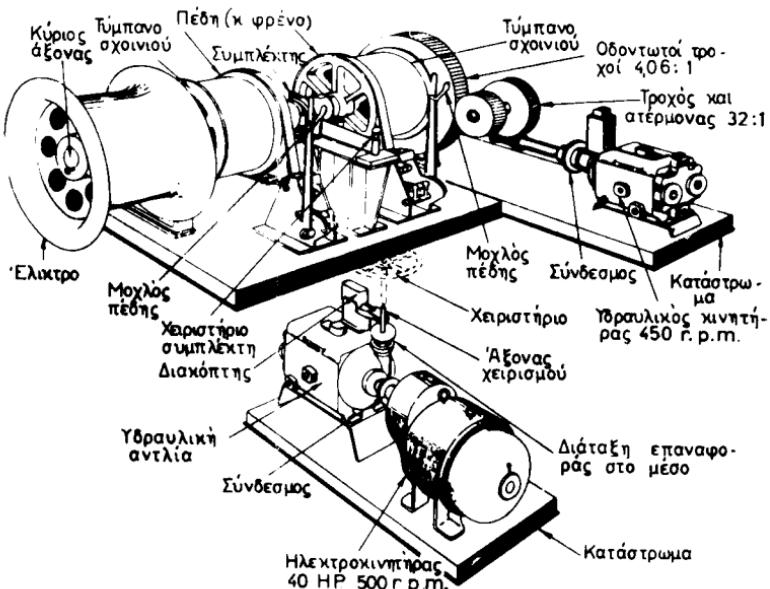


(γ)

Σχ. 151.50.

να γίνει ένα σώμα με αυτόν, αν το τεμάχιο M (το οποίο είναι σφηνωμένο στον άξονα $B-B$ και μπορεί να μετακινηθεί δεξιά-αριστερά με το μοχλό μ) μετατοπισθεί προς τα αριστερά, οπότε οι εγκοπές του M εμπλέκονται με τις εγκοπές του Λ . Ο τροχός Λ εμπλέκεται με τον τροχό N σφηνωμένο στον άξονα $\Gamma-\Gamma$, πάνω στον οποίο και σφηνώνονται τα τύμπανα Σ και T . Ο τροχός N εμπλέκεται αφενός με τον τροχό Λ , αφετέρου με τον τροχό E , ώστε να μπορεί να κινηθεί από οποιονδήποτε από αυτούς.

Για να κινηθεί ο τροχός N από τον E , φέρομε το H προς τα αριστερά, οπότε έχουμε απλή σχέση μεταδόσεως και το βαρούλκο μπορεί να έλκει μικρό βάρος με μεγάλη ταχύτητα.



Σχ. 151.5ι.

Για να κινηθεί ο τροχός Ν από τον Λ, φέρομε το Θ προς τα δεξιά και το Μ προς τα αριστερά, οπότε έχουμε διπλή σχέση μεταδόσεως και το βαρούλκο μπορεί να έλκει **μεγάλο βάρος με μικρή ταχύτητα**.

Το σχήμα 151.5θ παριστάνει σε τρεις όψεις οριζόντιο βαρούλκο με την κινητήρια δικύλινδρη ατμομηχανή του και το μηχανισμό χειρισμού της.

Το σχήμα 151.5ι τέλος παριστάνει την όλη διάταξη ηλεκτροϋδραυλικού βαρούλκου με όλες τις λεπτομέρειες πάνω στο σχήμα.

Η λειτουργία του είναι παρόμοια με εκείνη του ηλεκτροϋδραυλικού εργάτη, που περιγράφηκε στην παράγραφο 151.4 (Γ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 152

ΜΕΣΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΣΥΝΕΝΝΟΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη συνεννόηση μέσα στο πλοίο είναι τα ακόλουθα:

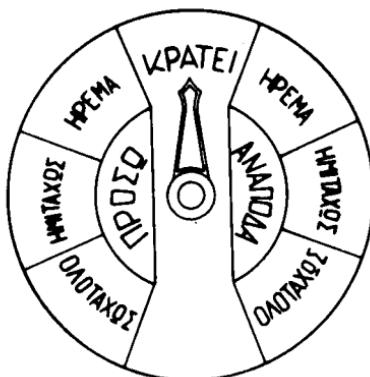
α) Οι φωνογωνοί: Είναι ορειχάλκινοι ή χάλκινοι σωλήνες, που οδηγούν τη φωνή από διαμέρισμα σε διαμέρισμα, π.χ. από τη γέφυρα του πλοίου στο μηχανοστάσιο ή στο διαμέρισμα πηδαλίου κλπ.

β) Τα πλέφωνα: Τοποθετούνται επίσης στους διάφορους ζωτικούς λειτουργικούς χώρους του πλοίου.

γ) Οι τηλέγραφοι: Είναι ειδικά όργανα, με τα οποία μεταδίδονται οι εντολές από τη γέφυρα προς το μηχανοστάσιο για την εκτέλεση των επιβαλλομένων κινήσεων των μηχανών.

Ο τηλέγραφος αποτελείται από πλαίσιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 152.1, εγκαταστημένο στη γέφυρα του πλοίου. Στο πλαίσιο αυτό και μπροστά από πλάκα, πάνω στην οποία αναγράφονται διάφορες ενδείξεις, κινείται δείκτης που μπορεί με χειρομοχλό να τοποθετηθεί σε έναν από τους τομείς της πλάκας.

Ο δείκτης συνδέεται με ράβδους ή με αλυσίδα με έναν άλλο αντίστοιχο δείκτη, που κινείται μπροστά σε άλλο πλαίσιο όμοιο με το πρώτο, το οποίο βρίσκεται εγκαταστημένο στο μηχανοστάσιο ή σε άλλο διαμέρισμα του σκάφους.



Σχ. 152.1.

Έτσι, αν ο δείκτης του πλαισίου της γέφυρας τοποθετηθεί στο πρόσω ημιταχώς ο δείκτης του πλαισίου του μηχανοστασίου θα δείξει και αυτός πρόσω ημιταχώς.

Τηλέγραφοι υπάρχουν κυρίως στη γέφυρα, τα μηχανοστάσια και τα λεβητοστάσια του πλοίου.

δ) Οι στροφοδείκτες: Είναι κατασκευή ανάλογη με τους τηλέγραφους, μόνο που οι πλάκες των στροφοδεικτών αντί φράσεων φέρουν χαραγμένους αριθμούς, οι οποίοι καθορίζουν τις στροφές ανά λεπτό, με τις οποίες πρέπει να περιστρέφονται οι μηχανές ή οι έλικες αναλόγως.

ε) Τα πουδούνια: Χρησιμεύουν για τη μετάδοση συνθηματικών σημάτων μέσα στο πλοίο με κωδωνισμούς, σε περιπτώσεις κινδύνου λόγω πυρκαγιάς ή διαρροής κλπ.

στ) Τα μεγάφωνα: Τοποθετούνται σε καίρια σημεία του πλοίου, συνδέονται σε ενιαίο σύστημα και χρησιμεύουν για τη μεταβίβαση διαφόρων εντολών ή αγγελιών προς το πλήρωμα ή και τους επιβάτες του πλοίου.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΔΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 96

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

96.1	Γενικά	1
96.2	Αεριοστρόβιλος σταθερού όγκου	2
96.3	Αεριοστρόβιλοι σταθερής πιέσεως	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 97

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ
ΚΥΚΛΩΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 98

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

98.1	Αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος	9
98.2	Αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος δύο βαθμίδων	12
98.3	Αεριοστρόβιλος κλειστού κυκλώματος	12
98.4	Αεριοστρόβιλος μικτού κυκλώματος	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 99

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 100

ΤΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

100.1	Συμπιεστής φυγοκεντρικού τύπου	17
100.2	Συμπιεστής αξονικός	18
100.3	Οι θάλαμοι καύσεως	20
100.4	Το σύστημα τροφοδοτήσεως με καύσιμα	21

100.5 Ο στρόβιλος	24
100.6 Ο αναθερμαντήρας	26
100.7 Τα υλικά κατασκευής των αεριοστροβίλων	27
100.8 Βοηθητικά εξαρτήματα των αεριοστροβίλων	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 101

ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

101.1 Συμπιεστής φυγοκεντρικού τύπου	31
101.2 Εφαρμογή των αεριοστροβίλων στην πρόωση των πλοίων	36
101.3 Χρήση της ατομικής ενέργειας για την πρόωση πλοίων με αεριοστρόβιλο	38
101.4 Εφαρμογή των αεριοστροβίλων για την πρόωση των αεροσκαφών	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 102

ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 103

ΕΙΔΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΜΕ ΜΗΧΑΝΗ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΕΜΒΟΛΩΝ

46

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ

ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 104

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

104.1 Ορισμός και είδη αεροσυμπιεστών	50
104.2 Το θεωρητικό κύκλωμα του αεροσυμπιεστή	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 105

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

105.1 Απλός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής	53
105.2 Μονοβάθμιοι και πολυβάθμιοι εμβολοφόροι συμπιεστές	55
105.3 Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως	59
105.4 Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές ροής	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 106	
Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 107	
Η ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 108	
ΤΑ ΑΕΡΟΦΥΛΑΚΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 109	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 110	
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	
110.1 Γενικά	72
110.2 Εκκίνηση αεροσυμπιεστή	72
110.3 Λειτουργία και παρακολούθηση	72
110.4 Περιοδικές εργασίες συντηρήσεως - Επιθεωρήσεις	73
ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟ	
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ - ΑΝΤΛΙΕΣ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 111	
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ	
111.1 Γενικά	75
111.1 Δυνάμεις που ενεργούν στα υγρά - Ατμοσφαιρική πίεση	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 112	
ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ	
112.1 Υδροστατική πίεση - Στατικό ή θλιπτικό ύψος - Συγκοινωνούντα δοχεία	78
112.2 Η αρχή του Pascal	80
112.3 Θεμελιώδης εξίσωση της Υδροστατικής	81
112.4 Αρχή του Αρχιμήδη	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 113

ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

113.1 Η ροή των υγρών	84
113.2 Παροχή	84
113.3 Η ροή των ιδανικών υγρών	86
113.4 Η ροή των φυσικών υγρών	90
113.5 Τύποι στομάτων εκροής	96
113.6 Αντιστάσεις και απώλειες σε αγωγούς κάτω από πίεση	97
113.7 Ροή των υγρών από το σίφωνα	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 114

Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΠΟΥ ΡΕΕΙ - ΙΣΧΥΣ

114.1 Γενικά	101
114.2 Κρούση του ρέοντος υγρού πάνω σε σταθερό σώμα	101
114.3 Κρούση του ρέοντος υγρού πάνω σε κινητό σώμα	102
114.4 Άλλες περιπτώσεις κρούσεως του υγρου που ρέει	103
114.5 Το υδραυλικό κτύπημα	105

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 115

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

115.1 Γενικά	107
115.2 Οι υδραυλικοί τροχοί	108
115.3 Εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες και υδραυλικά πιεστήρια	112
115.4 Υδροστρόβιλοι	119
115.5 Υδροστρόβιλοι δράσεως ακτινικής ροής με φορά προς την περιφέρεια	121
115.6 Υδροστρόβιλοι δράσεως ακτινικής ροής με φορά προς το κέντρο	122
115.7 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ακτινικής ροής με κατεύθυνση προς την περιφέρεια	122
115.8 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ακτινικής ροής με κατεύθυνση προς το κέντρο	124
115.9 Υδροστρόβιλοι αξονικής ροής	124
115.10 Υδροστρόβιλοι εφαπτομενικής ροής	125
115.11 Υδροστρόβιλοι μικτής ροής	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 116

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

116.1	Εγκαταστάσεις με αποταμιευτήρια και μεγάλο ή μέτριο ύψος πτώσεως	126
116.2	Εγκαταστάσεις ροής με μικρή κλίση και μικρό ύψος	128
116.3	Οι υδροστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται σήμερα	130

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 117

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ PELTON

132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 118

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ FRANCIS

136

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 119

ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ KAPLAN

141

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 120

ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

144

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 121

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ.

ΕΙΔΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 122

ΑΝΤΛΙΕΣ

122.1	Γενικά	148
122.2	Χαρακτηριστικά στοιχεία των αντλιών	148
122.3	Τα ύψη των αντλιών και η μέτρησή τους	149
122.4	Η αναρρόφηση της αντλίας	151
122.5	Η κατάθλιψη της αντλίας	152
122.6	Κατάταξη των αντλιών	153

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 123
ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

123.1 Γενικά	154
123.2 Εμβολοφόροι αντλίες απλής και διπλής ενέργειας	154
123.3 Ειδικοί τύποι εμβολοφόρων αντλιών	156

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 124
ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

124.1 Βαλβίδες	161
124.2 Έμβολα εμβολοφόρων αντλιών	163
124.3 Αεροκώδωνες εμβολοφόρων αντλιών	164

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 125
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

125.1 Γενικά	167
125.2 Αντλία μαχαιρωτή	167
125.3 Αντλία με οδοντωτούς τροχούς	168
125.4 Κοχλιοειδείς αντλίες	170
125.5 Ειδικοί τύποι αντλιών εκτοπίσεως	171
125.6 Αντλία ημιπεριστροφική με δικλείδες	172
125.7 Αντλία με ακτινικά έμβολα	172
125.8 Αντλία τύπου Kippney με παράκεντρο στροφείο και ακτινικό έμβολο	173
125.9 Αντλία με περιστρεφόμενα έμβολα ή λοβούς	175
125.10 Αντλία με περιστρεφόμενο λοβό και δόντια	176
125.11 Αντλία με περιστρεφόμενους κυλίνδρους	176
125.12 Μεταφορική αντλία εκτοπίσεως για άντληση από βαθιά πηγάδια	178

ΚΕΦΑΛΑΟ 126
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΡΟΗΣ

126.1 Γενικά	180
126.2 Φυγοκεντρική αντλία ή αντλία ακτινικής ροής	180
126.3 Ελικοφόρος αντλία αξονικής ροής	185
126.4 Αντλία μικτή ή κωνικής ροής	186

126.5 Περιστροφική αντλία ροής για την άντληση από βαθιά πηγάδια (φρέατα)	186
---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 127

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΡΟΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ	188
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 128

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΡΟΗΣ	190
---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 129

ΑΝΤΛΗΣΗ ΜΕ ΕΓΧΥΤΗΡΑ	191
---------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 130

Η ΠΑΡΟΧΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

130.1 Γενικά	193
130.2 Παροχή εμβολοφόρων αντλιών	193
130.3 Παροχή περιστροφικών αντλιών εκτοπίσεως και ροής	194
130.4 Καταμέτρηση της πραγματικής παροχής των αντλιών	195

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 131

ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

131.1 Η απόδοση των αντλιών	197
131.2 Η ισχύς των αντλιών	198

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 132

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

201

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 133

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

202

**ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ
ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 134

Η ΨΥΞΗ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΥΠΙΚΗΣ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

134.1 Γενικά	204
134.2 Η υγροποίηση των αερίων - Τρόπος παραγωγής της ψύξεως	206
134.3 Γενική περιγραφή και στοιχειώδης λειτουργία τυπικής ψυκτικής εγκαταστάσεως	207
134.4 Άμεση και έμμεση ψύξη	210

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 135

ΑΕΡΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ	211
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 136

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ FREON-12

136.1 Περιγραφή και λειτουργία	214
136.2 Πλήρωση και συμπλήρωση της ψυκτικής με Freon-12	217
136.3 Κυριότερες ανωμαλίες σε εγκαταστάσεις με Freon-12. Πιθανά αίτια και τρόπος αποκαταστάσεώς τους	219

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 137

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΑΜΜΩΝΙΑ	224
--------------------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 138

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΜΕΘΥΛΙΟ	227
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 139

ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	228
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 140

ΨΥΚΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ Ή ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	229
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 141

ΨΥΚΤΙΚΟΙ ΘΑΛΑΜΟΙ - ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΕΣ - ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

141.1 Οι ψυκτικοί θάλαμοι και τα υλικά τους	231
141.2 Η παραγωγή του πάγου - Παγολεκάνες	232
141.3 Ψυκτική ισχύς	233

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 142

Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΖΩΤΟ

142.1 Γενικά	237
142.2 Οι τρόποι εφαρμογής της πήξεως των προϊόντων με υγρό άζωτο	238
142.3 Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως του υγρού αζώτου	238
142.4 Στοιχειώδης περιγραφή της βασικής ψυκτικής διατάξεως Cryotransfer	239

ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟ

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 143

ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

143.1 Εισαγωγή	242
----------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 144

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟ ΝΕΡΟ

144.1 Τα μέρη της εγκαταστάσεως κεντρικής θερμάνσεως με θερμό νερό	244
144.2 Τα συστήματα εγκαταστάσεως	245
144.3 Ο λέβητας	248
144.4 Τα σώματα και η ρύθμιση της θερμοκρασίας	250
144.5 Κεντρική θέρμανση με αντλία κυκλοφορίας νερού	252

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 145

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΤΜΟ

145.1 Εισαγωγή	254
145.2 Τα θερμαντικά σώματα και η ρύθμιση της θερμάνσεως	254

145.3 Η εγκατάσταση της κεντρικής θερμάνσεως με ατμό	255
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 146

ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ Ή ΑΤΜΟ

146.1 Όργανα παρακολουθήσεως και ελέγχου της λειτουργίας	257
146.2 Ρυθμιστές καύσεως και όργανα αυτοματισμού γαιανθρακολεβήτων κεντρικής θερμάσεως	257
146.3 Ρυθμιστές καύσεως πετρελαιολεβήτων κεντρικής θερμάνσεως	258
146.4 Χρησιμοποιούμενες συσκευές αυτοματισμού	259

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 147

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΖΕΣΤΟ ΑΕΡΑ

261

ΜΕΡΟΣ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 148

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

263

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 149

Η ΠΡΟΩΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΤΑ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ ΤΗΣ

149.1 Γενικά για την πρόωση	265
149.2 Ενδιάμεση ωστική και ελικοφόρος άτρακτος	268
149.3 Ωστικός τριβέας (θρωστ)	272
149.4 Στυπειοθλίπτης - χοάνη - ακροπυμναία στηρίγματα της ελικοφόρου ατράκτου	275
149.5 Η έλικα	278

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 150

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

150.1 Γενικά	290
--------------------	-----

150.2 Η εγκατάσταση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας	291
150.3 Η εγκατάσταση παραγωγής αποσταγμένου νερού	292
150.4 Η εγκατάσταση παραλαβής - μεταγγίσεως πετρελαίου	297
150.5 Η εγκατάσταση κατά της πυρκαγιάς	299
150.6 Η εγκατάσταση εξαντλήσεως κυτών	300
150.7 Η εγκατάσταση πληρώσεως - εξαντλήσεως θαλασσερμάτων .	302
150.8 Η εγκατάσταση πόσιμου νερού	302
150.9 Η εγκατάσταση νερού χρήσεως-υγιεινής	303
150.10 Η εγκατάσταση πεπιεσμένου αέρα χρήσεως	303
150.11 Η εγκατάσταση ψυκτικής	303
150.12 Υπόλοιπες βοηθητικές εγκαταστάσεις	303

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 151

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ

151.1 Γενικά	305
151.2 Το πηδάλιο	305
151.3 Πρωραία έλικα χειρισμών	314
151.4 Ο εργάτης με τις άγκυρες και τα εξαρτήματά τους	317
151.5 Βαρούλκα - φορτωτήρες και εξαρτήματά τους	322

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 152

ΜΕΣΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΣΥΝΕΝΝΟΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

328

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

