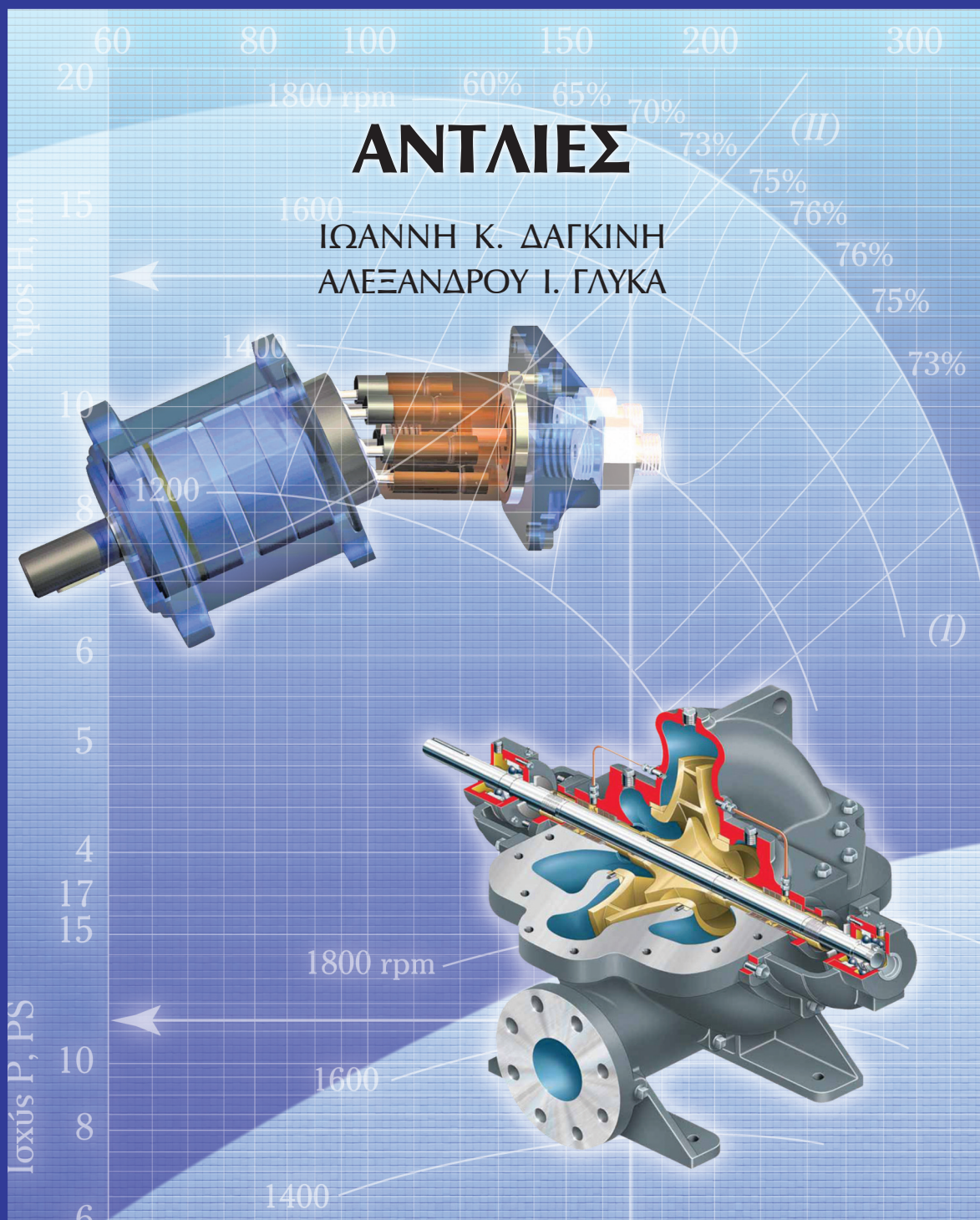




ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή

1.1	Ιστορική αναδρομή.	1
1.2	Διακίνηση ρευστών και μηχανήματα διακινήσεως ρευστών.	2
1.3	Βασικές έννοιες αντλίας και συστήματος αντήλησεως.	4
1.4	Ταξινόμηση των αντλιών.	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αντλίες Θετικής Εκτοπίσεως

	Γενικά	9
2.1	Παλινδρομικές (εμβολοφόρες) αντλίες	9
2.1.1	Αναρροφητική αντλία.	11
2.1.2	Καταθλιπτική αντλία.	11
2.2	Τα βασικά μέρη εμβολοφόρου αντλίας.	12
2.3	Αεροκώδωνες.	16
2.4	Καμπύλες ροής εμβολοφόρων αντλιών.	18
2.5	Θεωρητική και πραγματική παροχή εμβολοφόρων αντλιών.	21
2.6	Μετάδοση ενέργειας κινήσεως εμβολοφόρων αντλιών.	21
2.6.1	Εμβολοφόρες αντλίες άμεσης μεταδόσεως – Λειτουργίας.	21
2.6.2	Στροφαλοκίνητες αντλίες.	26
2.6.3	Αντλίες με διαφράγματα.	32
2.7	Περιστροφικές αντλίες.	35
2.8	Παροχή περιστροφικών αντλιών.	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Δυναμικές Αντλίες

	Γενικά	51
3.1	Δυναμικές αντλίες.	52
3.2	Ταξινόμηση των αντλιών σύμφωνα με τη διεύθυνση ροής του υγρού.	53
3.2.1	Αντλίες φυγοκεντρικής ή ακτινικής ροής	53
3.2.2	Αντλίες αξονικής ροής ή ελικοφόρες	55
3.2.3	Αντλίες μεικτής ροής	56
3.2.4	Αντλίες περιφερειακής ροής ή στροβιλαντλίες.	57
3.3	Ταξινόμηση δυναμικών αντλιών σύμφωνα με το σχήμα κατασκευής του κελύφους.	58
3.3.1	Αντλίες με οπειροειδές κέλυφος ή ελικοφρακτες.	58
3.3.2	Αντλίες με κέλυφος σταθερών περυγίων ή στροβιλοφυγόκεντρες	60
3.3.3	Αντλίες με κέλυφος μεικτού τύπου ή ελικοφρακτες στροβιλοφυγόκεντρες.	60
3.4	Ταξινόμηση δυναμικών αντλιών σύμφωνα με την εισαγωγή του υγρού στην αντλία.	61
3.5	Ταξινόμηση δυναμικών αντλιών σύμφωνα με το είδος του στροφέιου – περωτής	62
3.6	Ταξινόμηση δυναμικών αντλιών σύμφωνα με τον αριθμό των βαθμίδων τους.	64
3.7	Δυναμικές αντλίες ειδικού τύπου.	65
3.7.1	Αντλίες ακροφυσίου.	65

3.7.2 Αντλίες υδραυλικού εμβόλου.	67
3.7.3 Αντλίες ανυψώσεως με αέρα.	68
3.7.4 Ηλεκτρομαγνητικές αντλίες.	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Χαρακτηριστικά μεγέθη συστημάτων αντλήσεως

4.1 Βασικά στοιχεία μηχανικής ρευστών και υδραυλικών συστημάτων.	71
4.2 Ροή των φυσικών υγρών.	73
4.2.1 Η παροχή του σωλήνα.	74
4.2.2 Απώλειες λόγω αντιστάσεως στη ροή.	74
4.2.3 Ροή υγρών από σίφωνα.	74
4.3 Οι Νόμοι Διατηρήσεως μάζας και ενέργειας σε σύστημα αντλήσεως.	75
4.3.1 Εξίσωση της Συνέχειας.	76
4.3.2 Εξίσωση της Ενέργειας.	77
4.4 Το υδραυλικό κύττημα.	79
4.5 Χαρακτηριστικά μεγέθη συστημάτων αντλήσεως και αντλιών.	79
4.5.1 Ενεργειακά ύψη.	79
4.5.2 Ογκομετρική παροχή.	83
4.5.3 Ισχύς ή ιπποδύναμη αντλιών.	84
4.5.4 Βαθμοί αποδόσεως αντλιών.	85
4.6 Αναρρόφηση της αντλίας.	87
4.7 Κατάθλιψη της αντλίας.	89
4.8 Επίδραση των φυσικών ιδιοτήτων του υγρού στην αντλία.	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Ροή στις δυναμικές αντλίες

Γενικά.	91
5.1 Η ροή στη φυγοκεντρική αντλία.	91
5.2 Απώλειες ύψους.	96
5.2.1 Κυκλοφοριακή ροή ρευστού στα περύγια.	96
5.2.2 Τριβές στην περωτή.	97
5.2.3 Απώλειες κρούσεων.	97
5.2.4 Απώλειες ισχύος.	98
5.3 Βαθμός αποδόσεως της αντλίας.	99
5.4 Διαστατική ανάλυση και ομοιότητα αντλιών.	101
5.5 Ειδική ταχύτητα.	103
5.5.1 Ορισμός.	103
5.5.2 Η ειδική ταχύτητα στη βιομηχανική πρακτική.	104
5.6 Σπηλαίωση.	108
5.6.1 Αναρρόφηση δυναμικών αντλιών.	108
5.6.2 Σπηλαίωση αντλιών.	109
5.6.3 Ειδική ταχύτητα αναρροφήσεως.	112
5.7 Ο αέρας στην αντλία.	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Χαρακτηριστικές καμπύλες δυναμικών αντλιών

6.1 Χαρακτηριστικές καμπύλες δυναμικών αντλιών.	115
6.1.1 Η καμπύλη $H = f_1(\dot{V})$ ή $H - \dot{V}$ (ή καμπύλη στραγγαλισμού).	116
6.1.2 Η καμπύλη $P_a = f_2(\dot{V})$ ή $P_a - \dot{V}$ (αξονικής ισχύος-παροχής).	117
6.1.3 Η καμπύλη $\eta = f_3(\dot{V})$ ή $\eta - \dot{V}$ βαθμού αποδόσεως-παροχής και το βέλτιστο σημείο λειτουργίας.	117
6.1.4 Η καμπύλη $NPSHr = f_4(\dot{V})$ ή $NPSHr - \dot{V}$	118

6.1.5	Σύνθετο διάγραμμα καμπυλών δυναμικών αντλιών..	119
6.2	Πλήρεις χαρακτηριστικές καμπύλες..	121
6.3	Χαρακτηριστικές καμπύλες αντλιών θετικής εκτοπίσεως..	128
6.4	Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας συστήματος αντλήσεως	129
6.4.1	Χαρακτηριστική καμπύλη συστήματος..	129
6.4.2	Σημείο λειτουργίας του συστήματος αντλήσεως..	131
6.4.3	Υπολογισμός συστήματος αντλήσεως..	132
6.4.4	Οι καμπύλες NPSH – $\dot{V}$ και οι συνθήκες σππλαιώσεως..	136
6.5	Σύνδεση αντλιών..	138
6.5.1	Παράλληλη σύνδεση αντλιών..	138
6.5.2	Σύνδεση σε σειρά δύο ομοίων αντλιών..	142
6.5.3	Τροφοδοσία από μία αντλία δύο σωληνογραμμών..	143

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Αντλίες που συναντώνονται στα πλοία

	Γενικά ..	145
7.1	Εμβολοφόρες αντλίες άμεσης μεταδόσεως που χρησιμοποιούνται σε πλοία ..	145
7.2	Δυναμικές αντλίες που χρησιμοποιούνται στα πλοία ..	149
7.2.1	Μονοβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες απλής αναρροφήσεως..	150
7.2.2	Πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες με ηλεκτροκινητήρα..	152
7.2.3	Φυγοκεντρικές αντλίες με ατμοστρόβιλο..	153
7.2.4	Κάθετης διατάξεως φυγοκεντρικές αντλίες δύο βαθμίδων..	159
7.2.5	Φυγοκεντρικές αντλίες αυτόματης πληρώσεως ..	162

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Αντλίες πλοίων ανάλογα με το σύστημα προώσεως

8.1	Εισαγωγή..	165
8.2	Εγκατεστημένες αντλίες σύμφωνα με το σύστημα προώσεως του πλοίου..	166
8.2.1	Πλοία με πρόωση από ατμοστρόβιλο..	166
8.2.2	Πλοία με πρόωση από Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (ΜΕΚ)..	175
8.2.3	Πλοία κινούμενα με αεριοστρόβιλο ..	179
8.3	Αντλίες δικτύων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πλοίων ..	181
8.3.1	Αντλίες στροβιλογεννητριών ..	181
8.3.2	Αντλίες ηλεκτροπαραγωγών ζευγών με ΜΕΚ (ηλεκτρομηχανές) ..	183
8.4	Αντλίες βοηθητικών δικτύων (βοηθητικές αντλίες) ..	185
8.4.1	Αντλίες μεταγίσεως καυσίμων ..	185
8.4.2	Αντλίες παροχής θαλάσσης ..	186
8.4.3	Αντλία μεταγίσεως ελαίου λιπάνσεως ..	189
8.4.4	Αντλία λιπάνσεως κοάνης του τελικού ελικοφόρου άξονα..	191
8.4.5	Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσαερίων ..	191
8.4.6	Αντλίες υδραυλικού ελαίου υψηλής πίεσεως..	192
8.4.7	Αντλίες πυροσβέσεως..	198
8.4.8	Αντλίες σεντινών..	199
8.4.9	Αντλίες αποβλήτων..	200
8.4.10	Αντλίες έρματος..	200
8.5	Αντλίες βοηθητικών υπηρεσιών..	201
8.5.1	Αντλίες συστήματος παραγωγής αποσταγμένου νερού ..	201
8.5.2	Αντλίες πόσιμου νερού..	202
8.5.3	Αντλίες ανακυκλοφορίας Ζεστού Νερού Χρήσεως (ΖΝΧ)..	202
8.5.4	Αντλίες υγιεινής..	203
8.5.5	Αντλίες βιολογικών λυμάτων..	203

8.5.6 Αντλίες στο σύστημα κλιματισμού με κρύο νερό	203
8.6 Αντλίες φορτίου και συναφών συστημάτων.. . . .	203
8.6.1 Φυγοκεντρικές αντλίες φορτίου.	204
8.6.2 Αντλίες φορτίου βαθέος φρεατίου.	207
8.6.3 Βυθιζόμενες ή καταδυόμενες αντλίες φορτίου κινούμενες από υδραυλικό κινητήρα.	210
8.6.4 Βυθιζόμενες αντλίες φορτίου κινούμενες με ηλεκτροκινητήρα.	214
8.6.5 Περιστροφικές αντλίες φορτίου.	215
8.6.6 Παλινδρομικές αντλίες φορτίου.	216
8.6.7 Αντλίες συστήματος αδρανούς αερίου	216
8.6.8 Αντλίες καθαρισμού δεξαμενών φορτίου.	216

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Στεγανοποίηση, έδρανα, εκκίνηση και λειτουργία αντλιών

9.1 Στεγανοποίηση αντλιών.. . . .	217
9.1.1 Στεγανοποίηση εμβολοφόρων αντλιών.	221
9.1.2 Στεγανοποίηση περιστροφικών αντλιών.. . . .	222
9.1.3 Στεγανοποίηση φυγοκεντρικών αντλιών.	222
9.2 Έδρανα αντλιών	224
9.3 Μετάδοση κινήσεως αντλιών.. . . .	227
9.3.1 Σύνδεσμοι άμεσης συζεύξεως αξόνων κινήσεως.	230
9.3.2 Ευθυγράμμιση συνδέσμων μεταδόσεως της κινήσεως.	232
9.4 Φθορά αντλιών.	234
9.5 Εκκίνηση και λειτουργία αντλιών γενικά.	236
9.5.1 Εκκίνηση αντλιών.. . . .	236
9.5.2 Λειτουργία αντλιών.. . . .	237
9.6 Συντήρηση αντλιών	237

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

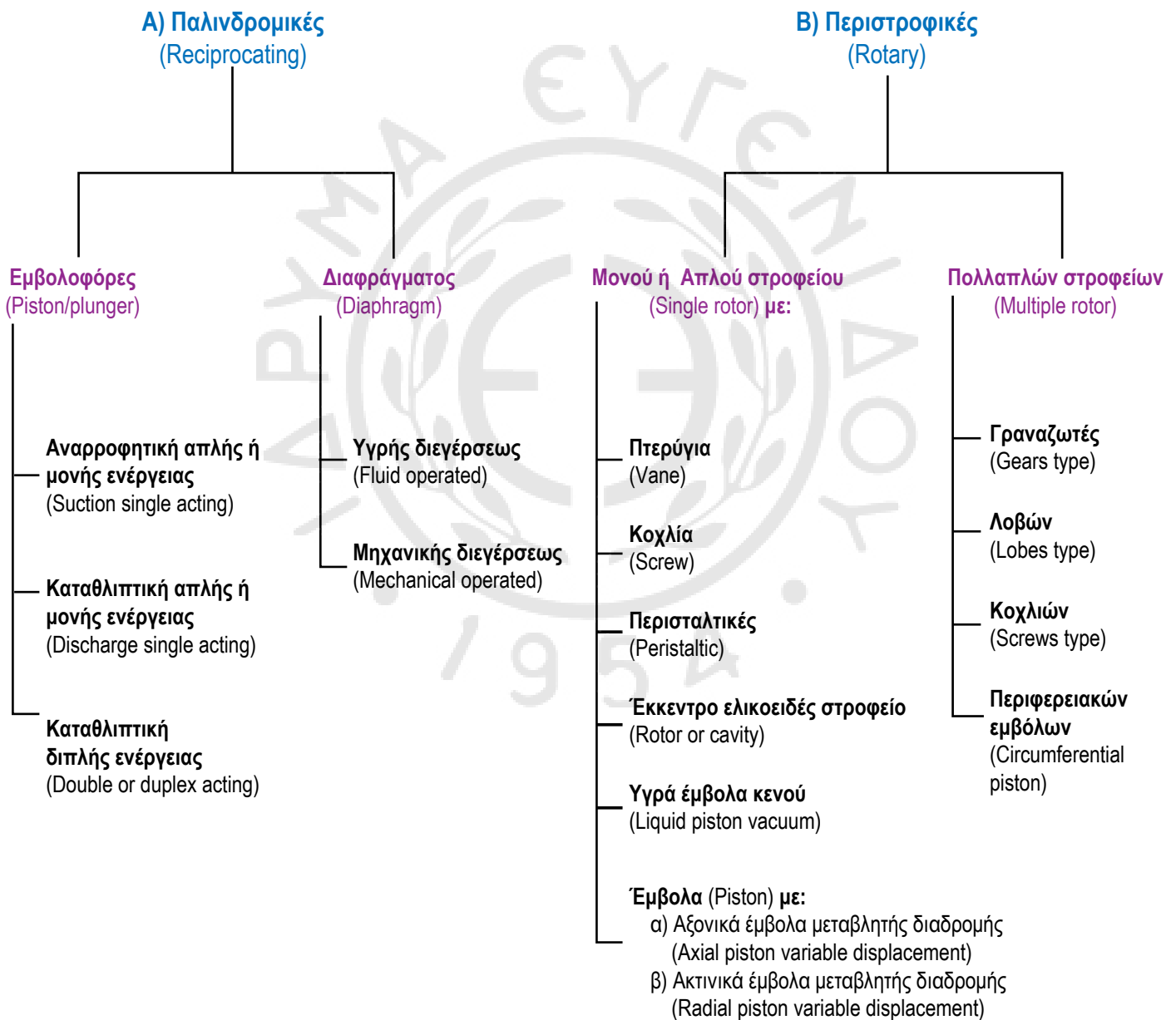
Μελέτη συστήματος αντλήσεως

10.1 Εισαγωγή.	243
10.2 Κριτήρια επιλογής αντλιών.. . . .	244
10.3 Σχεδιασμός της αναρροφήσεως.	250
10.4 Σχεδιασμός-υπολογισμός της καταθλίψεως.	252
10.5 Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής.	256
Πίνακας συμβόλων	258
Ευρετήριο	259
Βιβλιογραφία	262

Ταξινόμηση των αντλιών με βάση την αρχή λειτουργίας τους

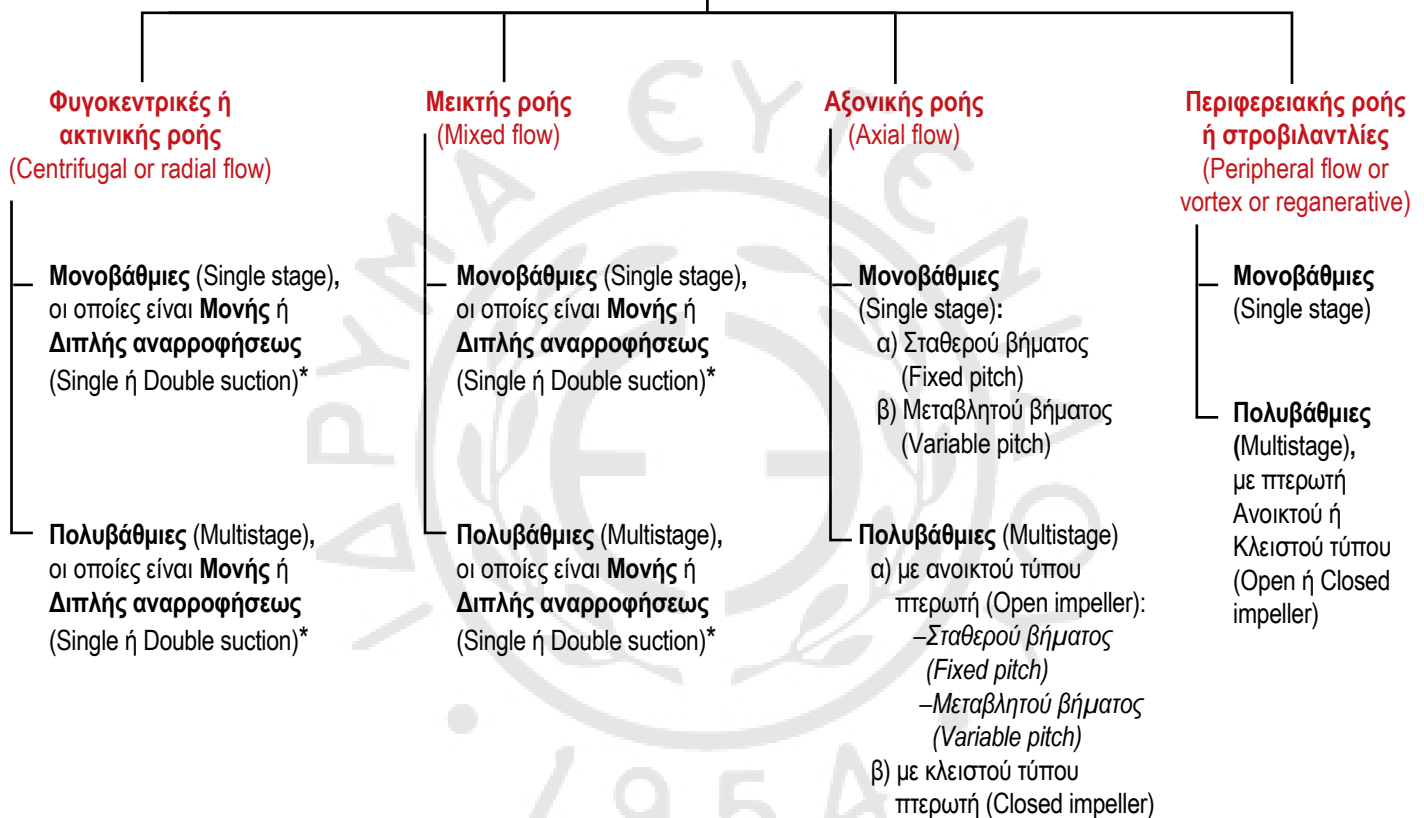


Θετικής εκτοπίσεως ή στατικού τύπου (Positive displacement or static type)



Δυναμικές ή κινητικού τύπου
(Dynamic or kinetic type)

A) Περιστροφικές
(Rotodynamic)



B) Ειδικής επιδράσεως
(Special effect)

Ακροφυσίου ή τζιφάρι
(Jet, educator or ejector)

Ανυψωτική με αέρα
(Pressurised air or gas lift)

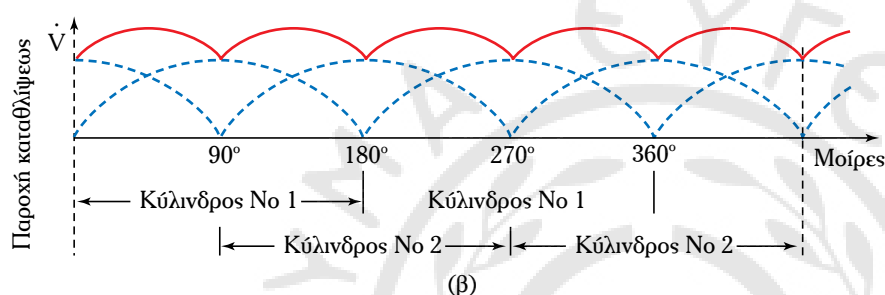
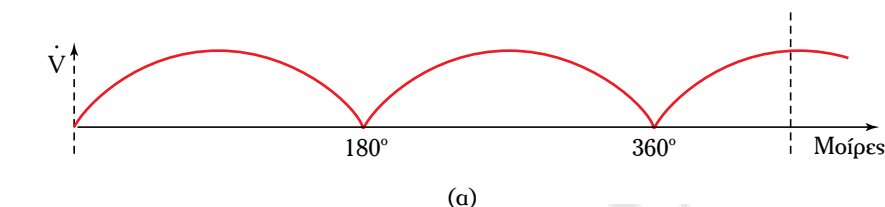
Υδραυλικού εμβόλου
(Hydraulic ram)

Ηλεκτρομαγνητικές
(Electromagnetic)

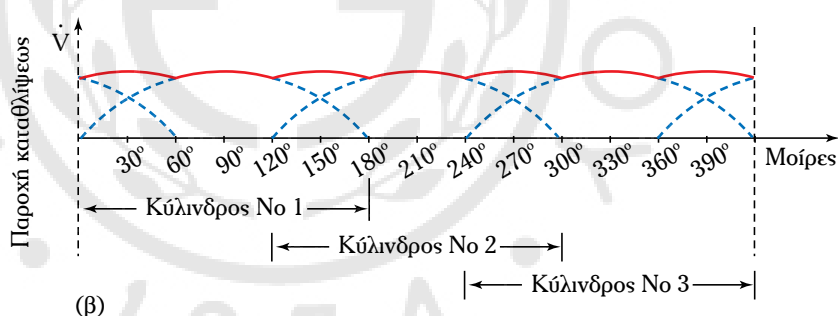
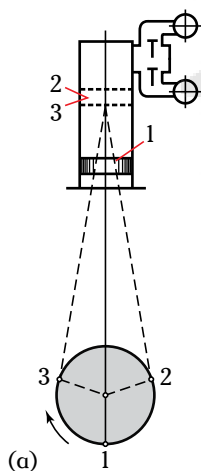
* Διακρίνονται σε: Ανοικτού τύπου πτερωτή (Open impeller), ημίκλειστου τύπου πτερωτή (Semi-closed/open impeller), κλειστού τύπου πτερωτή (Closed impeller)

διαφορά φάσεως 120° [σχ. 2.4γ(α)], η παροχή στην κατάθλιψη έχει τη μορφή της συνεχούς γραμμής του διαγράμματος του σχήματος 2.4γ(β). Η κατάθλιψη από την κίνηση του κάθε εμβόλου, σε κάθε διαδρομή του, αντιπροσωπεύεται από τις καμπύλες που έχουν **ημιπονοειδή** μορφή. Όμως, από τον ετεροχρονισμό των κυλίνδρων (λόγω της διαφοράς των 120°) η συ-

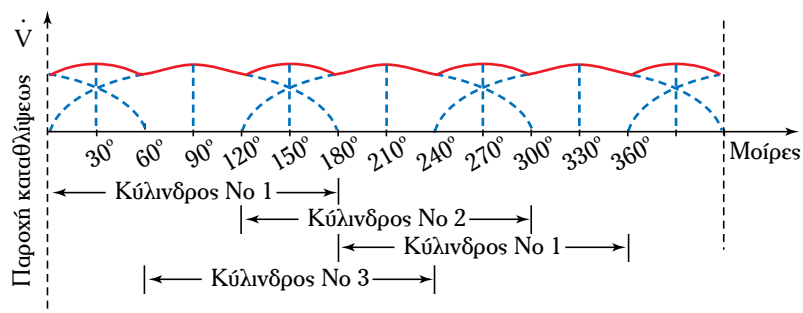
νολική παροχή της αντλίας παρουσιάζει πολύ μικρή διακύμανση. Ανάλογης μορφής είναι το διάγραμμα στο σχήμα 2.4δ, το οποίο αναφέρεται στις διακυμάνσεις της παροχής όταν τα έμβολα της αντλίας είναι διπλής ενέργειας όπως επίσης και το διάγραμμα του σχήματος 2.4ε όπου λειτουργούν τρία έμβολα απλής ενέργειας. Ως εκ τούτου, διαπιστώνεται ότι με περισ-



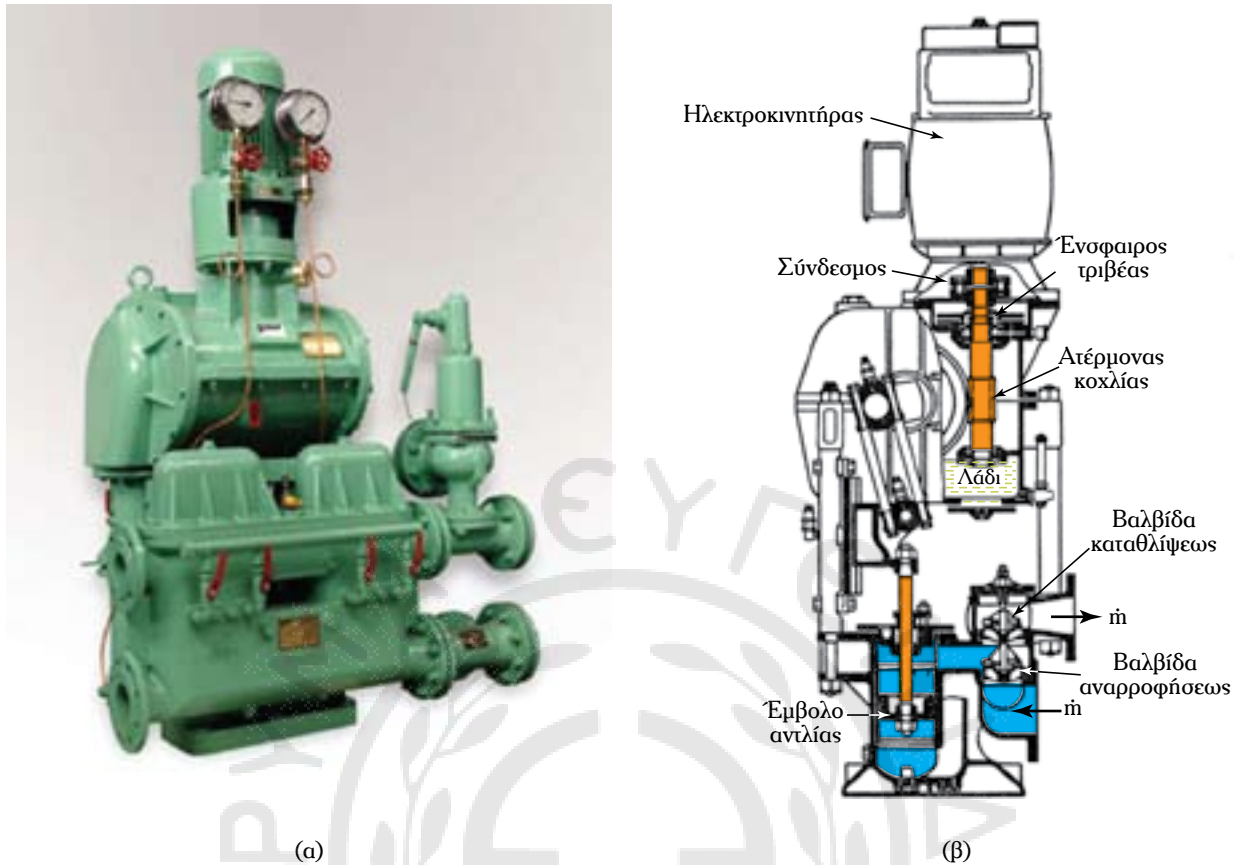
Σχ. 2.4β
Παροχή σε στροφαλοκίνητες
εμβολοφόρες αντλίες.



Σχ. 2.4γ
(α) Θέσεις εμβόλου κατά την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα.
(β) Παροχή καταθλίψεως σε αντλία με τρία έμβολα μονής/απλής ενέργειας.

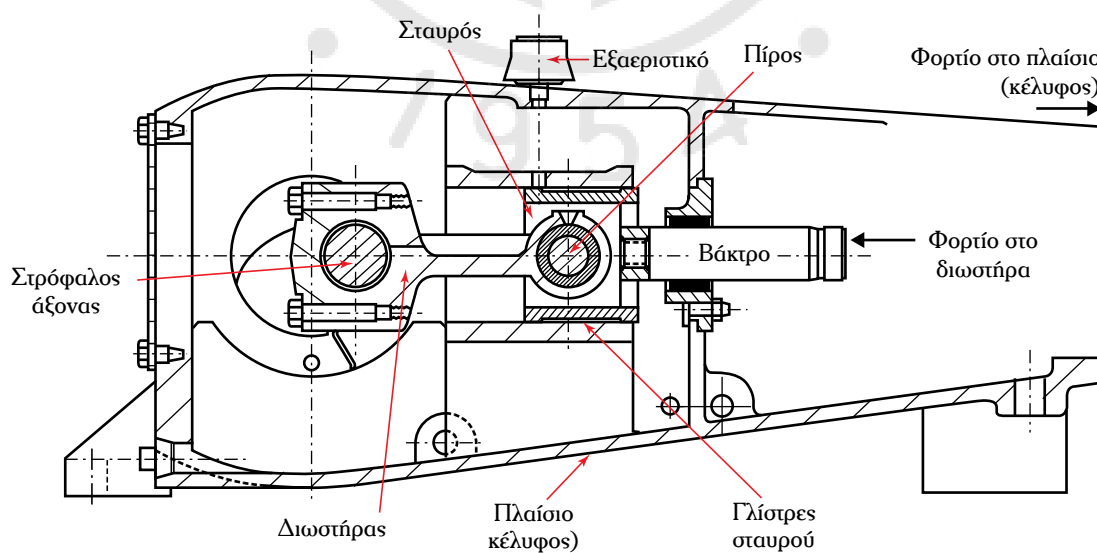


Σχ. 2.4δ
Παροχή καταθλίψεως σε αντλία με
τρία έμβολα διπλής ενέργειας.



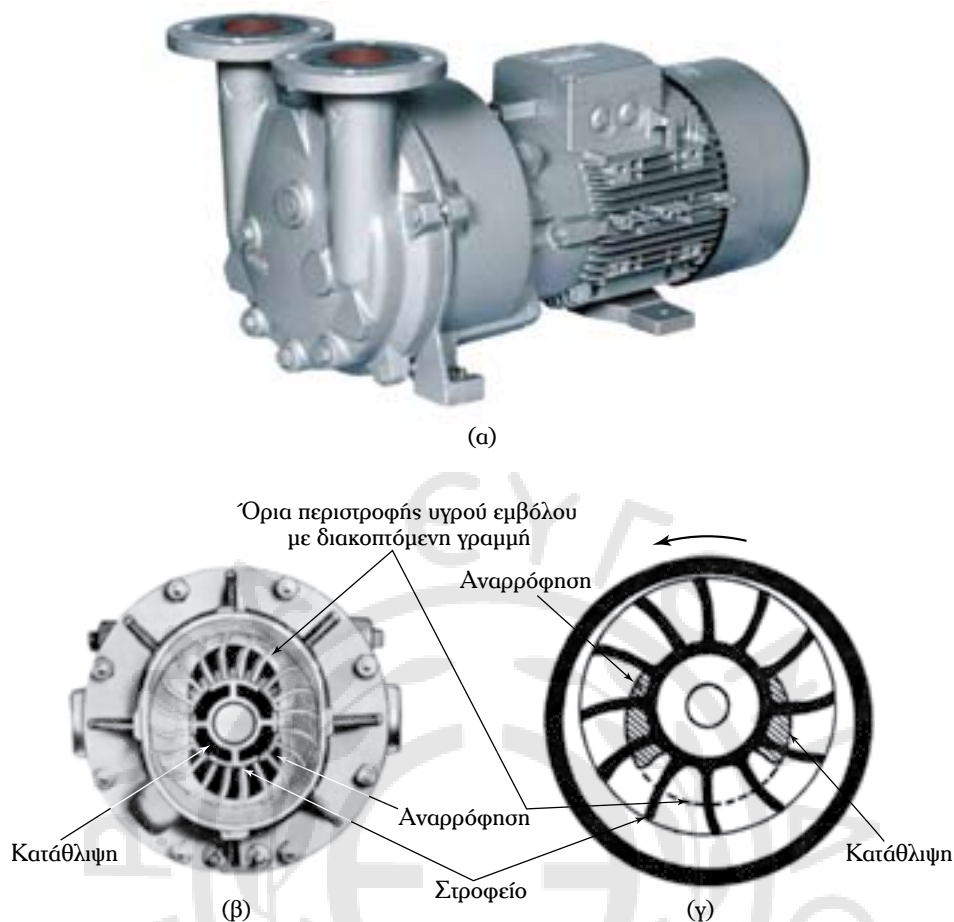
Σχ. 2.65

(α) Στροφαλοκίνητη αντλία με άξονα εγκατεστημένο οριζόντια πάνω από τους κυλίνδρους και (β) σχηματική απεικόνιση και τα μέρη της.



Σχ. 2.67

Άκρο ισχύος σε οριζόντιας διατάξεως αντλία.



Σχ. 2.7β

(α), (β) Αντλία υγρών εμβόλων και (γ) σχηματική απεικόνιση.

Οι περυγιοφόρες αντλίες έχουν υψηλό βαθμό αποδόσεως, χαμηλή στάθμη θορύβου και μεγάλη διάρκεια ζωής. Χρησιμοποιούνται στη μεταγίση πετρελαίου από μία δεξαμενή σε άλλη, ενώ οι υψηλών στροφών περυγιοφόρες αντλίες χρησιμοποιούνται στην αύξηση της πίεσεως λειτουργίας του ελαίου σε υδραυλικά δίκτυα, και τα περύγιά τους κατασκευάζονται από κράμα μετάλλου, υψηλής αντοχής. Συνήθη κράματα είναι αυτά του χάλυβα με προσμείξεις νικελίου, μαγνησίου και άνθρακα.

2) **Αντλίες υγρών εμβόλων** (liquid pumps). Οι αντλίες με υγρά έμβολα κατασκευάζονται σε δύο τύπους:

α) Με **ελλειπτικό κέλυφος**, που έχουν θυρίδες αναρροφήσεως και καταθλίψεως στην εσωτερική πλήμνη και ονομάζονται αντλίες **τύπου ακροφυσί-ου** (nozzle type pumps) και

β) τις αντλίες με **εκκεντρικό κυκλικό κέλυφος**, στις οποίες η αναρρόφηση και η κατάθλιψη πραγμα-

τοποιούνται, από θυρίδες στην παράπλευρη εγκάρσια πλάκα του κελύφους και ονομάζονται **τύπου πλάκας** (plate type pump).

Το στροφείο και στους δύο τύπους αντλιών αποτελείται από περύγια που δημιουργούν τους θαλάμους αναρροφήσεως και καταθλίψεως του υγρού. Η στεγανότητα μεταξύ των θαλάμων πραγματοποιείται με την παροχή νερού, που περιστρέφεται μαζί με το στροφείο. Το νερό ακολουθώντας το σχήμα του κελύφους εισέρχεται και εξέρχεται στους θαλάμους μεταξύ των περυγίων αυξομειώνοντας τον όγκο τους (σχ. 2.7β).

Κάθε φορά που το νερό εξέρχεται δημιουργεί αύξηση του όγκου στο εσωτερικό του θαλάμου αυξάνοντας το κενό αναρροφήσεως αέρα από τις θυρίδες εισαγωγής, ενώ εισερχόμενο δημιουργεί τη μείωση του όγκου στο εσωτερικό του θαλάμου και πίεση για την κατάθλιψή του. Η αντλία αυτή λόγω των απωλειών του νερού (ή άλλου υγρού λειτουργίας), που

να συνεργάζονται εξασφαλίζοντας συνεχώς στεγανότητα μεταξύ τους, καθώς και με την εσωτερική περιφέρεια στο εσωτερικό του κελύφους της αντλίας.

Στην κορυφή κάθε λοβού, ανάλογα με τον τύπο της αντλίας εφαρμόζονται μεταλλικές ακτίνες, που ωθούνται εσωτερικά από εντατικά ελατήρια, ενισχύοντας την επαφή των ακτίνων με το εσωτερικό του κελύφους αυξάνοντας τη στεγανοποίηση κατά την περιστροφή των λοβών. Ο χρονισμός των στροφείων πραγματοποιείται εξωτερικά από το κέλυφος της αντλίας, με γρανάζια που τοποθετούνται στους άξονες περιστροφής των στροφείων. Λόγω του μικρού αριθμού των λοβών ενδέχεται να παρουσιάζονται διακυμάνσεις της παροχής κατά τη λειτουργία των αντλιών, ενώ παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με τις οδοντωτές αντλίες διότι τα μεταλλικά μέρη των λοβών στα σημεία επαφής τους, συνήθως, καλύπτονται από προστατευτικό επίθεμα. Η χρήση τους ενδείκνυται στη μετάγγιση υγρών υψηλού ιξώδους και υγρών, που περιέχουν μεγάλη ποσότητα αιωρούμενων στερεών σωματιδίων, με την προϋπόθεση ότι η λειτουργία τους πραγματοποιείται σε χαμηλές στροφές.

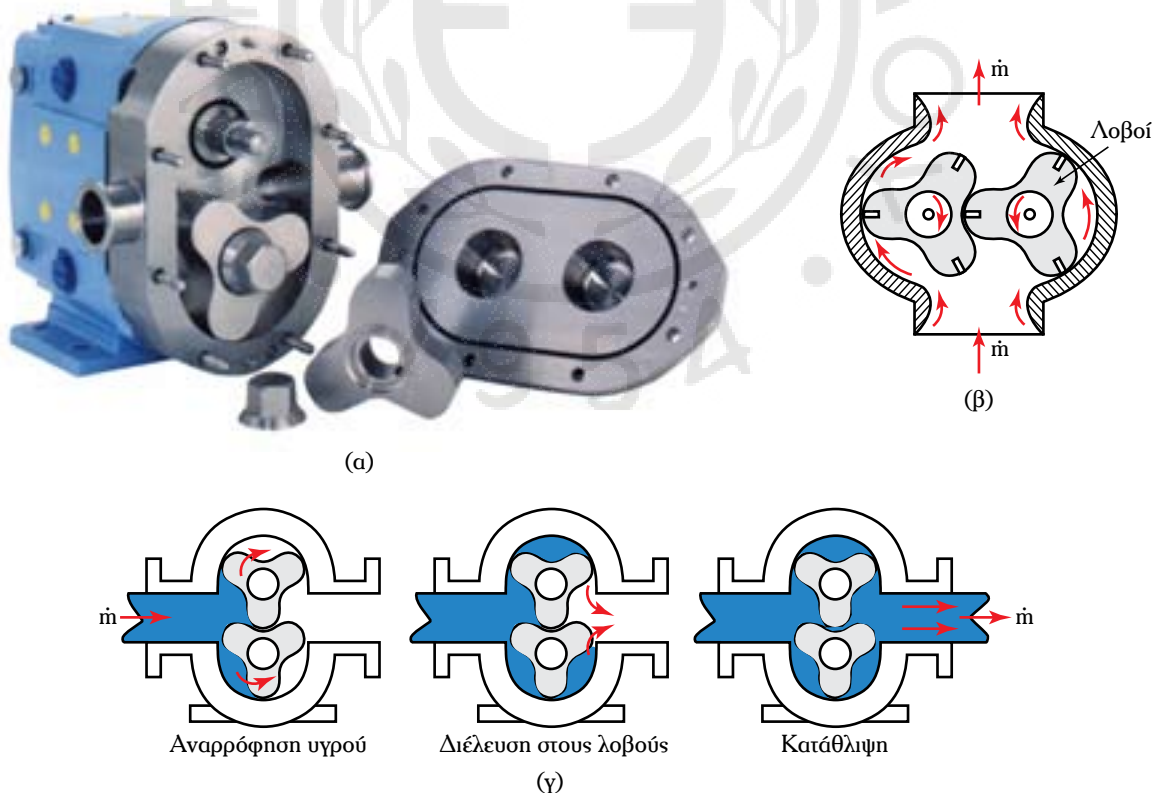
Σύννηθες υλικό κατασκευής αντλιών με λοβούς

είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας, το πλαστικό ή τα κεραμικά υλικά.

β) Οι **αντλίες με κοχλίες** αποτελούνται από το κέλυφος και τους ατέρμονες κοχλίες που περιστρέφονται μέσα σε αυτό. Ανάλογα με τη διάταξη και τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε δύο τύπους:

α) Τις **αντλίες με χρονιζόμενους** ή **σύγχρονους κοχλίες** (timed screw pumps), που κατασκευάζονται με δύο άξονες, έναν με δεξιόστροφο και έναν με αριστερόστροφο κοχλία (σχ. 2.7ζ). Ο ένας από τους δύο άξονες συνδέεται στο κινητήριο μηχάνημα και παρέχει την κίνηση στον άλλο με εξωτερικά γρανάζια, έτσι ώστε οι κοχλίες ενώ εμπλέκονται με ακρίβεια δεν έρχονται σε επαφή. Οι κοχλίες με το κέλυφος σχηματίζουν θαλάμους που μετακινούνται παράλληλα προς τους άξονες, καθώς αυτοί περιστρέφονται μεταφέροντας το υγρό από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη.

β) Τις **αντλίες με αχρόνιστους** ή **ασύγχρονους κοχλίες** (untimed screw pumps), που κατασκευάζονται με τρεις άξονες (σχ. 2.7η). Οι αντλίες αυτές δεν έχουν γρανάζια μεταδόσεως της κινήσεως σε κάθε άξονα, αλλά ο κεντρικός κοχλίας παίρνει την κίνηση



Σχ. 2.7στ

(α) Αντλία με λοβούς, (β) σχηματική απεικόνιση αντλίας με μεταλλικές ακτίνες στους λοβούς και (γ) ροή του υγρού.

ταβληθεί το μανομετρικό ύψος της αντλίας θα παρατηρηθεί αντίστροφη μεταβολή της παροχής της αντλίας. Παριστάνοντας τις τιμές αυτές στο σύστημα των συντεταγμένων με τετμημένες τις παροχές και τεταγμένες τα αντίστοιχα μανομετρικά ύψη, η μορφή της καμπύλης που θα πάρουμε [$H=f(\dot{V})$] είναι αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2β.

Ως δυναμικές, οι φυγοκεντρικές αντλίες δεν έχουν σταθερό όγκο αντλήσεως, αλλά αυτός εξαρτάται από το βάθος της αναρροφήσεως του υγρού και την πίεση καταθλίψεως (κεφ. 6). Αντίστοιχα, όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος που αναρροφά η αντλία τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα που διέρχεται απ' αυτήν, ενώ όταν η κατάθλιψη της αντλίας πραγματοποιείται σε δίκτυο ή δεξαμενή εντός του οποίου υπάρχει πίεση η ποσότητα του υγρού που αντλείται μειώνεται όσο η πίεση αυξάνεται. Η επίτευξη μεγαλύτερων πιέσεων καταθλίψεως από τις φυγοκεντρικές αντλίες μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε χρησιμοποιώντας αντλίες που έχουν μεγάλο αριθμό στροφών περιστροφής και δύναται να υπερβαίνουν τα 10 bar, είτε από πολυβάθμιες αντλίες στις οποίες χρησιμοποιούνται στροφέα σε σειρά και η κατάθλιψη του ενός αποτελεί την αναρρόφηση του επόμενου.

Γ' αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητο η αντλία που πρόκειται να εγκατασταθεί σε ένα δίκτυο να είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες συνθήκες αντλήσεως. Επίσης, το σχήμα των υδραυλικών διόδων διελεύσεως υγρών από το στροφέο και το κέλυφος είναι σημαντικό, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα της αντλίας.

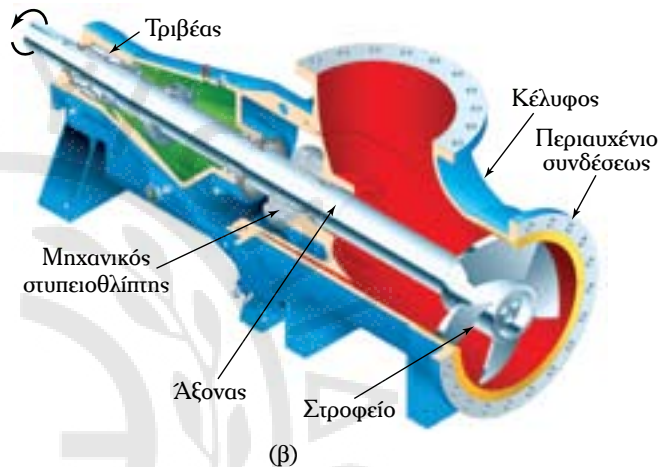
Σε κανονικές συνθήκες, οι στροφές λειτουργίας των φυγοκεντρικών αντλιών κυμαίνεται από 1500 rpm έως 3000 rpm, ενώ ορισμένοι τύποι αντλιών είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε στροφές της τάξεως των 5.000–25.000 rpm.

3.2.2 Αντλίες αξονικής ροής ή ελικοφόρες.

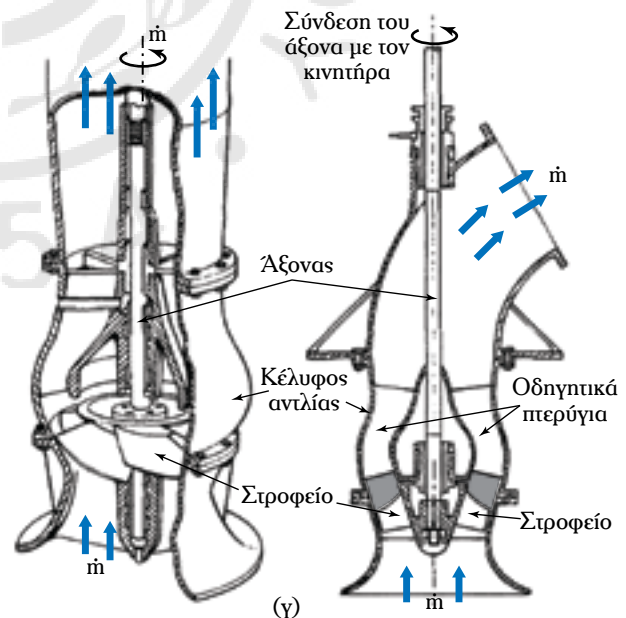
Το **στροφέο της αντλίας αξονικής ροής** (axial flow pump) μοιάζει με έλικα εφόσον αποτελείται από πτερύγια στερεωμένα σε πλήμνη που τοποθετείται στον άξονα περιστροφής (σχ. 3.2γ). Η θέση των πτερυγίων είναι υπό γωνία στο κάθετο επίπεδο του άξονα περιστροφής, ενώ το όλο σύστημα περιστρέφεται μέσα σε οχετό που αποτελεί και το κέλυφος της αντλίας. Το υγρό δεν φυγοκεντρίζεται, αλλά εισερχόμενο από την αναρρόφηση, ωθείται



(α)



(β)

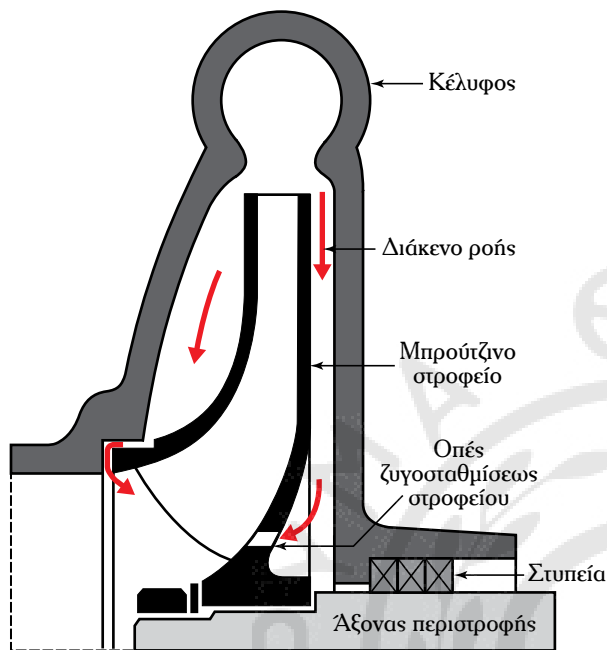


Σχ. 3.2γ

(α) Αντλία αξονικής ροής, (β) τομή οριζόντιας αντλίας και (γ) τομή κάθετης διατάξεως αντλίας αξονικής ροής.

συμμετρικό ως προς το μεσοκάθετο επίπεδο στον άξονα της αντλίας.

Το κέλυφος διαιρείται αξονικά σε δύο ημικελύφη και δεν έχει σταθερά περύγια. Ο άξονας μπορεί να είναι κάθετος ή οριζόντιος. Σε αντλίες οριζόντιας δια-



Σχ. 3.4β

Οπές εξισορροπήσεως της πίεσης στο στροφέιο.

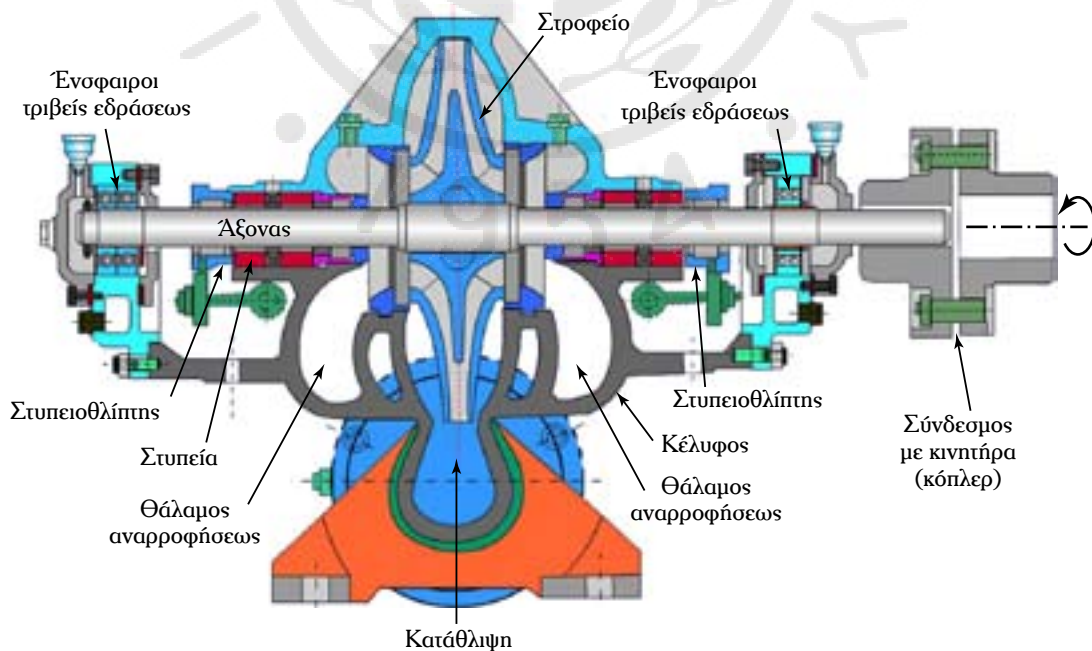
τάξεως, στο κάτω ημικέλυφος είναι ενσωματωμένες οι θυρίδες εισόδου και εξόδου του υγρού, ενώ στις αντλίες κάθετης διατάξεως οι θυρίδες τοποθετούνται στο σταθερό τμήμα του διαιρούμενου κελύφους διευκολύνοντας τις επισκευές και τους ελέγχους της.

Λόγω της συμμετρίας που παρουσιάζεται στην κατασκευή της αντλίας, η πίεση που αναπτύσσεται στις δύο πλευρές του στροφέιου είναι θεωρητικά η ίδια, ώστε να παρουσιάζουν υδραυλική εξισορρόπηση χωρίς να εμφανίζεται αξονική ώση κατά τη διέλευση του υγρού από το στροφέιο. Στην πράξη όμως, λόγω των αναποφεύκτων κατασκευαστικών ατελειών και τις άνισες φθορές των εξαρτημάτων εμφανίζεται πολύ μικρή αξονική ώση κατά τη λειτουργία της αντλίας, που δεν είναι ικανή να προκαλέσει λειτουργικές ανωμαλίες.

Οι αντλίες αυτές (σχ. 3.4γ) χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετούν μεγάλες παροχές και κατασκευάζονται με στροφέια διαμέτρου ανάλογης με το υγρό και το επιθυμητό ύψος καταθλίψεως, ενώ η παροχή τους φτάνει και τα 12.000 m³/h.

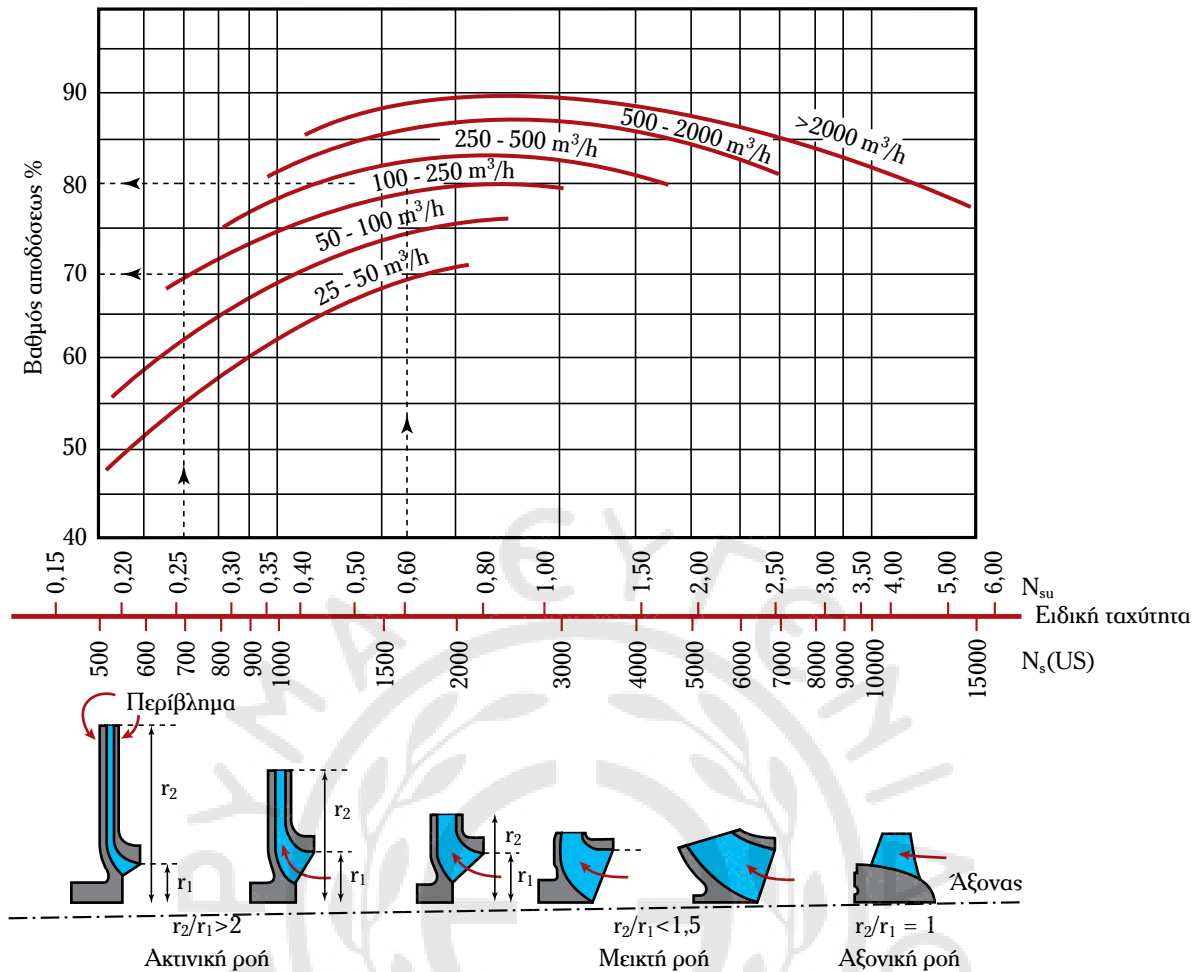
3.5 Ταξινόμηση δυναμικών αντλιών σύμφωνα με το είδος του στροφέιου – περωτής.

Άλλος τρόπος ταξινόμησης των αντλιών σχετίζεται με το είδος του στροφέιου-περωτής που διαθέ-



Σχ. 3.4γ

Αντλία διπλής εισόδου.



Σχ. 5.5β

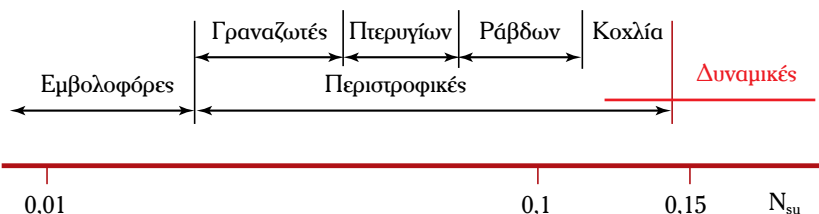
Επίδραση της ειδικής ταχύτητας και της παροχής στο βαθμό αποδόσεως των περιστροφικών δυναμικών αντλιών.

σε μεγάλα ύψη. Η αυξημένη ειδική ταχύτητα επιδρά δυσμενώς στο επιτρεπόμενο ύψος αναρροφήσεως (το μειώνει).

Για τις αντλίες μεικτής και αξονικής ροής αποφεύγονται οι υπερβολικές τιμές της ειδικής ταχύτητας, διότι εκτός από το ύψος μειώνεται και ο βαθμός αποδόσεως.

Η ειδική ταχύτητα, επηρεάζει τον σχεδιασμό της περωτής, τον βαθμό αποδόσεως, το επιτρεπόμενο ύψος και την παροχή. Καθορίζει επομένως σε σημαντικό βαθμό και τη μορφή των χαρακτηριστικών καμπυλών της αντλίας (κεφ. 6).

Παρά το γεγονός ότι ο ορισμός της ειδικής ταχύτητας N_{su} βασίστηκε στην ομοιότητα των δυναμικών αντλιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις αντλίες θετικής εκτοπίσεως. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι στροφές του στροφέιου τους (ή, προκειμένου για παλινδρομικές, του στροφαλοφόρου άξονα) είναι μικρότερη από τις στροφές των δυναμικών αντλιών, λογικό είναι να προκύπτουν μικρότερες ειδικές ταχύτητες. Υπενθυμίζεται ότι οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως δίνουν σχετικά μικρότερες παροχές και μεγαλύτερα ύψη. Το σχήμα 5.5γ παρουσιάζει τις περιοχές ειδικών ταχυτήτων ορισμένων αντλιών θετικής εκτοπίσεως.



Σχ. 5.5γ

Ειδικές ταχύτητες αντλιών θετικής εκτοπίσεως.

Έτσι προκύπτει η χαρακτηριστική καμπύλη των δύο συνδεδεμένων αντλιών (Ia) (σχ. 6.5γ).

β) Τα δεδομένα ζεύγη τιμών παροχής και αποδιδόμενου ύψους από τον πίνακα (Π7–Π11) εισάγονται στο διάγραμμα $\dot{V} - H$ και ενώνοντάς τα, σχεδιάζεται η χαρακτηριστική καμπύλη του συστήματος (II) (σχ. 6.5γ) (τα δύο πρώτα σημεία δεν μπορούν να αποτυπωθούν στο διάγραμμα λόγω μικρού ολικού ύψους).

Η τομή της χαρακτηριστικής καμπύλης των παράλληλα συνδεδεμένων αντλιών (Ia) και του συστήματος (II) αποτελεί το σημείο λειτουργίας του συστήματος αντλήσεως (ΣΛ). Άρα από το διάγραμμα του σχήματος 6.5γ λαμβάνονται:

$$\dot{V} = 230 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_o = 7,7 \text{ m}$$

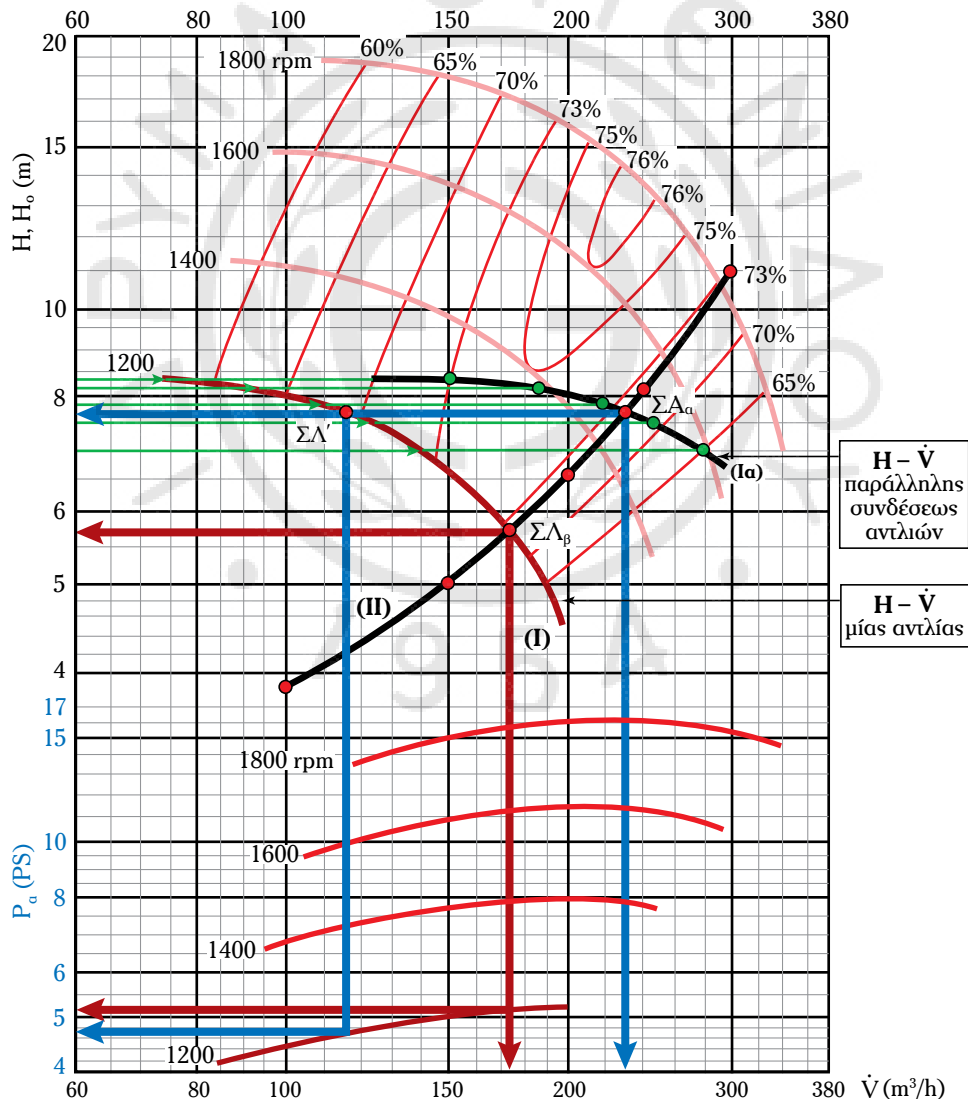
Τα ζητούμενα που αποτελούν μεγέθη των αντλιών ανιχνεύονται στο σημείο λειτουργίας της κάθε αντλίας (ΣΛ'). Επομένως:

$$\eta = 68,5 \%$$

$$P_o = 4,7 \text{ PS} = 3,46 \text{ kW}$$

γ) Αν λειτουργήσει μόνο η μία αντλία στο ίδιο σύστημα, η χαρακτηριστική καμπύλη του συστήματος δεν μεταβάλλεται. Επομένως, σημείο λειτουργίας (ΣΛ_β), θα είναι η τομή της χαρακτηριστικής καμπύλης της αντλίας (I) με τη χαρακτηριστική καμπύλη του συστήματος (II).

Από το διάγραμμα του σχήματος 6.5γ λαμβάνονται:



Σχ. 6.5γ

Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας δύο παράλληλα συνδεδεμένων αντλιών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Αντλίες που συναντώνται στα πλοία

Γενικά.

Τα είδη των αντλιών που περιγράφονται στη συνέχεια είναι συνήθως αυτά που χρησιμοποιούνται στα πλοία. Είναι γενικού χαρακτήρα και ενδέχεται να μην ισχύουν σε όλες τις περιπτώσεις διότι οι αντλίες που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι προκύπτουν απ' την μελέτη των εγκαταστάσεων (βλ. κεφ. 8) ή των ιδιαίτερων σχεδιαστικών χαρακτηριστικών κάθε κατασκευαστή.

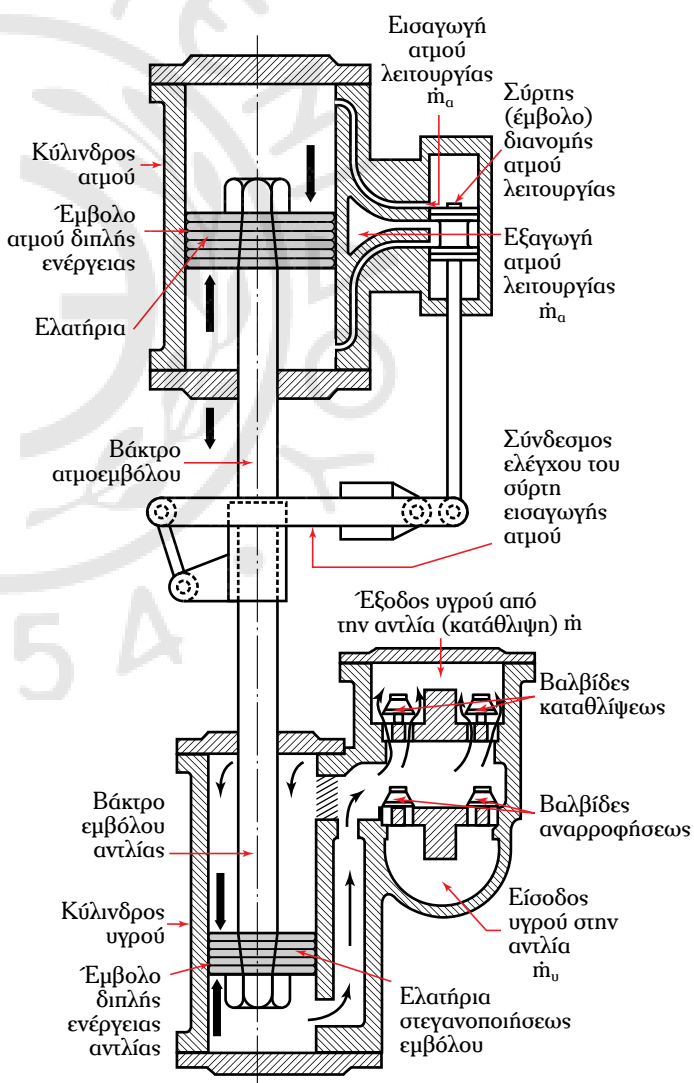
7.1 Εμβολοφόρες αντλίες άμεσης μεταδόσεως που χρησιμοποιούνται σε πλοία.

Οι αντλίες άμεσης μεταδόσεως με ατμό χρησιμοποιούνται σε πλοία (ειδικότερα σε παλαιότερης τεχνολογίας) ως τροφοδοτικές νερού στους λέβητες, ως αντλίες μεταφοράς και καταθλίψεως πετρελαίου, ως αντλίες κύτους και πυροσβέσεως (πυρκαγιάς), πόσιμου νερού κ.λπ., με χαρακτηριστικό τύπο την αντλία Weir και την τροφοδοτική αντλία Worthington. Αναλυτικότερα:

1) Η **αντλία ή υπάριο τύπου Weir** (σχ. 7.1α) είναι κάθετου τύπου μονοκύλινδρη, όταν οι απαιτήσεις παροχής είναι μικρές, και δικύλινδρη όταν είναι μεγαλύτερες. Είναι διπλής ενέργειας, με χωριστές βαλβίδες αναρροφήσεως και καταθλίψεως σε κάθε πλευρά του εμβόλου και ταχύτητα που κυμαίνεται από 25 έως 40 πλήρεις διαδρομές ή εμβολισμούς το λεπτό. Η διατομή του κυλίνδρου ατμού είναι διπλάσια περίπου από τη διατομή του κυλίνδρου υγρών, ώστε από τη συνολική δύναμη που μεταβιβάζεται μέσω του βάκτρου στη μικρότερη επιφάνεια του εμβόλου υγρών της αντλίας να προκαλείται πολύ μεγαλύτερη αύξηση στην πίεση του υγρού απ' ό,τι του ατμού.

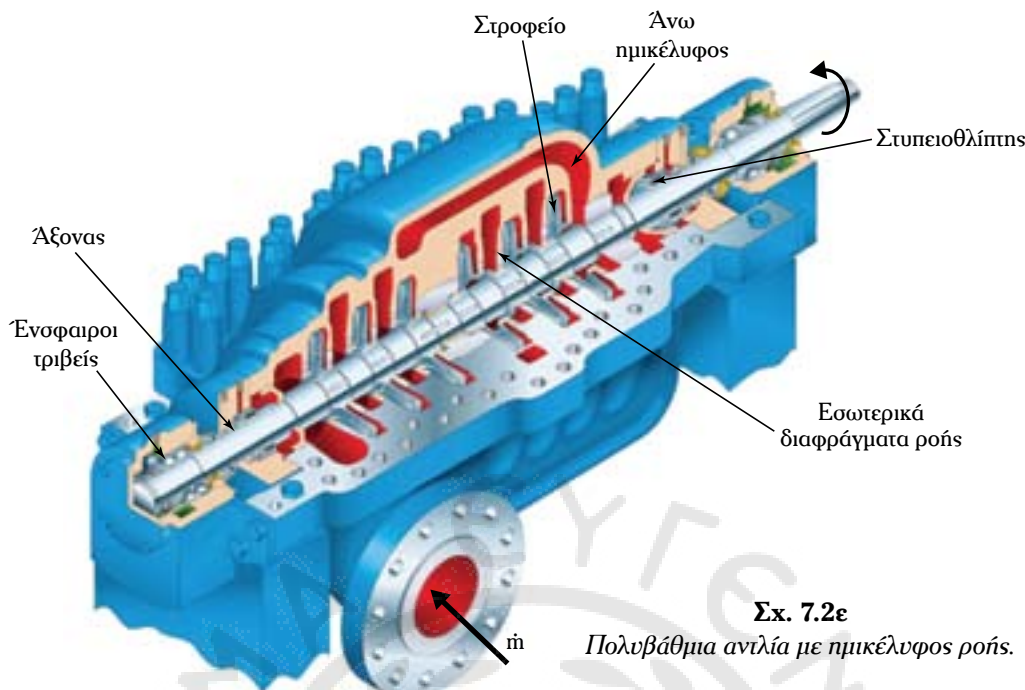
Η αύξηση στην πίεση του υγρού είναι απαραίτητη, ειδικά όταν η αντλία χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία νερού στον λέβητα, όπου το νερό κατά την εισαγωγή του πρέπει να υπερνικήσει την πίεση του ατμού. Ο μηχανισμός διανομής του ατμού λειτουργίας είναι τύπου απλής διατάξεως (παράγρ. 2.6.1).

2) Η **τροφοδοτική αντλία Worthington** χρησιμοποιείται ως βοηθητική στα δίκτυα ατμού. Η κατασκευή και η ζεύξη της παρουσιάζεται στο σχήμα 7.1β, και τοποθετείται σε οριζόντια ή κάθετη διάταξη. Είναι αντλία διπλής ενέργειας εμβόλων, και όταν είναι σε ζεύγη η κίνηση των εμβόλων πραγ-



Σχ. 7.1α

Αντλία τύπου Weir.



απαιρεί τη θέση του άξονα στη σωστή θέση σε όλα τα φορτία λειτουργίας.

Σε αυτού του τύπου αντλίες είναι πολύ σημαντικό η πίεση καταθλίψεως να φτάνει σε σύντομο χρονικό διάστημα στο επιθυμητό επίπεδο λειτουργίας, ώστε να μειώνεται η φθορά και η κόπωση των σημείων εδράσεως. Γι' αυτόν το σκοπό τοποθετείται στην κατάθλιψη επιστόμιο με ανεπίστροφη βαλβίδα, ώστε να εξασφαλιστεί ότι η αντλία θα επιτύχει σε σύντομο χρονικό διάστημα το φορτίο για το οποίο είναι ρυθμισμένη να λειτουργεί. Η ανεπίστροφη βαλβίδα σε κάποια επιστόμια λειτουργεί υπό την επίδραση της εντάσεως ελατηρίου.

Για την προστασία της αντλίας, όταν η πίεση αναρροφήσεως στην πρώτη βαθμίδα πέσει κάτω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο, τοποθετείται πρεσσοστάτης¹ (pressure switch) αποτρέποντας την ανώμαλη λειτουργία της αντλίας σε συνθήκες που προκαλούν σπινδαίωση στις επιφάνειες του κελύφους και του στροφείου.

7.2.3 Φυγοκεντρικές αντλίες με ατμοστρόβιλο.

Οι **φυγοκεντρικές αντλίες** συνήθως κινούνται με ηλεκτροκινητήρα, όμως σε περίπτωση που υπάρ-

χει διαθέσιμη ενέργεια από την παραγωγή ατμού ή απαιτείται μεγάλη παροχή καταθλίψεως, τότε χρησιμοποιείται ατμοστρόβιλος ως κινητήριο μέσο της αντλίας. Στην περίπτωση αυτή ονομάζονται στροβιλαντλίες (steam turbine driven pumps).

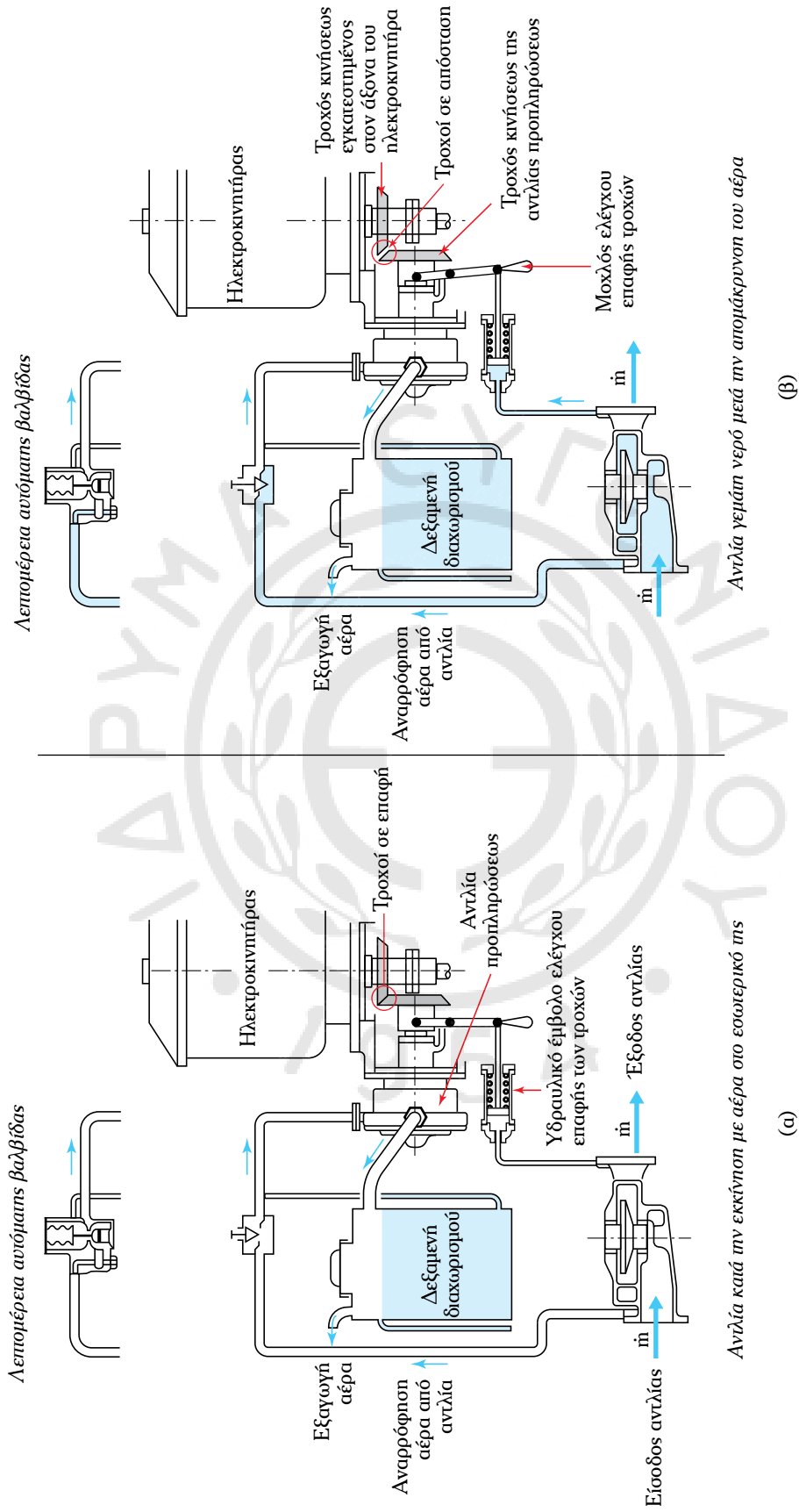
Η απόδοση και η αξιοπιστία μίας φυγοκεντρικής αντλίας που κινείται από ατμοστρόβιλο παρέχοντας σταθερή παροχή, είναι ιδανική για να καλύψει τις ανάγκες σε νερό του ατμολέβητα.

Με αυτές τις αντλίες αντιμετωπίζεται και η δυνατότητα του λέβητα να αποθηκεύσει ικανοποιητική ποσότητα τροφοδοτικού νερού σε σχέση με την ποσότητα που χρειάζεται για την ατμοπαραγωγή. Ταυτόχρονα η εγκατάστασή τους στα δίκτυα τροφοδοτήσεως των λεβήτων βελτιώνει τον κύκλο αποδόσεως του συστήματος χρησιμοποιώντας τον ατμό εξόδου για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού.

Η δυνατότητα των φυγοκεντρικών αντλιών στην ανάπτυξη μεγάλης παροχής βρίσκει εφαρμογή στην εκφόρτωση των Δ/Ξ όπου είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση του μεγάλου όγκου του φορτίου.

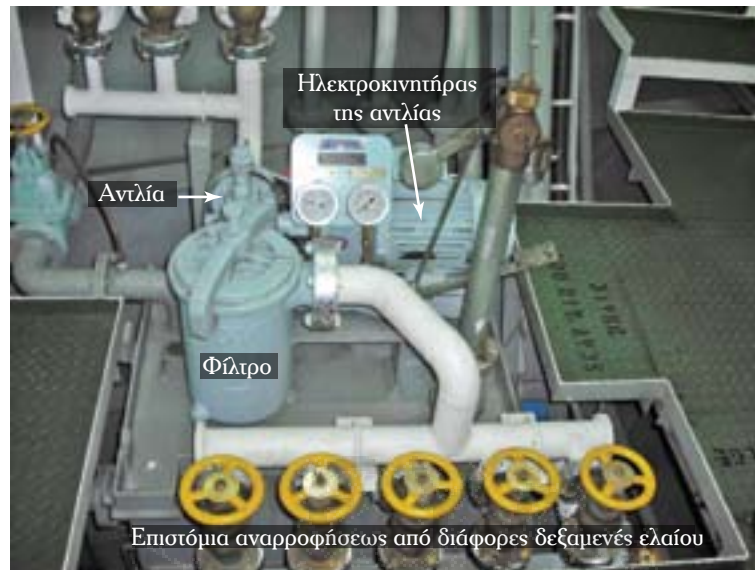
Οι στροβιλαντλίες δύναται να έχουν λίπανση ελαίου ή υδρολίπανση. Χαρακτηριστικοί τύποι αυτών των αντλιών είναι οι ακόλουθοι τρεις:

¹ Ο πρεσσοστάτης είναι διακόπτης πίεσεως ή διακόπτης διατηρήσεως της πίεσεως.



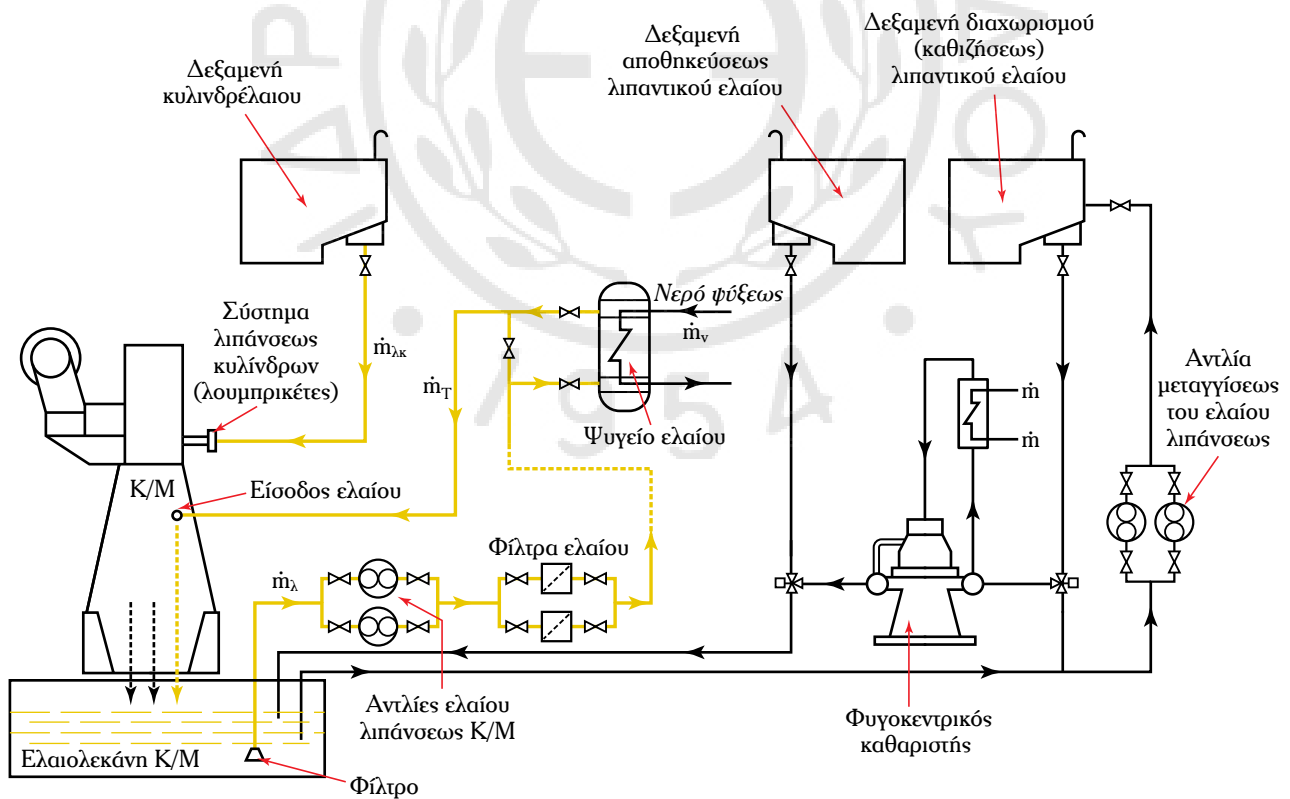
Σχ. 7.2γ

Τυπική διάταξη περιστροφικής αντλίας προπληρώσεως, εγκατεστημένη σε φρυγοκεντρική αντλία (α) κατά τη διάρκεια της εκκίνησης και (β) κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.



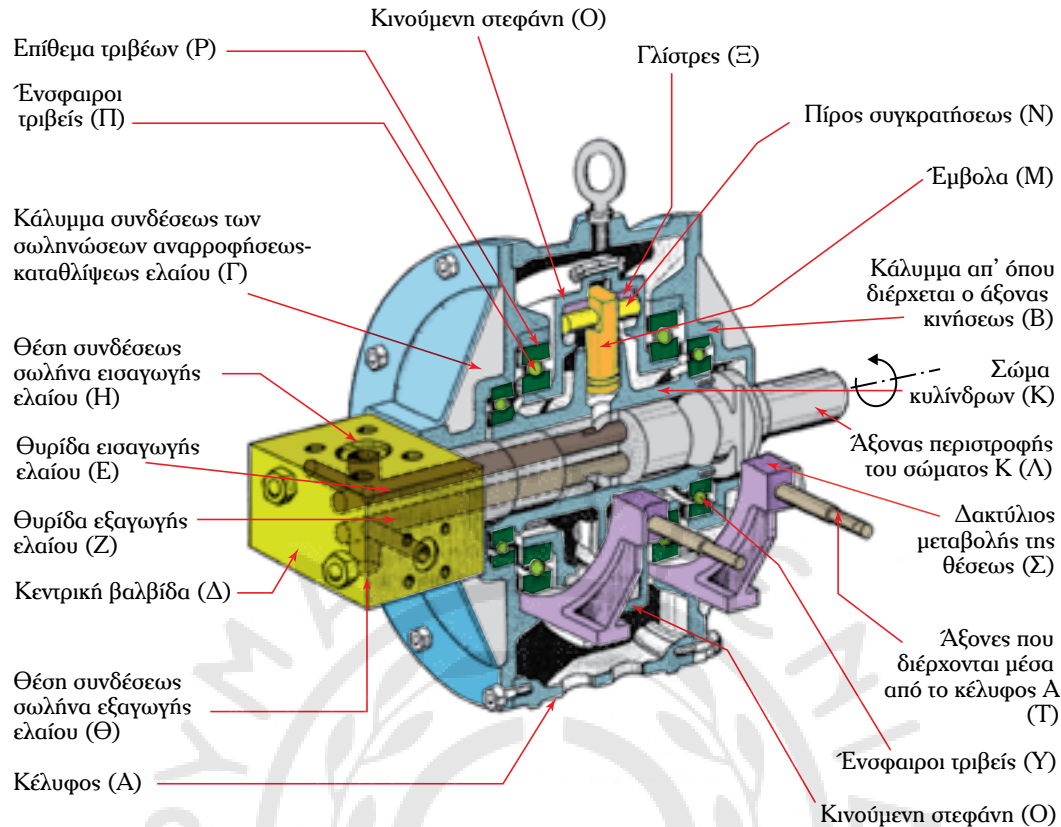
Σχ. 8.40

Αντλία μεταγίσεως ελαίου λιπάνσεως.

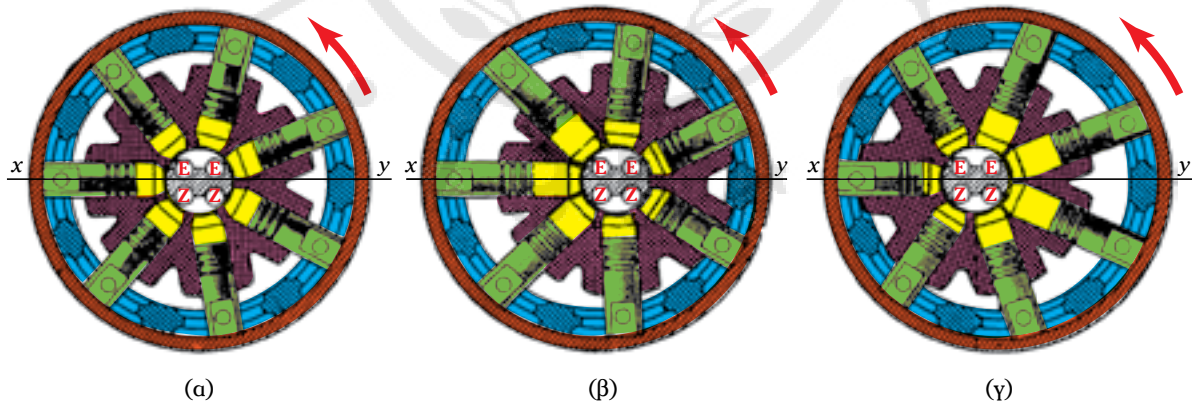


Σχ. 8.41

Δίκτυο λιπάνσεως, φυγοκεντρικού καθαρισμού ελαίου και μεταγίσεως στο μηχανοστάσιο του πλοίου.



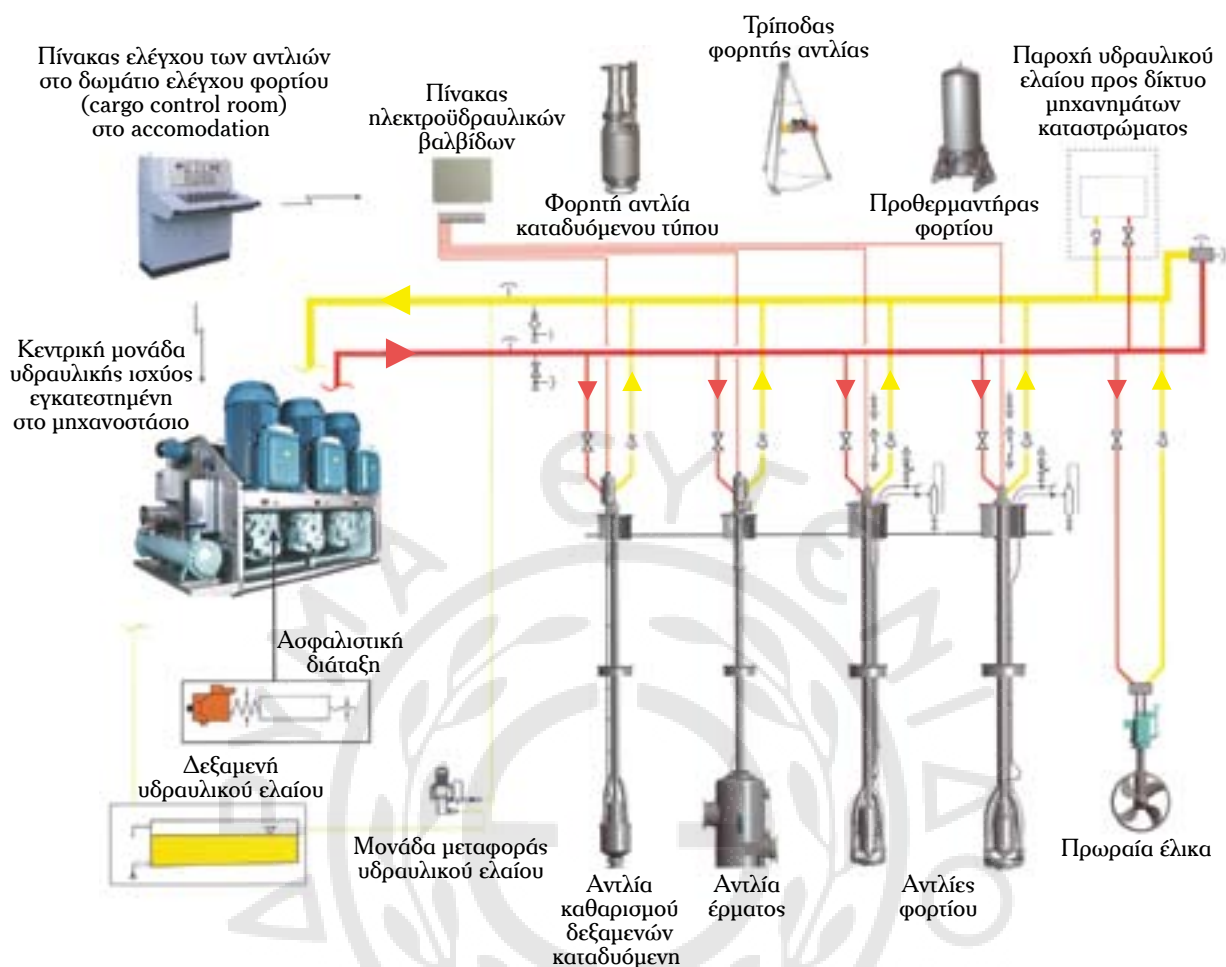
Σχ. 8.4ιστ
Ανιλία κινούμενης στεφάνης Hele-Shaw.



E: Θυρίδα εισαγωγής ελαίου (Oil inlet port)	Z: Θυρίδα εξαγωγής ελαίου (Oil outlet port)
Θάλαμοι διακινήσεως ρευστού	Σώμα κυλίνδρων
Έμβολα με πίρους συγκρατήσεως	Κινούμενη στεφάνη
	Γλίστρες

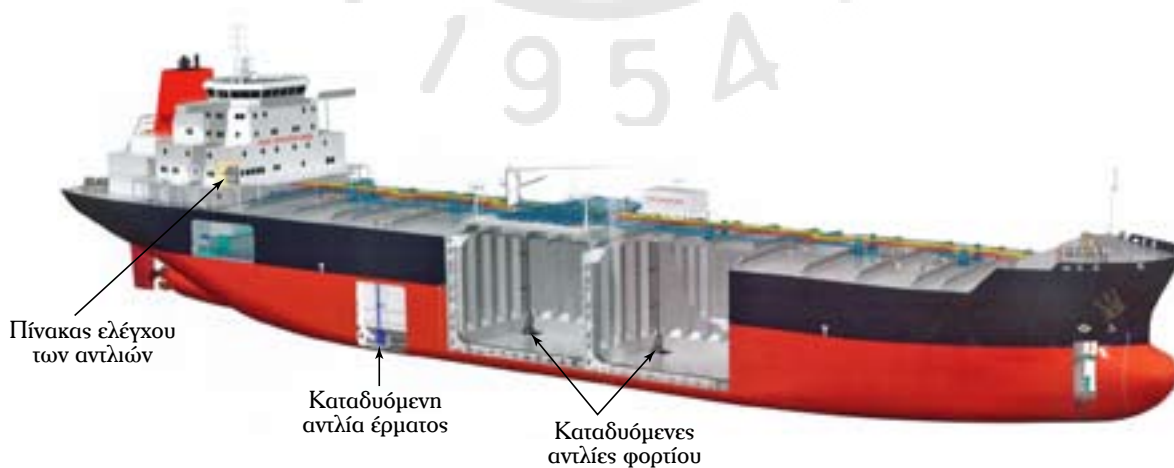
Σχ. 8.4ιζ

Τομή της ανιλίας κινούμενης στεφάνης. (α) Η στεφάνη κινείται διατηρώντας το ίδιο κέντρο. (β) Η στεφάνη μετατοπίζεται προς τα αριστερά. (γ) Η στεφάνη μετατοπίζεται προς τα δεξιά.



Σχ. 8.61

Τυπική διάταξη συστήματος παροχής υδραυλικού ελαίου από κεντρική μονάδα ισχύος.



Σχ. 8.61α

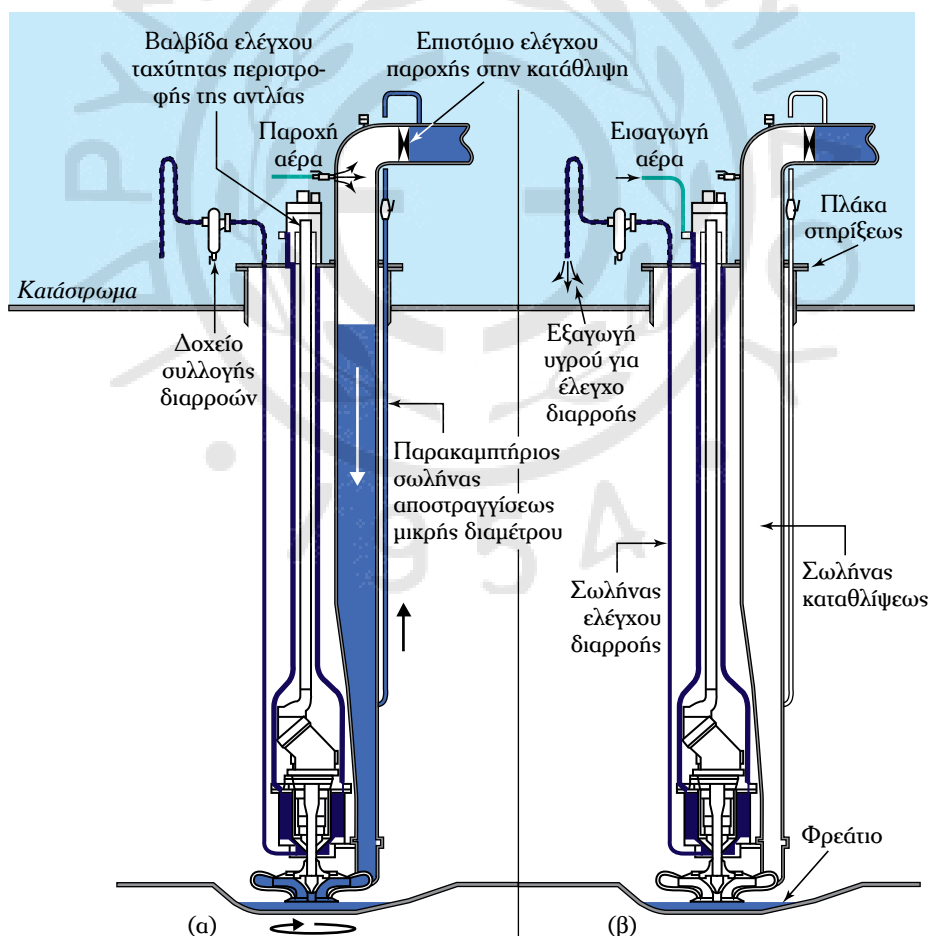
Τυπική διάταξη στο καιάστρωμα δικτύου παροχής υδραυλικού ελαίου από κεντρική μονάδα ισχύος και διάταξη αντλιών.

Το υγρό από το σπειροειδές κέλυφος της αντλίας καταθλίβεται μέσω ενός σωλήνα παράλληλα εγκατεστημένου με το σωλήνα παροχής και επιστροφών ελαίου λειτουργίας. Ο σωλήνας καταθλίψεως φτάνει έως το κατάστρωμα, όπου είναι εγκατεστημένο το επιστόμιο για τον έλεγχο της ροής προς το δίκτυο εκφορτώσεως του πλοίου.

Για την αποστράγγιση του κατακόρυφου σωλήνα καταθλίψεως με την ολοκλήρωση της εκφορτώσεως της δεξαμενής χρησιμοποιείται συμπιεσμένος αέρας ή αδρανές αέριο. Η παροχή του αέρα ή του αερίου, πραγματοποιείται και με το επιστόμιο καταθλίψεως κλειστό από κατάλληλα εγκατεστημένο σύνδεσμο στο άνω άκρο του σωλήνα στο κατάστρωμα. Η αποστράγγιση πραγματοποιείται μέσω του παρακαμπτηρίου σωλήνα μικρής διαμέτρου που το ένα άκρο του συνδέεται στο κάτω μέρος του σωλήνα καταθλίψεως, ενώ το άλλο μετά το επιστόμιο της καταθλίψεως

[σχ. 8.6ιγ(α)]. Επειδή στην αναρρόφηση των βυθιζομένων αντλιών δεν υπάρχει εγκατεστημένη ανεπίστροφη βαλβίδα, η διεργασία αποστραγγίσεως του σωλήνα καταθλίψεως πρέπει να πραγματοποιείται πριν τη διακοπή λειτουργίας της αντλίας.

Η σύνδεση της αντλίας στο κάτω μέρος του σωλήνα, πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να απομακρυνθεί με ευκολία σε περίπτωση βλάβης ή για επισκευή, χωρίς να απαιτείται η αποσυναρμολόγηση του σωλήνα παροχής υδραυλικού ελαίου και του σωλήνα καταθλίψεως. Επίσης, στα πλοία με βυθιζόμενες αντλίες όταν η κύρια αντλία της δεξαμενής βρίσκεται εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης, υπάρχουν διαθέσιμες μία ή δύο φορητές υδραυλικές βυθιζόμενες αντλίες οι οποίες εισάγονται από κατάλληλο άνοιγμα του καταστρώματος στη δεξαμενή (με τη χρήση ενός τρίποδα ή βαρούλκου) για την άντληση του φορτίου. Το υδραυλικό λάδι για τη λειτουργία



Σχ. 8.6ιγ

Αποστράγγιση και έλεγχος της στεγανοποιήσεως των σωλήνων της αντλίας.

(α) Διαδικασία εκκενώσεως σωλήνα καταθλίψεως, (β) διαδικασία ελέγχου διαρροής.

υγρού προς το περιβάλλον αποτελεί αιτία μειώσεως της αποδόσεώς τους. Ιδιαίτερα, λόγω της υψηλής ταχύτητας περιστροφής τους, η παρουσία αέρα θα αυξήσει τον κίνδυνο της σπλαιώσεως αλλά και της διακοπής της ροής στην αντλία. Γι' αυτό η ορθή στεγανοποίηση συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας των αντλιών.

Η στεγανοποίηση των φυγοκεντρικών αντλιών στα σημεία συνδέσεως των διαιρουμένων αξονικά κελύφων [σχ. 9.1n(α)] πραγματοποιείται με βελα-

νιδόχαρτο ή λεπτό περμανίτη. Επίσης ενδέχεται η στεγανοποίηση να επιτυγχάνεται με o-ring, όταν το κέλυφος κλείνει με καπάκι στην επάνω πλευρά του.

Στο σημείο του κελύφους απ' όπου διέρχεται ο άξονας του τροφείου, η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται από στυπεία ή σαλαμάστρες με στυπειοθλίπτη εγκατεστημένα στον ειδικά διαμορφωμένο στυπειοθάλαμο [σχ. 9.1n(β)] ή από μηχανικούς στυπειοθλίπτες (σχ. 9.1θ).

Όταν χρησιμοποιούνται στυπεία, οι σημαντικές



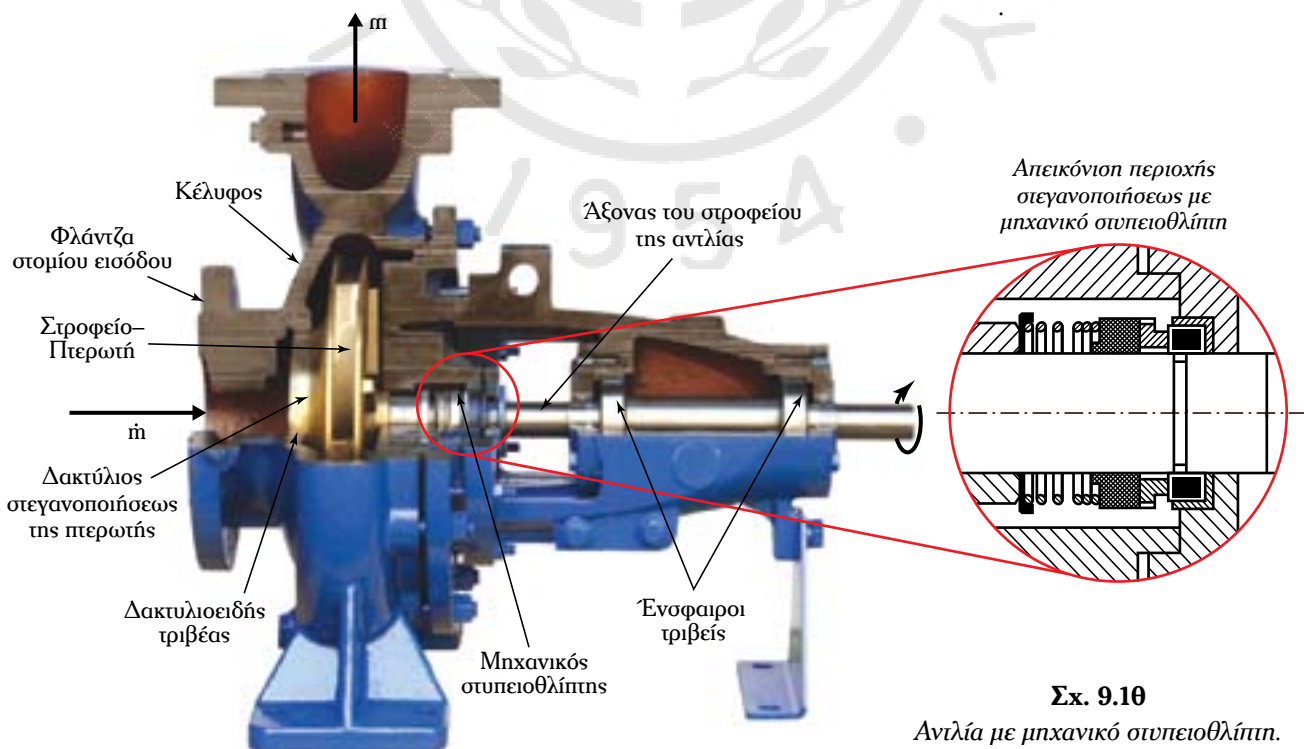
(α)



(β)

Σχ. 9.1n

Αντλία (α) με διαιρούμενο κέλυφος και (β) με σαλαμάστρες στεγανοποιήσεως στον άξονα.

**Σχ. 9.10**

Αντλία με μηχανικό στυπειοθλίπτη.



*Εμβολοφόρος αντλία του Κτησιβίου (285-222 π.Χ.),
Έλληνα μαθηματικού, μηχανικού, εφευρέτη και ιδρυτή της
Σχολής Μηχανικών και Μαθηματικών στην Αλεξάνδρεια.*