

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ EXCEL**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΙΛΑΤΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΓΜ: 4725

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΙΒΙΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ



ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2016

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ
ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ EXCEL**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΙΛΑΤΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΓΜ:4725

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΙΒΙΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο . Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ.....	8
1.1 Ορισμός και φαινόμενα	8
1.2 Ιστορική αναδρομή	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο . ΑΝΤΛΙΕΣ	14
2.1 Ορισμός και ιστορική αναδρομή.....	14
2.2 Κατηγορίες αντλιών.....	17
2.2.1. Αντλίες θετικής εκτοπίσεως	17
2.2.2 Δυναμικές αντλίες	25
2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη αντλιών	33
2.3.1 Ενεργειακά ύψη	33
2.3.2 Παροχή	37
2.3.3. Ισχύς	38
2.3.4 Βαθμοί αποδόσεως	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο . ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ	40
3.1 Εισαγωγή στα υπολογιστικά προβλήματα.....	40
3.2 Περιγραφή διαδικασίας υπολογισμών με χρήση του Excel	41
3.3 Σχεδιασμός χαρακτηριστικών καμπυλών με χρήση Excel	42
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετώνται οι χαρακτηριστικές καμπύλες αντλιών. Αρχικά, πραγματοποιείται μία εισαγωγή στις αντλίες, ώστε να γίνει κατανοητή αυτή η έννοια που απασχολεί την παρούσα εργασία. Ξεκινούμε λοιπόν από το τι ορίζεται αντλία και ποια είναι η πορεία και η εξέλιξή της στα μετέπειτα χρόνια. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στη διάκριση των αντλιών. Συγκεκριμένα, οι αντλίες κατηγοριοποιούνται στις αντλίες θετικής εκτοπίσεως (στατικού τύπου) και στις δυναμικές αντλίες (κινητικού τύπου). Όσον αφορά στην πρώτη κατηγορία, αυτή αποτελείται από τις παλινδρομικές και τις περιστροφικές αντλίες. Σχετικά με τη δεύτερη κατηγορία, αυτή περιλαμβάνει τις περιστροφικές δυναμικές αντλίες και τις ειδικές δυναμικές αντλίες. Αφού λοιπόν αναφερθούν τα παραπάνω, είναι απαραίτητο να αναλυθούν τα χαρακτηριστικά μεγέθη αντλιών. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη αντλιών αποτελούνται από τα ενεργειακά ύψη, την παροχή, την ισχύ και τους βαθμούς αποδόσεως. Μετά την ανάλυση των δεδομένων που προαναφέρθηκαν είναι εφικτό να γίνει μια εισαγωγή για τις χαρακτηριστικές καμπύλες αντλιών. Πιο ειδικά, γίνεται λόγος για το σχεδιασμό χαρακτηριστικών καμπυλών αντλιών. Σε αυτό το κεφάλαιο, πραγματοποιείται εισαγωγή στα υπολογιστικά προβλήματα. Τα υπολογιστικά προβλήματα εξυπηρετούν μόνο ορισμένα μεγέθη. Συγκεκριμένα, οι φυγόκεντρες αντλίες που κατατάσσονται στην κατηγορία των δυναμικών αντλιών, είναι το αντικείμενο με το οποίο σε αυτή την εργασία ασχολούνται αποκλειστικά τα υπολογιστικά προβλήματα. Έπειτα, περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμών με χρήση excel. Ο κύριος σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι να φτάσουμε στον προσδιορισμό των συντελεστών α και β της εξίσωσης δευτέρου βαθμού του ολικού ύψους H σε συνάρτηση με την παροχή Q . Τέλος, παρατίθεται ο σχεδιασμός χαρακτηριστικών καμπυλών με τη χρήση του προγράμματος excel. Σε αυτό το κομμάτι καταγράφονται και αναλύονται υπολογιστικά παραδείγματα.

ABSTRACT

In the present undergraduate thesis study of the characteristic curves of pumps is made. At first, a short introduction is made. Next a literature review is being conducted. Concerning the difference between various types of pumps together with their basic energy characteristics of pumps. After that an introduction is made to the characteristic curves of pumps and how are designed and calculated. Finally, several examples are solved with the aid of software program excel.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σημαντική συμβολή στο περιεχόμενο αυτής της εργασίας αποτέλεσε αρχικά ο επιβλέπων καθηγητής Διβινής Νικόλαος. Η βοήθεια του ήταν πολύτιμη, καθώς με καθοδήγησε και με βοήθησε στη διεκπεραίωση της εργασίας, αλλά και μου μετέδωσε τις απαραίτητες γνώσεις. Επίσης, ευχαριστώ τον καθηγητή μου για τον πολύτιμο προσωπικό χρόνο που μου αφιέρωσε και για τη διάθεση συνεργασίας που επέδειξε.

Ακόμη, εκφράζω τις ευχαριστίες στη φοιτήτρια της παιδαγωγικής σχολής του Αριστοτελείου πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Τσακίρη Αρχοντία, η οποία με βοήθησε με προσωπική εργασία στην ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας, δείχνοντας ιδιαίτερο ζήλο, αποφασιστικότητα και υπομονή.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, η οποία στέκεται δίπλα μου σε κάθε πρόκληση και δυσκολία.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη διαπραγματεύεται το σχεδιασμό των χαρακτηριστικών καμπυλών αντλιών με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος Excel. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε αυτό το θέμα, είναι γιατί οι αντλίες αποτελούν την κορωνίδα των δικτύων ενός πλοίου. Επίσης, αυτό το θέμα προσφέρει αρκετές χρήσιμες πληροφορίες, καθώς η λειτουργία και η συντήρηση των αντλιών απασχολούν ένα από τα μείζοντα θέματα που απασχολούν έναν μηχανικό του Εμπορικού Ναυτικού. Σχετικά με το σκοπό αυτού του πονήματος, είναι να βοηθήσει τον κάθε απασχολούμενο με αυτό το θέμα και να ξεκαθαρίσει τις απορίες που γεννώνται ως προς την κατάταξη των αντλιών και τα χαρακτηριστικά μεγέθη από τα οποία απαρτίζονται.

Αρχικά, παρατίθεται το θεωρητικό μέρος της εργασίας, δηλαδή οι αναλυτικότερες πληροφορίες για το θέμα που απασχολεί την εργασία, όπως είναι οι αντλίες. Αφού λοιπόν δοθούν οι κατάλληλες πληροφορίες είναι εφικτό να προχωρήσουμε στο πρακτικό μέρος, δηλαδή το σχεδιασμό των χαρακτηριστικών καμπυλών αντλιών.

Η εργασία αποτελείται από τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο ορίζεται η έννοια της μηχανικής των ρευστών και αναλύονται τα φαινόμενα που την αποτελούν. Επιπρόσθετα, αναλύεται η ιστορική αναδρομή και τα βασικά θεωρήματα που αποτελούν τη μηχανική των ρευστών.

Έπειτα, στο δεύτερο κεφάλαιο, δίνεται ο ορισμός για την αντλία και αναφέρονται περαιτέρω οι δύο μεγάλες κατηγορίες, δηλαδή οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως και οι αντλίες δυναμικού τύπου. Επίσης, αναλύονται λεπτομερώς οι διάφορες υποκατηγορίες τους. Στη συνέχεια, επισημαίνονται οι τέσσερις ομάδες των χαρακτηριστικών μεγεθών της αντλίας και υπογραμμίζεται η σπουδαιότητά τους ως προς την ορθή λειτουργία της αντλίας.

Καταληκτικά, το τρίτο κεφάλαιο εμπεριέχει την εισαγωγή στα υπολογιστικά προβλήματα, την περιγραφή διαδικασίας υπολογισμών με τη χρήση του προγράμματος Excel και τον κύριο σκοπό της εργασίας που είναι ο σχεδιασμός των χαρακτηριστικών καμπυλών αντλιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο. Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ.

1.1 Ορισμός και φαινόμενα

Η Μηχανική των Ρευστών αποτελεί έναν από τους τομείς των Φυσικών Επιστημών. Κύριο αντικείμενο απασχόλησης της είναι η ροή των ρευστών δηλαδή των υγρών, των αερίων και των πλασμάτων και τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω σ' αυτά. Συγκεκριμένα, φαινόμενα που την απασχολούν είναι η στατική των ρευστών και η δυναμική των ρευστών. Αναλυτικότερα, σχετικά με τη στατική των ρευστών, αυτή βοηθά στο να καταστούν κατανοητές σημαντικές ιδιότητες και φαινόμενα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η ατμοσφαιρική και υδροστατική πίεση, η άνωση και οι δυνάμεις που ασκούν τα ρευστά. Έπειτα, η στατική των ρευστών καθιστά δυνατή την αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων, αλλά εξυπηρετεί και στην αξιοποίηση των συμπερασμάτων σε πολλές εφαρμογές. Τέτοιες εφαρμογές είναι τα μανόμετρα, τα υδραυλικά πιεστήρια, οι διαχωριστές της βαρύτητας κ.ο.κ. Όσον αφορά στη δυναμική των ρευστών, αυτή ασχολείται με τη μεταφορά της μάζας. Τα δίκτυα διακίνησης υγρών και αερίων αντιπροσωπεύουν ένα πολύπλευρο παράγοντα σε οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία. Επιπρόσθετα, πρέπει να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά των ρευστών, ώστε να αντιμετωπιστούν προβλήματα σχετικά με τη ροή των ρευστών στους αγωγούς. Στη συνέχεια, πρέπει να είναι δυνατή η χρήση των αντλιών, αεροσυμπιεστών και άλλου σχετικού εξοπλισμού που διακινεί ρευστά. Ακόμη, βοηθά στην κατανόηση των διεργασιών διαχωρισμού που στηρίζονται στη διάχυση και μεταφορά μάζας και στις αεροδυναμικές και υδροδυναμικές διεργασίες κατά την κίνηση στερεών μέσα σε ρευστά. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν τα πλοία, τα αυτοκίνητα, τα αεροπλάνα κ.λπ. Τέλος, η κατανόηση της συμπεριφοράς των ρευστών προωθεί την εκμάθηση των διεργασιών που ασχολούνται με τη μετάδοση της θερμότητας.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Όπως και σε κάθε άλλη επιστήμη έτσι και στην Μηχανική των Ρευστών, η ιστορική εξέλιξή της διακρίνεται σε τέσσερις περιόδους. Πρώτη περίοδος ορίζεται η Αρχαία Ελλάδα στην οποία παρουσιάζεται μια εμπειρική ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων. Την εποχή αυτή διαδέχεται μια μακράιωνη επιστημονική και τεχνική στασιμότητα (Μεσαίωνας). Αυτή την περίοδο τερματίζει το ανήσυχο και ερευνητικό πνεύμα της αναγεννήσεως, του διαφωτισμού και της επιστημονικής εκρήξεως (18^{ος} – 19^{ος} αιώνας). Τα επιστημονικά θεμέλια της προηγούμενης εποχής, οδηγούν στην επιστημονική και τεχνική εκτόξευση του 20^{ου} αιώνα την περίοδο της συνεχούς αυξανόμενης γνώσης και των εφαρμογών που σχετίζονται με την Μηχανική Ρευστών. Καταληκτικά, φτάνοντας

στον παρόντα αιώνα, γίνεται αντιληπτή μια σοβαρή εκδήλωση προβλημάτων, η οποία αυξάνει τον ρόλο της επιστήμης και της τεχνικής και οδηγεί τους αρμόδιους φορείς μπροστά στο φάσμα μεγαλύτερων ευθυνών.

1.3 Βασικά Θεωρήματα της Μηχανικής των Ρευστών.

Πρωτοπόρος της επιστημονικής σκέψης που στα πρώτα της βήματα συνδεόταν και με τα ρευστά, χρήζεται ο Αρχιμήδης, ο οποίος ήταν αρχαίος Έλληνας μαθηματικός. Ειδικότερα, ο μαθηματικός ανακάλυψε και διατύπωσε την περίφημη αρχή του Αρχιμήδη, η οποία αναφέρει ότι κάθε σώμα που είναι πλήρως βυθισμένο σε ένα ρευστό δέχεται δύναμη άνωσης, ίση με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζει, δηλαδή ισχύει $A=B$ υγρού. Επιπρόσθετα, η ανακάλυψη του προαναφερόμενου μαθηματικού συμπεριλήφθηκε στο δημοσιευόμενο έργο του Πλωτοί Φορείς, το οποίο θεωρείται ως η πρώτη σημαντική δουλειά στη μηχανική των ρευστών. Τέλος, αυτός ο νόμος εφαρμόζεται στα πλοία, στο ανθρώπινο σώμα, στα υποβρύχια και στα αερόστατα κ.λπ.

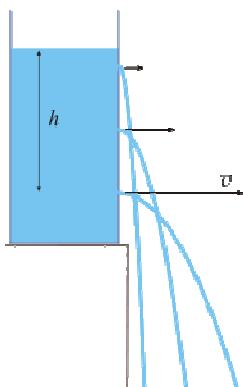
Άλλη σημαντική μορφή ήταν ο Leonardo Da Vinci, ο οποίος χαρακτηριζόταν για το ανήσυχο και ερευνητικό του πνεύμα. Αυτός πραγματοποίησε παρατηρήσεις και πειράματα. Συγκεκριμένα, μελέτησε τη διατήρηση της μάζας στη μονοδιάστατη σταθερή ροή. Παράλληλα, ασχολήθηκε με τις περιγραφές κυμάτων, αεροδυναμικών και υδραυλικών συστημάτων. Έπειτα, ακολουθεί ο νόμος του Mariotte, ο οποίος αναδιατυπώθηκε, καθώς 14 χρόνια πριν ανακαλύφθηκε από τον Robert Boyle. Σύμφωνα με αυτό τον νόμο, ο όγκος ενός αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης αυτού, σε σταθερή θερμοκρασία. Ακόμη, ο Γάλλος φυσικός κατασκεύασε την πρώτη σήραγγα αέρα και πειραματίστηκε με αυτήν.

Επιπρόσθετα, ο Γάλλος φυσικομαθηματικός Blaise Pascal διατύπωσε έναν από τους βασικότερους νόμους της υδροστατικής. Ειδικότερα, ο συγκεκριμένος νόμος καθορίζει ότι οποιαδήποτε πίεση που μπορεί να ασκηθεί στην επιφάνεια ενός υγρού μεταδίδεται ομοιόμορφα εντός αυτού, προς όλες τις διευθύνσεις και σε όλο το βάθος του. Αυτή η αρχή αφορά όλα τα ρευστά. Επίσης, το 1647 παράλληλα με την ομώνυμη αρχή του ανακάλυψε και την χρήση του βαρόμετρου για την μέτρηση του υψόμετρου. Σχετικά με τις εφαρμογές αυτής της αρχής αυτές είναι η πλήρωση με αέρα ενός τροχού ή μπαλονιού, το υδραυλικό πιεστήριο, οι υδραυλικοί γερανοί και τα υδραυλικά φρένα. Την υδροστατική αποτελούν η αρχή του Pascal που προαναφέρθηκε, η αρχή του Αρχιμήδη και ο θεμελιώδης νόμος της υδροστατικής. Αναφορικά, με τον θεμελιώδη νόμο της υδροστατικής, αξίζει να αναφερθούμε ότι ο νόμος αυτός αφορά το υγρό, το οποίο ισορροπεί εντός ενός βαρυτικού πεδίου. Πιο συγκεκριμένα υπογραμμίζει ότι η πίεση

που ασκείται από το υγρό σε ένα σημείο του που βρίσκεται σε βάθος (h), ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας (ρ) του υγρού, της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) και του βάθους από την επιφάνεια του υγρού (h), δηλαδή ισχύει $P=\rho gh$.

Σύγχρονος του Pascal ήταν και ο Torricelli, ο οποίος ανακάλυψε το υδραργυρικό βαρόμετρο και πραγματοποίησε την πρώτη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Επίσης, συνέβαλλε στο έργο σχεδιασμού και κατασκευής μικροσκοπίων, αλλά και στις μεθόδους λείανσης των φακών των τηλεσκοπίων. Ακόμη, έλυσε σημαντικά μαθηματικά προβλήματα της εποχής του και η μονάδα Tor και ο αστεροειδής 7437 Torricelli φέρουν το όνομά του τιμής ένεκεν.

Το 1644 ο Ιταλός φυσικομαθηματικός Torricelli διατύπωσε το ομώνυμο θεώρημά του για τη ροή των υγρών. Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι όταν ένα υγρό εκρέει στον ελεύθερο αέρα υπό την επίδραση της βαρύτητας από μια οπή βάθους (h) (από την ελεύθερη επιφάνεια του) αποκτά ταχύτητα εκροής ίση με εκείνη που θα ελάμβανε εάν έπεφτε ελεύθερα από το ίδιο ύψος. Για να ισχύει το παραπάνω θεώρημα πρέπει το εμβαδόν διατομής εκροής να είναι κατά πολύ μικρότερο της ελεύθερης επιφάνειας. Ειδικότερα: η ταχύτητα (u) στο σημείο εκροής είναι $u=\sqrt{2gh}$ σε m/sec. Η παροχή Q , όταν η διατομή της οπής εκροής είναι F υπολογίζεται ως εξής $Q=F\sqrt{2gh}$ σε m^3/sec .



Εικόνα 1.3.1: Θεώρημα Torricelli σε αναπαράσταση

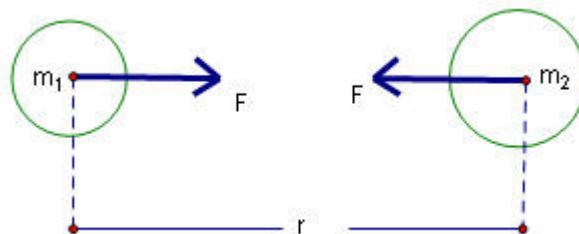
Εντυπωσιασμένος από τον Torricelli ο Γαλιλαίος ανέλαβε την προστασία του. Ο Ιταλός φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος και φιλόσοφος διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην επιστημονική επανάσταση του 17^{ου} αιώνα. Συγκεκριμένα, βελτίωσε το τηλεσκόπιο, εφηύρε τους νόμους του εκκρεμούς που χρησιμοποιούνται στα ρολόγια και διατύπωσε το νόμο της πτώσεως των σωμάτων. Πιο ειδικά, ο νόμος της πτώσεως των σωμάτων αποδεικνύει ότι η βαρύτητα επιδρά στην ταχύτητα των σωμάτων όταν υψώνονται ή πέφτουν. Πρόσθετα, εφηύρε ένα θερμόμετρο και

ένα υπολογιστικό διαβήτη. Ακόμη, αντικατέστησε την υποθετική ή επαγωγική μέθοδο με την πειραματική και συνέβαλε στην καθιέρωση της μηχανικής ως ιδιαίτερης επιστήμης.

Το χρόνο που πέθανε ο Γαλιλαίος γεννήθηκε ο Άγγλος φυσικομαθηματικός, αστρονόμος, φιλόσοφος, αλχημιστής και θεολόγος Isaac Newton. Έκανε την αρχή της έρευνάς του από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και τους νόμους του Γερμανού αστρονόμου Johannes Kepler. Επιπρόσθετα, αξίζει να επισημανθεί ότι διατύπωσε τους τρεις μνημειώδεις νόμους της κίνησης και τον νόμο του ιξώδους των γραμμικών ρευστών που σήμερα ονομάζονται προς τιμήν του νευτώνεια. Επίσης, κρίθηκε καθοριστική η συμβολή του στη θεμελίωση των σύγχρονων μαθηματικών και συνείσφερε στη θεωρία των χρωμάτων.

Μια πολύ σημαντική θεωρία που διατύπωσε ο Isaac Newton ήταν η θεωρία της παγκόσμιας έλξης ή αλλιώς ο νόμος της βαρύτητας. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ δύο ουράνιων σωμάτων είναι ανάλογες του γινομένου των μαζών τους και αντιστρόφως ανάλογες του τετραγώνου της μεταξύ των κέντρων μάζας τους απόστασης.

Δηλαδή: $F = Gm_1m_2/r^2$ όπου η F είναι η ελκτική δύναμη σε Newton, G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης, m_1 και m_2 οι μάζες αδράνειας των δύο σωμάτων σε χιλιόγραμμα, και r η μεταξύ τους απόσταση σε μέτρα.



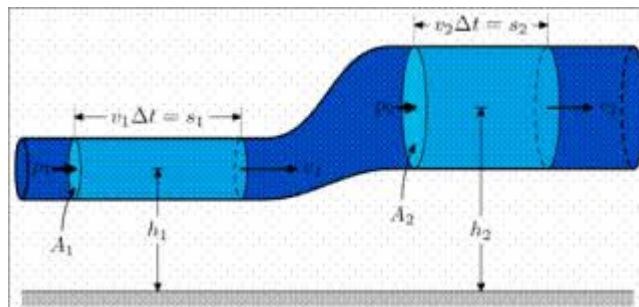
Εικόνα 1.3.2: Θεωρία της παγκόσμιας έλξης

Ο Leonard Euler ήταν ένας πρωτοπόρος Ελβετός φυσικομαθηματικός που εφάρμοσε στην μελέτη των ρευστών τις τρεις αρχές της δυναμικής του Newton και διατύπωσε τις διαφορικές εξισώσεις κινήσεως των ιδανικών ρευστών, χωρίς την χρήση ιξώδους. Ο Ελβετός πρωτοπόρος υπήρξε ο πρώτος που αντιλήφθηκε ότι η μόνη δυνατότητα που υπήρχε για την διατύπωση σχετικά απλών νόμων που αφορούσαν στην δυναμική ρευστών ήταν εκείνη που θα περιόριζε την μελέτη των ρευστών στα ασυμπιεστά και ιδανικά ρευστά, δηλαδή που θα παραμέριζε τις συνέπειες των εσωτερικών τριβών. Ο περιορισμός αυτός της μελέτης στα ιδανικά ρευστά συνέβαλε σημαντικά, αλλά τα αποτελέσματα της αναλύσεως του Euler μπορούν να θεωρηθούν μόνο μια προσεγγιστική εκτίμηση της συμπεριφοράς των πραγματικών ρευστών.

Προσωπικός συνεργάτης του Euler ήταν ο Daniel Bernoulli, Ολλανδός μαθηματικός που συνέχισε την μελέτη των ιδανικών ρευστών και κατέληξε στην περίφημη εξίσωση που φέρει το όνομα του. Επεξηγηματικά, συσχέτισε την πίεση με την ταχύτητα ενός ρευστού και εξήγησε το φαινόμενο κατά το οποίο η ταχύτητα ενός ρευστού αυξάνει όταν ελαττώνεται η πίεση του.

Δηλαδή, $P + 1/2\rho v^2 + \rho gh = \text{σταθ.}$

Αν και αναφέρεται σε ιδανικά ρευστά, είναι εύκολη η προσαρμογή της σε πραγματικά υδραυλικά έργα.



Εικόνα 1.3.3: παράδειγμα της εξίσωσης Bernoulli μεταξύ δύο σημείων

Εκτός από την εξίσωση του Bernoulli που αποτελεί τον θεμελιώδη νόμο της υδροδυναμικής υπάρχει και η εξίσωση της συνέχειας που αποτελεί και αυτή μέρος της υδροδυναμικής. Συγκεκριμένα, αυτή η εξίσωση αναφέρει ότι η παροχή παραμένει σταθερή κατά μήκος ενός σωλήνα που διαρρέεται από το υγρό. Η εξίσωση αυτή είναι άμεση συνέπεια της αρχής διατήρησης της ύλης.

Δηλαδή, $A_1 v_1 = A_2 v_2$, όπου A η διατομή του σωλήνα και v η ταχύτητα του υγρού.

Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα οι μηχανικοί ανέπτυξαν την επιστήμη της υδραυλικής, η οποία στηρίχθηκε εξ ολοκλήρου στο πείραμα. Δηλαδή απέρριψαν τις υποθέσεις τέλειων ρευστών θεωρώντας τις μη ρεαλιστικές. Κατά την περίοδο αυτή υπήρξαν σπουδαίοι πειραματιστές που κατέληξαν σε διάφορα συμπεράσματα όσο αφορά στις διάφορες ροές. Κάποιοι από αυτούς είναι οι Jean Louis Marie Poiseuille και Gotthilf Hagen, οι William Froude και ο γιος του ο Robert και ο John William Rayleigh.

Κομβικό σημείο αποτελεί το 1883, που ο Άγγλος μηχανικός Osborne Reynolds κατέδειξε τη σημασία του αδιάστατου αριθμού Reynolds (όπως ονομάζεται προς τιμήν του) πειραματικά. Πιο ειδικά, διέκρινε δύο διαφορετικούς τύπους κινήσεως για ένα ρευστό με ιξώδες στο εσωτερικό ενός αγωγού. Έτσι, παρατήρησε ότι στις χαμηλές ταχύτητες το ρευστό ακολουθεί ομαλή πορεία,

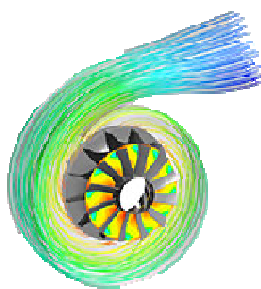
ενώ για μεγαλύτερες ταχύτητες η ροή αυτή διαταράσσεται και δημιουργούνται δίνες. Επομένως, ο αριθμός Reynolds Re αποτελεί κριτήριο για το αν μια ροή είναι στρωτή ή τυρβώδης. Ισχύουν οι εξής ανισότητες: Αν $Re < 2100$ τότε η ροή είναι στρωτή. Διαφορετικά, αν $Re > 4000$ τότε έχουμε τυρβώδη ροή.

Άλλες δύο σημαίνουσες προσωπικότητες είναι οι Claude Navier και George Stokes, που το 1845 διατύπωσαν τις βασικές εξισώσεις των ασυμπίεστων ρευστών με ιξώδες, αλλά ήταν δύσκολο να αναλυθούν για τυχαίες ροές. Ουσιαστικά επέτυχαν να συμπεριλάβουν τις επιπτώσεις της τριβής (δηλαδή του ιξώδους) στις μαθηματικές εξισώσεις κινήσεως των ρευστών. Αυτές οι εξισώσεις είναι από τις πιο χρήσιμες, γιατί χρησιμοποιούνται στις πιο πολλές εφαρμογές.

Ένας από τους μεγαλύτερους θεμελιωτές της μηχανικής των ρευστών ήταν ο Γερμανός μηχανικός Ludwig Prandtl που δημοσίευσε το 1904 μια από τις σημαντικότερες εργασίες της μηχανικής των ρευστών. Συγκεκριμένα, τόνισε ότι σε ροές ρευστών με μικρό ιξώδες, όπως είναι η ροή του νερού και του αέρα, γίνεται διακριτό ένα λεπτό οριακό στρώμα, που βρίσκεται σε επαφή με τα στερεά τοιχώματα, και ένα εξωτερικό στρώμα που ολισθαίνει στο οριακό και για το οποίο ισχύουν οι εξισώσεις του Euler και του Bernoulli. Πρόκειται λοιπόν, για τη θεωρία του οριακού στρώματος, το οποίο αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο στη σύγχρονη ανάλυση της ροής. Ο Ludwig Prandtl ήταν υπεύθυνος για μια νέα προσέγγιση της εφαρμοσμένης μηχανικής των ρευστών και το όνομά του φέρουν διάφορες εξισώσεις, αρχές και όργανα.

Ως τα μέσα του 19^{ου} αιώνα το αντικείμενο της μηχανικής των ρευστών περιοριζόταν στη μελέτη της ροής του νερού και του αέρα. Όμως, στη συνέχεια λόγω της βιομηχανικής επανάστασης και των συνεπειών της διευρύνθηκε το ενδιαφέρον και ως προς τη συμπεριφορά άλλων υγρών και αερίων. Με το πέρασμα των χρόνων δημιουργήθηκε μια γενικότερη αλματώδης ανάπτυξη και έτσι τον 20^ο αιώνα σημειώθηκε ραγδαία ανάπτυξη και στον τομέα της ρευστομηχανικής, η οποία ήταν παράλληλη και με την ανάπτυξη των άλλων επιστημονικών-τεχνικών κλάδων.

Φτάνοντας στο σήμερα, έχει πραγματοποιηθεί μια ραγδαία ανάπτυξη στον τομέα της μηχανικής των ρευστών, στα υπολογιστικά μαθηματικά και στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Όλα αυτά που προαναφέρθηκαν οδήγησαν το ενδιαφέρον στην υπολογιστική ρευστοδυναμική. Πιο ειδικά, μιλώντας για την υπολογιστική ρευστοδυναμική εννοούμε την προσομοίωση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας σαν εργαλεία τα βασικά θεωρήματα της μηχανικής των ρευστών για την επίλυση διάφορων ζητημάτων. Τα αποτελέσματα της εφαρμόζονται στη σύγχρονη αεροδυναμική, στην εμβιομηχανική και σε πολλούς κλάδους της επιστήμης και της τεχνολογίας.



Εικόνα 1.3.4: προσομοίωση-φυγόκεντρος αντλία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο. ΑΝΤΛΙΕΣ

2.1 Ορισμός και ιστορική αναδρομή

Με τον όρο αντλίες εννοούμε εκείνα τα μηχανήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση υγρών και αερίων μέσω του μηχανικού έργου, από μια χαμηλή υψομετρική στάθμη προς μια υψηλότερη ή από ένα χώρο χαμηλής πίεσης προς έναν χώρο υψηλότερης πίεσης. Η αντλία αποτελεί τον πυρήνα ενός συστήματος αντλήσεως, το οποίο αποτελείται από τρία μέρη. Ειδικότερα, αποτελείται από το σωλήνα αναρρόφησης, την αντλία και το σωλήνα καταθλίψεως. Σχετικά με το σωλήνα αναρρόφησης αξίζει να λεχθεί ότι είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά του υγρού στην αναρρόφηση της αντλίας. Αντιθέτως, στο σωλήνα καταθλίψεως μετακινείται το υγρό από την αντλία και μέσω αυτού συνεχίζεται η ροή του υγρού.

Από τα πρώτα βήματα του ανθρώπου παρουσιάστηκε η ανάγκη ανύψωσης του νερού από χαμηλότερο υψόμετρο για την κάλυψη των αναγκών του. Ο αρχαιότερος τύπος αντλίας χρονολογείται κατά τον 3^ο αιώνα π.Χ και είναι ο κοχλίας του Αρχιμήδη, που θεωρείται ένα από τα κορυφαία επιτεύγματα του μεγαλύτερου μαθηματικού και εφευρέτη της αρχαιότητας. Αυτό το επίτευγμα του Αρχιμήδη αποτελείται από ένα κοχλία σε σχήμα έλικα μέσα σε έναν κύλινδρο, ο οποίος γυρνούσε χειροκίνητα ή μέσω ενός ανεμόμυλου. Ο κοχλίας αυτός εξαπλώθηκε η χρήση του σε πολλές περιοχές του αρχαίου κόσμου. Ο κοχλίας του Αρχιμήδη χρησιμοποιούνταν για να αντλεί και να μετακινεί νερό από κάποιο χαμηλό μέρος κυρίως σε κανάλια άρδευσης, για την άντληση νερού από ορυχεία ή από χαμηλές περιοχές που γέμιζαν με ανεπιθύμητο νερό. Η αρχή λειτουργίας του εφαρμόζεται ακόμη και σήμερα, που χρησιμοποιείται για να αποστραγγίξει ξηρά που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, όπως συμβαίνει στην Ολλανδία, και σε περιοχές για την δημιουργία πόλντερ, περιοχές που περιφράσσονται από θαλάσσης και το νερό που περικλείεται ώστε να αντλείται και να χρησιμοποιείται η γη για γεωργία. Επίσης, χρησιμοποιείται σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές, σε μηχανές απομάκρυνσης χιονιού και υδραυλικές αντλίες, αλλά και σε διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές όπως στο αρχικό στάδιο

επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ή στη μεταφορά στερεών σωματιδίων. Προς τιμή του Αρχιμήδη, το 1839 πήρε το όνομα του το πρώτο στον κόσμο θαλασσοπόρο ατμόπλοιο με βιδωτή έλικα, το SS Archimedes.



Εικόνα 2.1.1: ο κοχλίας του Αρχιμήδη σε θεριζοαλωνιστική μηχανή

Την ίδια εποχή με τον Αρχιμήδη ήταν και ο Κτησίβιος ο Αλεξανδρεύς, ο μεγάλος μηχανικός και εφευρέτης, ιδρυτής της περίφημης σχολής μηχανικών της Αλεξάνδρειας, ο οποίος κατασκεύασε την αντλία πίεσης. Η αντλία αυτή περιελάμβανε δύο έμβολα και είχε δυνατότητα παροχής 105 λίτρα/λεπτό. Ακόμη, εμπεριείχε την πυροσβεστική ή καταθλιπτική-αναρροφητική αντλία που θυμίζει τραμπάλα και αλλιώς ονομάζεται σίφων. Χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κυρίως σε αποστραγγιστικά έργα, σε κατασβέσεις πυρκαγιών, στην άρδευση και την ύδρευση καθώς και σε ορυχεία.

Μαθητής του Κτησίβιου, υπήρξε ο Φίλων ο Βυζάντιος ένας από τους σημαντικότερους μαθηματικούς και μηχανικούς της ελληνιστικής περιόδου. Συγκεκριμένα, κατασκεύασε την αντλία αέρα ή φουσερό, μια αντλία νερού με αλυσίδες, βαρούλκο και κουβάδες, οι οποίοι ήταν συνδεδεμένοι ευθύγραμμα μεταξύ τους. Όλες αυτές οι κατασκευές βρήκαν άμεση πρακτική εφαρμογή.

Η αντλία αυτή με τροχό και αλυσίδα συναντάται σε διάφορες περιόδους, όπως στην Ρωμαϊκή αυτοκρατορία, στο Βυζάντιο και στο Μεσαίωνα, αλλά και στην Κίνα. Σχετικά με την Ευρώπη, οι παραπάνω μηχανές και οι παραλλαγές αυτών χρησιμοποιήθηκαν σε όλη τη διάρκεια του Μεσαίωνα. Κατά το 1588 ο Agostino Ramelli περιέγραψε στο βιβλίο του την ολισθαίνουσα περυγιοφόρα αντλία νερού αλλά και άλλες αντλίες. Μετά από πέντε χρόνια το 1593, ο Γάλλος Nicolas Grollier de Serviere δημιούργησε το πρώτο σχέδιο γριναζωτής αντλίας. Ο επόμενος εφευρέτης που θα αναφερθεί χρονολογείται κατά το 1636 και είναι ο Γερμανός μηχανικός Pappenheim. Ο συγκεκριμένος εφηύρε την γριναζωτή αντλία διπλής οδόντωσης που ακόμη και

σήμερα χρησιμοποιείται για τη λίπανση μηχανών. Ο επίσης Γερμανός Otto von Guericke το 1650 εφηύρε μια αντλία κενού που αποτελούταν από ένα έμβολο και έναν κύλινδρο που ήταν εφικτό να αφαιρεθεί ο αέρας μέσα από δοχεία. Με αυτήν την αντλία ο Guericke διερεύνησε τις ιδιότητες του κενού. Επιπρόσθετα, ο Γερμανός εφευρέτης πραγματοποίησε μια αξιοθαύμαστη επίδειξη των δυνάμεων που μπορεί να ασκήσει η πίεση του αέρα με το πείραμα που είναι γνωστό ως τα « ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου». Σχεδόν τρεις δεκαετίες αργότερα, δηλαδή το 1675 ο Άγγλος ο Sir Samuel Moreland κατοχύρωσε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την εμβολοφόρο αντλία. Ήταν η πιο αποδοτική από την αντλία με αλυσίδα και από οποιοδήποτε άλλη αντλία, γιατί ήταν ικανή να ανυψώνει ικανοποιητικές ποσότητες νερού.

Το 1687 ο Γάλλος φυσικομαθηματικός και εφευρέτης Denis Papin σχεδίασε την πρώτη φυγόκεντρη αντλία και σε συνεργασία με τον διάσημο Christiaan Huygens κατασκεύασαν την αεραντλία. Το 1705 ο ίδιος κατασκεύασε το μοντέλο της πρώτης φυγόκεντρους αντλίας. Επίσης, βελτίωσε τις μηχανές πεπιεσμένου αέρα με τη χρήση δεύτερου εμβόλου, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για υποβρύχια κατάδυση. Ακόμη, το 1830 εφευρέθηκε η γριναζωτή αντλία από τον Revillon.

Δέκα χρόνια μετά το 1840 ο Henry Worthington ανακάλυψε την πρώτη παλινδρομική αντλία με ατμό, της οποίας το έμβολο ήταν απευθείας συνδεδεμένο με το έμβολο της ατμομηχανής. Μία ακόμη σημαντική εφεύρεση πραγματοποιήθηκε το 1859 από τον Jacob Edson, ο οποίος δημιούργησε την αντλία διαφράγματος. Μετά την ανακάλυψη του Edson ακολούθησε το 1875 η πρώτη στροβιλοαντλία που κατασκευάστηκε από τον Osborne Reynolds και είχε σημαντικά αυξημένη απόδοση.

Ο 20^{ος} αιώνας ξεκινάει με την παραγωγή της πρώτης αντλίας από την Mitsubishi Heavy Industries το 1907. Σημείο αναφοράς αποτελεί επίσης το 1911 που ο Jens Nielsen, ο ιδρυτής της Viking Pump Company, κατασκεύασε την πρώτη γριναζωτή αντλία εσωτερικής οδοντώσεως. Μεγάλη πρωτοτυπία αποτέλεσε το 1964 η δημιουργία και δημοσίευση του πρώτου εγχειριδίου οδηγιών (manual) για τις αντλίες. Επιπρόσθετα, αξιοσημείωτη ανάπτυξη παρουσιάστηκε κατά τη δεκαετία του 1980 με την εισαγωγή του ηλεκτρονικού ελέγχου που κατέστησε τις αντλίες να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά. Ακόμη, λόγω των ικανοτήτων των ηλεκτροκινητήρων επικράτησαν οι φυγόκεντροι αντλίες και περιορίστηκαν οι παλινδρομικές σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

Στη σύγχρονη εποχή οι εταιρίες που παρέμειναν στον κλάδο συμμετέχουν σε έναν διαρκή ανταγωνισμό παράγοντας συνεχώς νέους τύπους αντλιών με σκοπό την προβολή του καλύτερου

προϊόντος. Σε αυτόν τον ανταγωνισμό συνεισφέρει και η τεχνολογία υλικών που δίνει συνεχώς καινούρια και βελτιωμένα υλικά.

Τέλος, σήμερα η χρήση των αντλιών είναι απεριόριστη και ευρύτατη. Συγκεκριμένα, εφαρμόζονται στα εργοστάσια, στα αυτοκίνητα, στα πλοία κ.α. Ακόμη μια τεχνολογική καινοτομία που αξίζει να αναφερθεί είναι η εφαρμογή των φυγοκεντρικών αντλιών μικρού μεγέθους στον τομέα της ιατρικής για την ανακυκλοφορία του αίματος.

2.2 Κατηγορίες αντλιών

Η κατάταξη των αντλιών πραγματοποιείται με διάφορα κριτήρια. Ένα από αυτά τα κριτήρια είναι με βάση το διακινούμενο ρευστό. Με αυτό το κριτήριο θα μπορούσαμε να διακρίνουμε αντλίες για παχύρρευστα υγρά, για νερό, για λύματα κ.λπ. Έπειτα, ένα ακόμη κριτήριο ορίζεται με βάση τον προσανατολισμό στο χώρο. Από αυτό το κριτήριο προκύπτουν οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες αντλίες. Άλλο ένα κριτήριο είναι με βάση τον τρόπο λειτουργίας και από εδώ προκύπτουν οι παλινδρομικές και οι περιστροφικές αντλίες. Επίσης, άλλα κριτήρια είναι με βάση τις χρήσεις, τα υλικά κατασκευής, την ισχύ που αποδίδουν και τον τρόπο κίνησης. Στον τρόπο κίνησης αξίζει να αναφέρουμε τις ηλεκτρικές, αεροκίνητες και άλλες. Το κριτήριο με τη μεγαλύτερη σημασία είναι η μέθοδος με την οποία μεταβιβάζουν ενέργεια στο υγρό. Πρόκειται λοιπόν, για την αρχή λειτουργίας της αντλίας. Με βάση αυτή την αρχή προκύπτουν δύο μεγάλες κατηγορίες, οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως (στατικού τύπου) και οι δυναμικές αντλίες (κινητικού τύπου).

2.2.1. Αντλίες θετικής εκτοπίσεως

Σχετικά με τις αντλίες θετικής εκτοπίσεως αξίζει να λεχθεί ότι οι αντλίες αυτές παραλαμβάνουν το υγρό από το σωλήνα αναρροφήσεως και το μεταφέρουν στο σωλήνα κατάθλιψης. Για να επιτευχθεί αυτή η διαδικασία οι αντλίες πρέπει να παραλάβουν το υγρό και να το μετατοπίσουν με δύναμη και επίσης πρέπει να αξιοποιηθούν οι εσωτερική διαμόρφωση και η μεταβολή του χώρου (όγκου) της αντλίας. Αφού γίνουν αυτά, το υγρό θα κινηθεί με απευθείας μηχανική δράση στο σωλήνα κατάθλιψης και έτσι θα αυξηθεί η στατική πίεση με κάποιον μηχανισμό π.χ. έμβολο που κινείται σε ειδικό περίβλημα. Όμως, εκτός από τη μεταφορά του υγρού από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη πρέπει να προστεθεί ότι επιτυγχάνεται και η σταθερή παροχή του όγκου στις στροφές που δίνονται, ανεξάρτητα από την πίεση καταθλίψεως.

Αρχικά, οι συγκεκριμένες αντλίες παραλαμβάνουν ρευστά μεγάλου ιξώδους. Επίσης, εξαιτίας της σταθερής παροχής που υπάρχει χρησιμεύουν και ως δοσομετρικές. Σχετικά με την παροχή αυτή δεν μπορεί να μειωθεί με στραγγαλισμό, αλλά είναι ανεξάρτητη από την υδραυλική αντίσταση των αγωγών μεταφοράς του υγρού. Επιπρόσθετα, οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως είναι αυτοεκκινούμενες. Επεξηγηματικά, απομακρύνουν από μόνες τους αέρια και ατμούς που βρίσκονται εντός της αντλίας, όταν ξεκινάει η λειτουργία της χωρίς να χρειάζεται σύστημα πλήρωσεως με υγρό. Τέλος, δεν μεταβάλλουν την κινητική ενέργεια του υγρού.

Οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως είναι υπεύθυνες για τη μεταφορά παχύρρευστων υγρών, όπως πετρελαίων ή λαδιών. Είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν ως εγχυτήρες, καθώς έχουν τη δυνατότητα τροφοδοτικού μικρής παροχής με μεγάλη πίεση. Ακόμη, μια αντλία θετικής εκτοπίσεως μπορεί να αντλήσει νερό για το καζάνι ή την εξυπηρέτηση γεωργικών αναγκών. Τέλος, οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται στη χημική βιομηχανία.

Ανάλογα με τον τρόπο που μεταβιβάζεται το μηχανικό έργο, με τον τρόπο που μετατρέπεται σε ενέργεια πίεσεως και ανάλογα με τον τρόπο που λειτουργεί, οι αντλίες θετικής μετατοπίσεως διαχωρίζονται σε παλινδρομικές και περιστροφικές.

Παλινδρομικές αντλίες

Αναφορικά με τις παλινδρομικές αντλίες, η παροχή τους παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω της περιοδικής κίνησης του εμβόλου. Ως κοινό χαρακτηριστικό των παλινδρομικών αντλιών μπορεί να θεωρηθεί η παλινδρομική κίνηση ενός εμβόλου ή ενός διαφράγματος μέσα σε έναν κλειστό θάλαμο (κύλινδρο), όπου εισέρχεται και εξέρχεται το υγρό που αντλείται. Οι αντλίες αυτές εφαρμόζονται σε υδραυλικά πιεστήρια και γενικά όπου υπάρχει ανάγκη άντλησης και παροχής με μεγάλες πιέσεις. Επιπρόσθετα, οι παλινδρομικές αντλίες διακρίνονται στις εμβολοφόρες και στις διαφράγματος.

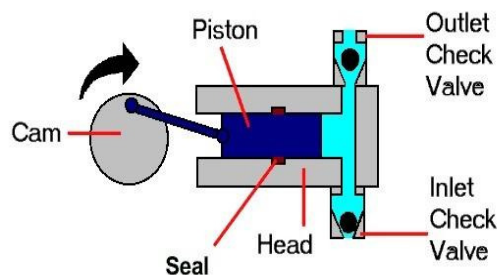
Εμβολοφόρες παλινδρομικές αντλίες

Εμβολοφόρος παλινδρομική αντλία καταθλίψεως ή απλής ενέργειας

Σε αυτόν τον τύπο αντλίας το υγρό αναρροφάται στον κύλινδρο, ενώ το έμβολο που κινείται αυξάνει τον όγκο του θαλάμου και διαμορφώνει υποπίεση. Εξαιτίας της υποπίεσεως η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει και το υγρό αναρροφάται. Αντίθετα, όταν γίνεται αντίστροφη κίνηση του εμβόλου, η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και το υγρό συμπιέζεται μέχρι να ανοίξει η βαλβίδα

εξαγωγής λόγω της διαφοράς πίεσης. Εν μέσω αυτής, το υγρό καταθλίβεται μέσα στο σωλήνα καταθλίψεως.

Λόγω του ότι η παροχή δεν είναι συνεχής παρουσιάζεται ασυνέχεια. Έτσι τοποθετούνται αεροκώδωνες για να βοηθήσουν την κατάσταση, αλλά δεν εξαλείφουν τις σημαντικές διακυμάνσεις της παροχής. Οι αεροκώδωνες είναι μεταλλικά δοχεία που γεμίζονται μέχρι μια προκαθορισμένη στάθμη με υγρό και στο επάνω μέρος τους υπάρχει συμπιεσμένος αέρας. Όταν η πίεση στο σωλήνα είναι υψηλή ο αέρας συμπιέζεται από το υγρό και όταν είναι χαμηλή εκτονώνεται. Λειτουργούν παρόμοια με έναν αποσβεστήρα και εξομαλύνουν τις απότομες μεταβολές της πίεσης. Σκοπός των αεροκωδώνων στην αναρρόφηση είναι να καταστήσουν ομαλή τη ροή στον κύλινδρο για να μην πραγματοποιούνται υδραυλικά χτυπήματα μέσα στην αντλία. Κατά την κατάθλιψη οι αεροκώδωνες επιδιώκουν να πραγματοποιηθεί ομαλά και σε συνέχεια η ροή του υγρού και να ελαττωθούν τα υδραυλικά χτυπήματα στη σωλήνωση. Επίσης, τοποθετούνται σε εγκαταστάσεις όπου απαιτούνται υψηλές πιέσεις.



SINGLE ACTING RECIPROCATING

Εικόνα 2.2.1: Εμβολοφόρος παλινδρομική απλής ενέργειας

Εμβολοφόρες αντλίες διπλής και πολλαπλής ενέργειας

Συγκριτικά με τις προηγούμενες αντλίες, αυτές οι αντλίες παρουσιάζουν πιο ομοιόμορφη ροή και συνεχή κατάθλιψη με αποτέλεσμα να αυξάνεται η μέση παροχή. Αυτό συμβαίνει, διότι το έμβολο καταθλίβει το υγρό που διακινείται κατά τις δύο φορές της κίνησης του. Ο κύλινδρος διαθέτει δύο βαλβίδες αναρρόφησης και δύο βαλβίδες κατάθλιψης, που είναι κατάλληλα τοποθετημένες. Όταν το έμβολο κινείται προς μια διεύθυνση, δημιουργεί κενό στο χώρο που αφήνει πίσω του και έτσι ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής και υπάρχει αναρρόφηση. Ταυτόχρονα, στο χώρο στον οποίο κατευθύνεται υπάρχει υψηλή πίεση λόγω της συμπίεσης κι έτσι ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής, τότε υπάρχει κατάθλιψη. Επίσης, όταν αλλάζει η φορά της κίνησης του εμβόλου κλείνουν οι δύο βαλβίδες και ανοίγουν οι άλλες δύο. Επακόλουθο αυτών των ενεργειών είναι η

αντιστροφή του ρόλου των δύο χώρων. Με αυτή την αντιστροφή αντιμετωπίζεται σοβαρά η ασυνέχεια της παροχής. Όμως, δεν πρέπει να παραλειφθεί ότι και οι αεροκώδωνες βοηθούν σημαντικά την κατάσταση, αφού η καμπύλη της στιγμιαίας παροχής εξισορροπείται αρκετά.

Στις εμβολοφόρες αντλίες, όταν απαιτούνται μεγάλες παροχές, τα έμβολα τοποθετούνται σε σειρά, αλλά και σε διαφορετικές διατάξεις. Οδηγούνται από κοινό στροφαλοφόρο άξονα ή από έκκεντρα. Πολλές φορές αυτές οι αντλίες λειτουργούν με περισσότερους από έναν κύλινδρο (ο κάθε κύλινδρος έχει ξεχωριστές βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης), πραγματοποιώντας κατάλληλο χρονισμό στις αναρροφήσεις και στις καταθλίψεις. Έτσι, ελαχιστοποιούνται οι διακυμάνσεις της στιγμιαίας ογκομετρικής παροχής και δεν είναι αναγκαίοι οι αεροκώδωνες. Τότε πρόκειται για τις εμβολοφόρες αντλίες πολλαπλής ενέργειας.

Παλινδρομικές αντλίες διαφράγματος

Οι διαφραγματικές αντλίες ανάλογα με το μέσο που ενεργοποιεί το διάφραγμα κατατάσσονται σε μηχανικές, αεροκίνητες και υδραυλικές. Πρόκειται για ογκώδεις και αυτοεκκινούμενες αντλίες. Έχουν παρόμοια αρχή λειτουργίας με τις εμβολοφόρες παλινδρομικές αντλίες. Συγκεκριμένα, αντί για το έμβολο που παλινδρομεί υπάρχει ένα διάφραγμα από ειδικό πλαστικό, θερμοπλαστικό ή τεφλόν, το οποίο έχει στερεωθεί περιφερειακά και πάλλεται με συγκεκριμένη συχνότητα 60-80 παλμούς/λεπτό. Ενώ το διάφραγμα πάλλεται, αυξομειώνει τον όγκο και την πίεση. Όταν όμως το διάφραγμα διεγείρεται, το υγρό του θαλάμου ωθείται, η πίεση είναι αυξημένη και δημιουργείται κατάθλιψη, αφού ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής. Αντιθέτως, όταν το διάφραγμα συνέρχεται, αυξάνεται ο όγκος του θαλάμου και η πίεση μειώνεται. Ακόμη, ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής, δηλαδή το υγρό αναρροφάται και κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής.

Επίσης, πρέπει να διευκρινιστεί ότι και σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν αντλίες απλής και διπλής ενέργειας. Ως σύγχρονος τύπος αντλιών θεωρείται αυτός που χρησιμοποιεί πεπιεσμένο αέρα, ώστε να κινηθεί το διάφραγμα, αντί για μηχανικά στοιχεία. Επί της ουσίας πρόκειται για δύο αντλίες απλής ενέργειας που όταν η μια βρίσκεται κατάσταση κατάθλιψης η άλλη βρίσκεται σε κατάσταση αναρρόφησης. Ρυθμίζονται από βαλβίδες αέρα και η πίεση κατάθλιψης φτάνει μέχρι και 10 bar και η παροχή μέχρι 600 L/min.

Σχετικά, με τις εφαρμογές τους είναι κατάλληλες για τη διακίνηση πολλών ρευστών, όπως το νερό, το πετρέλαιο, η βενζίνη, υγρά που περιέχουν αέρα, στερεά σωματίδια, οξέα και κολλώδη ρευστά.

Περιστροφικές αντλίες

Οι περιστροφικές αντλίες λειτουργούν το ίδιο με τις εμβολοφόρες αντλίες, δηλαδή εκτοπίζουν το υγρό και το αναγκάζουν να ρέει υπό πίεση. Όμως, διαφέρουν στο γεγονός ότι στις εμβολοφόρες το κινητό μέρος πραγματοποιεί παλινδρομική κίνηση, ενώ στις περιστροφικές περιστροφική κίνηση. Οι περιστροφικές αντλίες από ένα κέλυφος μέσα στο οποίο περιστρέφονται τα στροφέα (ρότορες) της αντλίας με πολύ μικρά διάκενα μεταξύ αυτών και του κελύφους. Κατά αυτόν τον τρόπο, το υγρό παγιδύεται ανάμεσα στο κέλυφος και τα στροφέα. Το υγρό αφού έχει υποστεί συμπίεση οδηγείται υπό πίεση στην κατάθλιψη. Τα στροφέα λαμβάνουν την αναγκαία για την περιστροφή τους ροπή από την κινητήρια μηχανή μέσω του άξονα περιστροφής, πάνω στον οποίο προσαρμοσμένα. Τέλος, οι αντλίες αυτές δεν έχουν βαλβίδες και η ροή του υγρού (παροχή) είναι σχεδόν σταθερή. Βέβαια, η σταθερότητα της ροής του υγρού εξαρτάται από την γεωμετρία της αντλίας και από την ταχύτητα της περιστροφής των στροφείων.

Αναφορικά με την εφαρμογή τους, αυτές χρησιμεύουν ως αντλίες πετρελαίου λεβήτων, λαδιού λιπάνσεως, μεταγγίσεως και αποστραγγίσεως δεξαμενών. Επιπρόσθετα, λειτουργούν και ως αντλίες φορτοεκφορτώσεως, κινήσεως υδραυλικών συστημάτων (βαρούλκων, υδραυλικών πηδαλίων κτλ.), διακινήσεως παχύρρευστων υγρών κ.λπ.

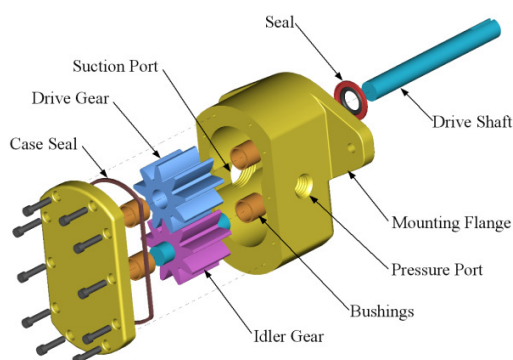
Οι περιστροφικές αντλίες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: τις γριαναζωτές εξωτερικής οδοντώσεως αντλίες (external gear pumps), τις γριαναζωτές εσωτερικής οδοντώσεως αντλίες (internal gear pumps), τις αντλίες λοβού (lobe pumps) και τις κοχλιωτές αντλίες (screw pumps).

Γριαναζωτές αντλίες εξωτερικής οδοντώσεως (external gear pumps)

Αυτές οι αντλίες απαρτίζονται από δύο οδοντωτούς εμπλεκόμενους τροχούς (γριανάζια), εξασφαλίζοντας έτσι τη στεγανότητα μεταξύ των σωλήνων αναρρόφησης και κατάθλιψης. Αυτοί οι τροχοί είναι οδοντωτοί και διαθέτουν γριανάζια ίδιου μεγέθους. Η κίνηση τους γίνεται περιστροφικά και μεταδίδεται από την κινητήρια μηχανή στον άξονα του ενός οδοντωτού τροχού, ο οποίος ονομάζεται κινητήριο. Ο κινητήριο άξονας μεταδίδει την κίνηση και στον άλλο οδοντωτό τροχό. Οι δύο τροχοί περιστρέφονται και δημιουργείται κενό εντός του κελύφους, εξαιτίας του οποίου το υγρό εισέρχεται στην αντλία και εγκλωβίζεται στα διάκενα. Το υγρό μεταφέρεται περιφερειακά στην κατάθλιψη κι έτσι η πίεση του αυξάνεται.

Ιδιαίτερη σημασία για την καλή λειτουργία αυτών των αντλιών έχει η όσο το δυνατόν καλύτερη εφαρμογή των γραναζιών, τα διάκενα που έχουν αναφερθεί παραπάνω, αλλά και η ταχύτητα περιστροφής.

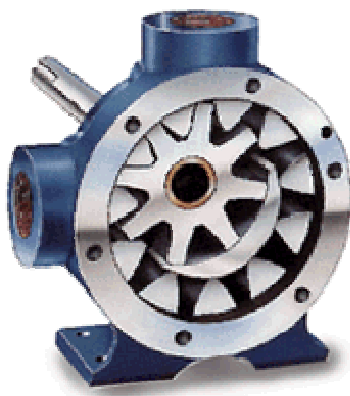
Οι γραναζωτές αντλίες είναι αυτοεκκινούμενες, το μέγεθος τους είναι σχετικά μικρό και μπορούν να δεχτούν και να ανταπεξέλθουν σε μεγάλες πιέσεις. Παρόλα αυτά δίδουν μικρές παροχές και εξαρτώνται από τον όγκο των διακένων και την ταχύτητα περιστροφής. Για την καλύτερη απόδοση τους στην άντληση των υγρών, οι αντλίες πρέπει να λειτουργούν με μικρές ταχύτητες, για να εισέλθει το μεγάλο ιξώδους υγρό στον κατάλληλο χρόνο στα διάκενα της αντλίας.



Εικόνα 2.2.2: τομή γραναζωτής αντλίας

Γραναζωτές αντλίες εσωτερικής οδοντώσεως (internal gear pumps)

Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με αυτή των αντλιών εξωτερικής οδοντώσεως. Σε αυτές τις αντλίες υπάρχουν δύο οδοντωτοί τροχοί, αλλά διαφορετικού μεγέθους και σχεδιασμού. Σχετικά με το μεγάλο αξίζει να λεχθεί ότι αυτός εφάπτεται στο κυλινδρικού σχήματος κέλυφος, στο οποίο εφάπτονται τα γρανάζια που στρέφονται στο εσωτερικό. Στο μεγάλο τροχό μεταδίδεται η κίνηση που προσδίδει η κινητήρια μηχανή και από αυτόν τον τροχό οδηγείται στον άλλο τροχό, τον μικρότερο (άεργος τροχός) με τον οποίο και εμπλέκεται. Κατά τη μισή περίπου περιστροφή συμπλέκονται οι δύο τροχοί, ενώ στην υπόλοιπη στροφή τους διαχωρίζει το στερεό και σταθερό διάφραγμα ημισεληνοειδούς σχήματος. Ο διαχωρισμός αυτός καθίσταται αναγκαίος, ώστε να εμποδισθεί το υγρό να επιστρέψει από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη. Έτσι, καθώς τα δόντια αποχωρίζονται κατά τη διάρκεια της περιστροφής στο αριστερό άκρο του ημισεληνοειδούς διαφράγματος δημιουργείται κενό και έχουμε αναρρόφηση του υγρού. Το υγρό εισέρχεται και παραμένει μεταξύ των δοντιών των δύο τροχών από τις δύο μεριές του διαφράγματος. Έπειτα, το υγρό μεταφέρεται από τα δόντια και οδηγείται προς την κατάθλιψη, αφού τα δόντια εμπλακούν ξανά με το δεξιό άκρο του διαφράγματος.



Εικόνα 2.2.3: Αντλία εσωτερικής οδοντώσεως

Αντλίες λοβού (Lobe pumps)

Ίδια αρχή λειτουργίας με τις γραναζωτές διαθέτουν οι αντλίες λοβού (Lobe pumps). Διαφέρουν όμως στο ότι αντί για γρανάζια παρέχουν δύο, τρεις ή περισσότερους λοβούς. Ακόμη, οι λοβοί δεν έρχονται σε άμεση επαφή, όπως τα δόντια των γραναζιών, διότι τα σημεία επαφής τους καλύπτονται από προστατευτικό επίθεμα. Σχετικά με την κίνηση, αυτή δίνεται στους άξονες των λοβών με ζεύγος γραναζιών που εμπλέκονται μεταξύ τους και τοποθετούνται στο πίσω μέρος των αξόνων των λοβών. Γενικότερα, η ροή αυτών των αντλιών δεν είναι σταθερή. Τα σημεία ολίσθησης των λοβών μεταξύ τους και μεταξύ λοβού και κελύφους της αντλίας δεν έχουν επαφή, αλλά πρέπει να υπάρχουν πάντα πολύ μικρά διάκενα. Ακόμη, σ' αυτές τις αντλίες παρουσιάζεται χαμηλή απόδοση στην άντληση υγρών χαμηλού ιξώδους.

Αναφορικά, με τις εφαρμογές αυτών των αντλιών, αξίζει να λεχθεί ότι έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν στερεά και να αντλούν υγρά υψηλού ιξώδους με μικρές ταχύτητες περιστροφής. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη βιομηχανία τροφίμων, στην ποτοποιία και στη χαρτοβιομηχανία. Τέλος, είναι χρήσιμες και βοηθούν στις εγκαταστάσεις των βιολογικών καθαρισμών, στη χημική βιομηχανία, στη φαρμακευτική και στη βιοτεχνολογία.

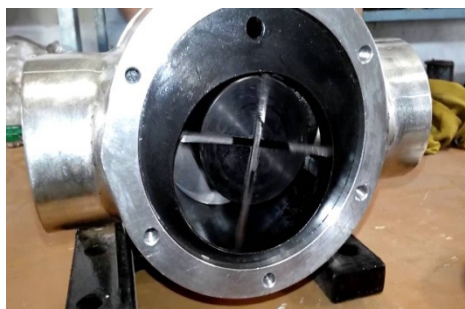


Εικόνα 2.2.4: Αντλία λοβού

Αντλίες συρταρωτών πτερυγίων (Rotary vane pumps)

Οι πτερυγιοφόρες αντλίες απαρτίζονται από μόνο ένα στροφέιο κυλινδρικού σχήματος, το οποίο είναι τοποθετημένο έκκεντρα εντός ενός όμοιου σχήματος (κυλινδρικού) σχήματος. Το στροφέιο διαθέτει ακτινικές εσοχές, εντός των οποίων είναι τοποθετημένα πτερύγια ορθογωνικού σχήματος. Σχετικά με τα πτερύγια αυτά είναι συνήθως μη μεταλλικά και μπορούν να δημιουργούν ολίσθηση κατά ακτινική διεύθυνση. Ενώ περιστρέφεται το στροφέιο, η φυγόκεντρος δύναμη ωθώντας τα πτερύγια τα οδηγεί προς την περιφέρεια, μέχρι αυτά να ακουμπήσουν το περίβλημα. Εξαιτίας της έκκεντρης τοποθέτησης του στροφείου, με την περιστροφή ο χώρος μεταξύ του στροφείου και του κελύφους που βρίσκεται στην πλευρά του σωλήνα αναρροφήσεως αυξάνεται και γεμίζει με το αντλούμενο υγρό λόγω της δημιουργίας κενού. Με τη δημιουργία του κενού πραγματοποιείται η αναρρόφηση. Τη στιγμή που τα πτερύγια διέρχονται από την αναρρόφηση, παγιδεύουν το αντλούμενο υγρό και το οδηγούν προς την πλευρά κατάθλιψης της αντλίας. Στην προαναφερόμενη πλευρά ο χώρος μεταξύ του στροφείου και του κελύφους ελαττώνεται και το υγρό εκτοπίζεται. Περαιτέρω, οι αντλίες αυτές διαθέτουν και ελατήρια, που τοποθετούνται στη βάση των εσοχών και ωθούν τα πτερύγια προς την περιφέρεια, ώστε να γίνεται καλύτερα η επαφή μεταξύ των πτερυγίων και του κελύφους. Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η δημιουργία στεγανότητας ακόμα και σε χαμηλές ταχύτητες περιστροφής. Συνάμα, η ύπαρξη τουλάχιστον 3 με 4 κινουμένων πτερυγίων μεταξύ κατάθλιψης και αναρροφήσεως, εμποδίζει την επιστροφή του υγρού στο χαμηλής πίεσης χώρο της αναρροφήσεως.

Οι αντλίες συρταρωτών πτερυγίων είναι κατάλληλες για υγρά χαμηλού ιξώδους και αποδίδουν ικανοποιητικές παροχές και λειτουργούν συνήθως στις 1000 rpm. Επίσης, χαρακτηρίζονται ως αυτοεκκινούμενες όπως όλες οι αντλίες θετικής εκτοπίσεως. Τέλος, χρησιμοποιούνται για τη μετάγγιση πετρελαίου, σαν υδραυλικές αντλίες υψηλής πίεσης, στην αυτοκινητοβιομηχανία, σαν αντλίες κενού (συνηθισμένος τύπος) κτλ.



Εικόνα 2.2.5: Αντλία συρταρωτών πτερυγίων

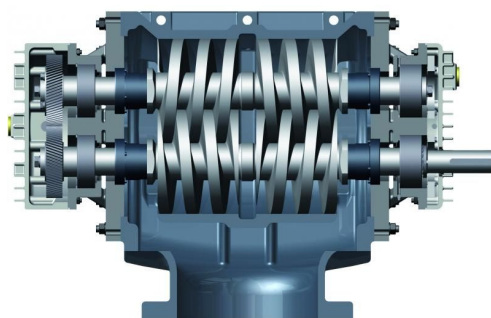
Κοχλιωτές αντλίες (screw pumps)

Οι κοχλιωτές αντλίες (screw pumps) στην απλούστερη μορφή τους έχουν παρόμοια αρχή λειτουργίας με τον κοχλία του Αρχιμήδη. Οι αντλίες αυτές με την πάροδο των χρόνων και με την ανάπτυξη που προήλθε απέκτησαν μια πιο σύγχρονη μορφή. Σχετικά με το πιο εκσυγχρονισμένο είδος, αξίζει να ειπωθεί ότι αυτές αποτελούνται από έναν ή περισσότερους κοχλίες, οι οποίοι περιστρέφονται σε ένα κέλυφος. Σ' αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστεί ότι το υγρό που αντλείται στις κοχλιωτές αντλίες δεν πραγματοποιεί περιστροφική κίνηση, αλλά αξονική. Το υγρό παγιδεύεται μέσα στις ελικοειδείς αύλακες των κοχλιών και ενώ οι κοχλίες περιστρέφονται ωθείται προς την κατάθλιψη. Βέβαια, η αναρρόφηση οφείλεται στην κίνηση που παρέχεται στους άξονες των κοχλιών από την κινητήρια μηχανή.

Διάφορες μορφές κοχλιωτών αντλιών έχουν δημιουργηθεί. Για να τις διαχωρίσει κανείς πρέπει να αντιληφθεί τον αριθμό των κοχλιών. Έτσι, υπάρχουν οι αντλίες μονού κοχλία, στις οποίες το κέλυφος έχει κατάλληλη ελικοειδή διαμόρφωση. Έπειτα, υπάρχουν και οι αντλίες με δύο κοχλίες, οι οποίοι περιστρέφονται αντίθετα και εμπλέκονται σε ατέρμονη κίνηση, ώστε να εξασφαλιστεί η στεγανότητα. Επίσης, υπάρχουν και οι αντλίες με τρεις κοχλίες.

Σχετικά με τη λειτουργία τους, οι αντλίες αυτές εξασφαλίζουν συνεχή ώθηση του υγρού με σχετικά αθόρυβη λειτουργία και χαρακτηρίζονται ως αυτοεκκινούμενες. Δε δημιουργούν μεγάλες τριβές, αλλά αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες περιστροφής, οι οποίες μπορούν να φθάσουν τις 3500 rpm.

Καταληκτικά, εφαρμόζονται για την διακίνηση στερεών, υγρών και αερίων. Το εύρος της χρήσης τους κυμαίνεται από το καθαρό νερό, τα υγρά απόβλητα, τον αέρα μέχρι και σε υγρά με μεγάλο ιξώδες.



Εικόνα 2.2.6: Αντλία διπλού κοχλία

2.2.2 Δυναμικές αντλίες

Οι δυναμικές αντλίες ταξινομούνται ανάλογα με τη μορφή του στροφείου και της πτερύγωσης που φέρει. Τα δύο αυτά στοιχεία, καθορίζουν την διαδρομή του ρευστού. Γενικότερα, οι

δυναμικές αντλίες απαρτίζονται από ένα ή περισσότερα στροφεία με τοποθετημένα πτερύγια και εγκατεστημένα σε έναν άξονα. Αυτός ο άξονας περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής, συνήθως από ηλεκτροκινητήρα μέσα σε ένα περίβλημα (κέλυφος της αντλίας). Το στροφείο σε συνδυασμό με τα τοποθετημένα σε αυτό πτερύγια αποτελούν την πτερωτή (impeller). Το ρευστό εισέρχεται στο στροφείο από κατάλληλη είσοδο στο περίβλημα και αφού εξέλθει από το στροφείο οδηγείται διαμέσου του περιβλήματος στην έξοδο.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των δυναμικών αντλιών είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ενέργεια πίεσης. Ακόμη, διαθέτουν μεγάλη ταχύτητα ροής και αναπτύσσουν δυναμική δράση. Γενικά, ισχύει ότι ο σχεδιασμός των πτερύγιων είναι τέτοιος, ώστε το υγρό που εισέρχεται και ωθείται από αυτά να αποκτά κινητική ενέργεια, αλλά και την επιθυμητή κατεύθυνση ροής. Το στροφείο επιβάλλει στο ρευστό περιστροφική ταχύτητα. Η παροχή στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη είναι συνεχής και σταθερή.

Σύγκριση των δυναμικών αντλιών με τις αντλίες θετικής εκτοπίσεως

Οι δυναμικές αντλίες είναι απλής κατασκευής, έχουν μικρότερο μέγεθος και χαμηλό αρχικό κόστος και κόστος συντήρησης. Έχουν τη δυνατότητα μεγάλων παροχών χωρίς διακυμάνσεις και μπορούν να ρυθμίσουν την παροχή. Η κίνηση τους είναι συνεχής και ομοιόμορφη και η πίεση τους δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις. Επίσης, οι δυναμικές αντλίες είναι αθόρυβες και η λειτουργία τους είναι συνεχής και ομοιόμορφη. Η απόδοση τους είναι καλή και το βάρος και ο όγκος τους έχουν μικρό μέγεθος. Μπορούν να συνδεθούν εύκολα με διάφορους κινητήρες και τα κινούμενα μέρη των δυναμικών αντλιών, δηλαδή τα στροφεία, λιπαίνονται από το αντλούμενο ρευστό. Αντιθέτως, στις αντλίες θετικής εκτοπίσεως πρέπει να προβλεφθεί ιδιαίτερο σύστημα λίπανσης των κινούμενων μερών. Τέλος, οι δυναμικές αντλίες προσφέρουν μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας, λόγω του μικρού αριθμού κινούμενων μερών που διαθέτουν.

Περιστροφικές δυναμικές αντλίες

Φυγόκεντρες αντλίες (ακτινικής ροής)

Οι φυγόκεντρες αντλίες (ακτινικής ροής) ανήκουν στις δυναμικές αντλίες. Πρόκειται για αντλίες που αποτελούν τον πιο διαδεδομένο και χρησιμοποιούμενο τύπο αντλιών. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα, καθώς διαθέτουν όλα τα πλεονεκτήματα των δυναμικών αντλιών σε συνδυασμό με την ισορροπημένη σχέση μεταξύ παροχής και αποδιδόμενου ύψους και τη σχετικά απλή κατασκευή τους.

Οι φυγόκεντρες αντλίες χρησιμοποιούν τη φυγόκεντρο δύναμη που δημιουργείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχουν πτερύγια ειδικής μορφής. Ο δίσκος αυτός είναι γνωστός ως στροφέιο ή πτερωτή (impeller). Η πτερωτή βρίσκεται στερεωμένη πάνω στον άξονα, ο οποίος έχει την έδρα του σε τριβείς (ρουλεμάν) και αποκτά περιστροφική κίνηση, μέσω της κινητήριας μηχανής. Απόρροια, αυτού είναι η πτερωτή να περιστρέφεται και καθώς γίνεται αυτό δημιουργείται η φυγόκεντρη κινητική ενέργεια, λόγω της οποίας αρχίζει η ροή του υγρού. Το υγρό εισέρχεται στο κέντρο της πτερωτής (μάτι) λόγω υποπίεσης σε σχέση με το σωλήνα αναρρόφησης. Εκεί, οδηγούμενο από τα πτερύγια αναγκάζεται να περιστραφεί μαζί με την πτερωτή, αποκτώντας κινητική ενέργεια. Στη συνέχεια, το υγρό μετακινείται από το κέντρο ακτινικά προς την περιφέρεια και εκτινάσσεται στο περίβλημα για να οδηγηθεί στο σωλήνα κατάθλιψης.

Κατά τη διαδρομή του ρευστού από την έξοδο της πτερωτής προς την έξοδο της αντλίας, η διατομή της ροής αυξάνεται και έτσι μειώνεται η ταχύτητα και αυξάνεται η πίεση. Όπως προαναφέρθηκε, το υγρό μετακινείται από το κέντρο της πτερωτής προς την περιφέρεια και η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται. Η νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από το σωλήνα αναρρόφησης προς το κέντρο της πτερωτής όπου επικρατεί χαμηλή πίεση. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.

Σ' αυτό το σημείο, αξίζει να λεχθεί ότι οι αντλίες φυγόκεντρικού τύπου διαθέτουν ένα μειονέκτημα. Συγκεκριμένα, δυσκολεύονται ή αδυνατούν να εκκινηθούν αν δεν είναι πληρωμένες με υγρό, δηλαδή δεν είναι αυτοεκκινούμενες. Για αυτό το λόγο, όταν υπάρχει δυνατότητα, οι φυγόκεντρες αντλίες τοποθετούνται χαμηλότερα από την ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής αναρρόφησης. Αν δεν πραγματοποιηθεί αυτό που προαναφέρθηκε τότε πρέπει να ληφθούν άλλα μέτρα για την ομαλή εκκίνηση της αντλήσεως. Κάποιο μέτρο είναι να τοποθετηθεί η βαλβίδα αντεπιστροφής στο σωλήνα αναρρόφησης, ώστε να μην αδειάζει το υγρό, αν για κάποιο χρονικό διάστημα δε λειτουργεί η αντλία. Επίσης, αποτελεσματικότερη λύση είναι να υπάρχει μια εξαρτημένη αεραντλία, η οποία κατά την εκκίνηση να πραγματοποιεί την αναρρόφηση του αέρα από το σωλήνα αναρρόφησης και το κέλυφος της αντλίας.

Οι φυγόκεντρες αντλίες διαθέτουν μεγάλη ποικιλία και χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως αντλίες πόσιμου νερού, θαλασσινού νερού, πυροσβέσεως, κυκλοφορίας νερού, τροφοδοσίας λεβήτων, συμπυκνώματος, υγρών καυσίμων κτλ. Παρ' όλα αυτά δεν είναι κατάλληλες για άντληση υγρών πολύ μεγάλου ιξώδους.

Φυγόκεντρη αντλία με ελικόφραγμα (σπειροειδούς κελύφους)

Πρόκειται για το πιο συχνά συναντημένο είδος φυγόκεντρης αντλίας. Το κέλυφος είναι σπειροειδές (σαλίγκαρος) μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένη έκκεντρα η πτερωτή και στερεωμένη στην άκρη του άξονα περιστροφής. Στο κέντρο της πτερωτής, αναρροφάται το υγρό, εξαιτίας της υποπίεσεως.

Σχετικά με την αρχή λειτουργίας της είναι ίδια μ' αυτήν που περιγράφεται παραπάνω. Στην περιφέρεια, μεταξύ πτερωτής και κελύφους υπάρχει σπειροειδής οχετός ή ελικόφραγμα, στον οποίο καταλήγει με υψηλή ταχύτητα το υγρό. Το εμβαδόν διατομής του σπειροειδούς οχετού επεκτείνεται σταδιακά προς την έξοδο και έτσι επιτυγχάνεται η μείωση της ταχύτητας και η αύξηση της πίεσης. Η παροχή της αντλίας είναι μεγάλη και εξαρτημένη.

Κατά την κατάθλιψη η αναπτυσσόμενη πίεση είναι περιορισμένη σε σχέση με τις αντλίες θετικής εκτοπίσεως. Όταν απαιτούνται μεγαλύτερες πιέσεις καταθλίψεως, τότε χρησιμοποιούνται πολυβάθμιες φυγόκεντρες αντλίες. Οι πολυβάθμιες φυγόκεντρες αντλίες έχουν τοποθετηθεί μέσα στο ίδιο το κέλυφος και οι περισσότερες πτερωτές βρίσκονται στη σειρά, έτσι ώστε η έξοδος της μιας να είναι η είσοδος της άλλης.

Επιπρόσθετα, οι φυγόκεντρες αντλίες μπορούν να είναι και διπλής αναρροφήσεως. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι η αναρρόφηση γίνεται και από τις δύο πλευρές της πτερωτής. Έτσι, επιτυγχάνονται μεγαλύτερες παροχές και υπάρχει δυνατότητα αντιμετώπισης ορισμένων λειτουργικών προβλημάτων. Το κυριότερο πρόβλημα είναι η αξονική ώθηση, που έχει ως αποτέλεσμα τη φθορά των τριβέων στους οποίους έχει την έδρα του ο άξονας περιστροφής.

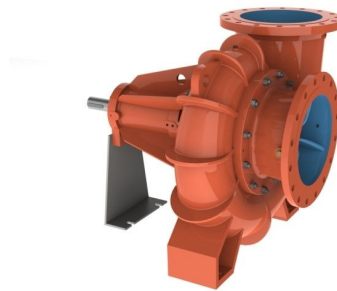
Φυγόκεντρη αντλία με διαχυτήρες

Σ' αυτό το είδος των αντλιών η πτερωτή είναι εγκατεστημένη στο κέντρο του κελύφους και όχι έκκεντρα. Σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, περιφερειακά γύρω από την πτερωτή, εδράζονται τα σταθερά οδηγητικά πτερύγια. Αυτά, σχηματίζουν αγωγούς με προοδευτικά αυξανόμενο εμβαδόν διατομής (διαχυτήρες). Με συνέπεια, το υγρό που εγκαταλείπει την πτερωτή να έχει μεγάλη ταχύτητα άρα και μεγάλη κινητική ενέργεια. Ακολούθως, ρέει μέσα από τους διαχυτήρες, επιβραδύνεται και το μεγαλύτερο μέρος της κινητικής του ενέργειας μετατρέπεται σε ενέργεια πίεσεως. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι γύρω από τους διαχυτήρες υπάρχει ένας οχετός σταθερής διατομής, ο οποίος οδηγεί το υγρό προς την κατάθλιψη.

Καταληκτικά, πρέπει να επισημανθεί πως με το προαναφερόμενο σύστημα, ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας είναι πολύ υψηλός, ικανός να φθάσει μέχρι και 90 %.

Φυγόκεντρη αντλία με διαχυτήρες και ελικόφραγμα

Οι συγκεκριμένες αντλίες συνιστούν συνδυασμό των δύο προαναφερόμενων τύπων. Συγκεκριμένα, το υγρό εισέρχεται στο κέντρο της περρωτής και εκτινάσσεται προς την περιφέρεια, ολισθαίνοντας στα ταχύτατα περιστρεφόμενα πτερύγια. Η περρωτή, περιτριγυρίζεται από σταθερούς διαχυτήρες, όπως συμβαίνει και στις προηγούμενες αντλίες. Καθώς το υγρό διέρχεται από τους διαχυτήρες, η ταχύτητα του μειώνεται και αυξάνεται η πίεση. Παράλληλα, το σύστημα περρωτής-διαχυτήρων είναι τοποθετημένο έκκεντρα στο σπειροειδές κέλυφος. Επομένως, το εμβαδόν διατομής του ελικοειδούς οχετού που υπάρχει μεταξύ διαχυτήρων και κελύφους, αυξάνεται προοδευτικά, καθιστώντας ικανή την επιπλέον μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ενέργεια πίεσεως, αυξάνοντας ακόμα περισσότερο το βαθμό αποδόσεως της αντλίας.



Εικόνα 2.2.7: Φυγόκεντρος αντλία

Φυγόκεντρες αντλίες αξονικής ροής (η αντλίες με έλικα)

Ονομάζονται αλλιώς και ελικοφόρες επειδή η περρωτή έχει σχήμα έλικας. Συγκεκριμένα, το στροφέιο έχει μορφή πλήμνης, εφοδιασμένης με κατάλληλα σχεδιασμένα πτερύγια, τα οποία μπορεί να είναι σταθερά ή με δυνατότητα μεταβολής της κλίσης τους.

Για να αναρροφήσουν πρέπει να είναι τοποθετημένες χαμηλότερα από τη στάθμη των υγρών που πρόκειται να αντλήσουν. Στο σωλήνα αναρροφήσεως, το περίβλημα είναι στενότερο ελαφρά έτσι ώστε το υγρό να οδεύει προς την αντλία με μεγαλύτερη ταχύτητα. Από εκεί τα πτερύγια εξασκούν ώθηση στο υγρό, το οποίο εισέρχεται από την αναρρόφηση, κατά αξονική διεύθυνση, αναγκάζοντας το να μετακινείται παράλληλα προς τον άξονα της αντλίας, οδηγούμενο προς την

κατάθλιψη. Εκεί, η διατομή είναι αυξημένη προοδευτικά ώστε να μειώνεται η ταχύτητα και να αυξάνεται η πίεση. Δηλαδή, έχουμε μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ενέργεια πίεσης.

Η αύξηση της πίεσης που επιτυγχάνουν αυτές οι αντλίες στην έξοδο τους είναι μόλις της τάξεως των 1.5 με 2 bar. Αντίθετα, όμως αποδίδουν πολύ μεγάλες παροχές, πάνω από 450 κυβικά μέτρα/ώρα και έχουν τη δυνατότητα λειτουργίας κατά αντίστροφη φορά, δηλαδή με αντιστροφή της περιστροφής της έλικας. Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα πλοία ως αντλίες έρματος και ως αντλίες ρυθμίσεως της κλίσεως αυτών. Τέλος, εφαρμόζονται για την ανακυκλοφορία του νερού ψύξεως σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, για ταχεία εκκένωση μεγάλων χώρων, για άρδευση κτλ.



Εικόνα 2.2.8: Φυγόκεντρος αντλία αξονικής ροής

Αντλίες μεικτής ροής

Η λειτουργία αυτών των αντλιών είναι ενδιάμεση μεταξύ των αντλιών ακτινικής και αξονικής ροής. Η κλίση των πτερυγίων της πτερωτής είναι όπως στις αντλίες αξονικής ροής οπότε επιτυγχάνεται η αναρρόφηση του υγρού στο κέντρο της πτερωτής, κατά την αξονική διεύθυνση. Στη συνέχεια εκτοξεύεται πλαγίως έχοντας πορεία μέσα στο στροφείο συγχρόνως αξονική και ακτινική (μεικτή). Οπότε, η αύξηση της πίεσης του υγρού στην έξοδο της αντλίας οφείλεται στον παραπάνω συνδυασμό.

Επίσης, και σε αυτό τον τύπο αντλιών υπάρχουν οι πολυβάθμιες αντλίες μικτής ροής που αποδίδουν μεγάλες ογκομετρικές παροχές. Γενικά, όμως αυτές οι αντλίες χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται μέσες παροχές, δηλαδή 20 κυβικά μέτρα/ώρα και άνω.



Στροβιλοαντλίες ή αντλίες περιφερειακής ροής

Η ειδοποιός διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες φυγόκεντρες είναι ότι η αναρρόφηση του υγρού γίνεται στην περιφέρεια και όχι στο κέντρο της πτερωτής. Το στροφέιο αποτελείται από τοποθετημένα σε ακτινική διάταξη πτερύγια μέσα σε ένα δακτυλιοειδές αυλάκι, τα οποία παραλαμβάνουν το υγρό και το μεταφέρουν κυκλικά αφού εκτελέσει μια σχεδόν πλήρη περιστροφή στην έξοδο. Ουσιαστικά, αυτές οι αντλίες προσδίδουν ορμή και ταχύτητα στο ρευστό και έτσι δημιουργούν αύξηση της πίεσης, ενώ τα πτερύγια ανακυκλοφορούν το ρευστό κατά τη διαδρομή του από την αναρρόφηση και στην κατάθλιψη.

Για να επιτευχθούν πολύ υψηλές πιέσεις, χρησιμοποιούνται πολυβάθμιες στροβιλοαντλίες. Η παροχή που αναπτύσσουν αυτές οι αντλίες είναι μικρές αλλά χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται μεγάλη διαφορά πιέσεως, τις οποίες οι φυγόκεντρες δεν μπορούν να ικανοποιήσουν. Είναι αυτοεκκινούμενες και μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα και αν το υγρό συμπαρασύρει σημαντικές ποσότητες αερίων ή ατμών. Το πεδίο των εφαρμογών τους περιλαμβάνει την άντληση υγρών μικρού ιξώδους, καθαρών υγρών (π.χ. νερό που να μην περιέχει λάσπη) και την τροφοδότηση λεβήτων.

Ειδικές δυναμικές αντλίες

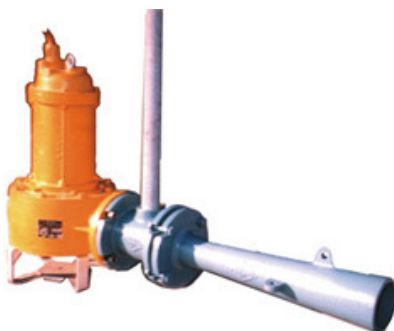
Αντλίες ακροφυσίου ή εκχυτήρες

Οι αντλίες ακροφυσίου (jet pumps) ή αλλιώς τζιφάρια ονομάστηκαν έτσι από το Γάλλο μηχανικό Giffard που πρώτος τις σχεδίασε. Αυτές οι αντλίες δεν είναι περιστροφικές. Αντίθετα, χρησιμοποιούν τη γρήγορη ροή ενός ρευστού (ατμό, θάλασσα, αέρα), η οποία δημιουργεί υποπίεση με συνέπεια την αναρρόφηση και την διακίνηση ενός άλλου. Το μείγμα των δύο ρευστών οδηγείται προς την κατάθλιψη. Τα κύρια μέρη μιας αντλίας ακροφυσίου είναι το ακροφύσιο, ο αγωγός αναρρόφησης και ο διαχυτήρας. Στο διαχυτήρα (αποκλίνον τμήμα), έχουμε αύξηση της ταχύτητας και πτώση πίεσεως του ρευστού.

Επίσης, οι αντλίες ακροφυσίου (jet pumps) διαφέρουν από τα προαναφερόμενα είδη αντλιών ως προς το ότι δεν διαθέτουν κινούμενα μέρη (έμβολα ή στροφέια) για να πραγματοποιήσουν την άντληση. Αντίθετα, την επιτυγχάνουν εκμεταλλευόμενα την ενέργεια που παρέχει το ρευστό, με το οποίο λειτουργούν και όχι λαμβάνοντας κίνηση από κινητήρια μηχανή. Επιπρόσθετα, μπορεί

να έχουν ένα ακροφύσιο ή περισσότερα ακροφύσια για τη δίοδο του ρευστού και περισσότερες από μια αντλίες με ακροφύσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σειρά.

Γενικά, χρησιμοποιούνται για την άντληση υγρών και αερίων και για τη δημιουργία κενού. Παράλληλα, στα πλοία εφαρμόζονται ως εκχυτήρες εξαντλήσεως κυτών, ακαθάρτων, έρματος, προπληρώσεως των σωλήνων αναρροφήσεως και κυκλοφορίας τροφοδοτικού νερού λεβήτων. Καταληκτικά, το μέγεθος της ταχύτητας του ρευστού που επιτυγχάνεται κατά τη διέλευση από ένα ακροφύσιο ή περισσότερα, εξαρτάται από την αντίστοιχη πτώση πίεσεως για μια θεωρούμενη διατομή.



Εικόνα 2.2.10: Αντλία ακροφυσίου

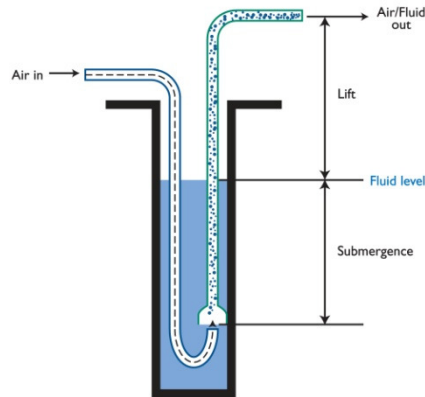
Αντλίες ανύψωσης με αέρα (air lift pumps)

Οι αντλίες ανύψωσης με αέρα αποτελούνται από έναν κατακόρυφο σωλήνα άντλησης, ο οποίος βυθίζεται στο προς άντληση υγρό. Η αρχή λειτουργίας της διάταξης αυτής είναι απλή. Ο συμπιεσμένος αέρας, ο οποίος παρέχεται από έναν αεροσυμπιεστή, οδηγείται στη βάση του σωλήνα άντλησης μέσω ενός ειδικά διαμορφωμένου στομίου έτσι ώστε να βυθίζεται και να αναμειγνύεται με το υγρό. Το αποτέλεσμα του σχηματισμού μίγματος υγρού και αερίου είναι η δημιουργία φυσαλίδων μεγάλης διασποράς.

Στη συνέχεια, το προαναφερόμενο μίγμα λόγω του αέρα, ο οποίος έχει χαμηλότερη πυκνότητα σε σχέση με το υγρό, διαθέτει μικρότερο ειδικό βάρος από το υγρό που περιβάλλει τον σωλήνα. Ακολούθως, το μίγμα υγρού και αερίου ανυψώνεται λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων και το μίγμα οδηγείται προς την κατάθλιψη της αντλίας όπου ο αέρας διαχωρίζεται από το υγρό μέσω κατάλληλης διάταξης.

Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται για την άντληση πετρελαίου από πετρελαιοπηγές, νερού μεγάλης περιεκτικότητας σε άμμο και ξένες ύλες από πηγάδια, θερμών υπόγειων νερών και για την ανύψωση διαβρωτικών υγρών. Επίσης, δεν διαθέτουν κινούμενα μέρη όπως και τα τζιφάρια

και είναι απλές στην κατασκευή τους. Ειδικότερα, οι αντλίες ανύψωσης με αέρα μπορούν να αντλήσουν μέχρι και 200 μέτρα βάθος και να αποδώσουν έως και 500 κυβικά μέτρα την ώρα. Ωστόσο, παρουσιάζουν αρκετά χαμηλό βαθμό απόδοσης και η χρήση τους περιορίζεται διαρκώς από τις αντλίες με υψηλό βαθμό αποδόσεως.



Εικόνα 2.2.11: Αντλία ανύψωσης με αέρα

2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη αντλιών

Οι μηχανικοί του εμπορικού ναυτικού στην πλειοψηφία τους δεν ασχολούνται με τον σχεδιασμό των κατασκευαστικών λεπτομερειών των αντλιών. Η κυριότερη ασχολία τους είναι η συντήρηση τους. Οπότε, είναι σημαντικό να γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά μεγέθη τους. Αυτά απαρτίζονται από τέσσερις ομάδες: τα ενεργειακά ύψη, την παροχή, την ισχύ και τους βαθμούς αποδόσεως. Η κάθε μια ομάδα θα αναλυθεί ξεχωριστά παρακάτω. Συνολικά οι παραπάνω ομάδες προσδιορίζουν την ικανότητα των αντλιών.

2.3.1 Ενεργειακά ύψη

Για να προχωρήσουμε σε υπολογισμούς χρησιμοποιούμε την εξίσωση Bernoulli, η οποία εφαρμόζεται μεταξύ δύο σημείων του συστήματος αντλήσεως. Κατά την εφαρμογή της προαναφερόμενης εξίσωσης, τα ενεργειακά μεγέθη εκφράζονται ανά μονάδα βάρους του υγρού με συνέπεια, να έχουν διαστάσεις μήκους. Για αυτόν τον λόγο ονομάζονται ενεργειακά ύψη. Αυτά είναι:

A) Ενεργειακά ύψη συστήματος αντλήσεως

Στατικό ύψος αναρροφήσεως, H_a

Ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως μέχρι το σημείο εισόδου του υγρού στην αντλία. Ουσιαστικά, πρόκειται για το

θάλαμο αναρροφήσεως. Ο θάλαμος αυτός για εμβολοφόρα παλινδρομική αντλία είναι ο χώρος που βρίσκονται οι βαλβίδες, ενώ για περιστροφική ογκομετρικού τύπου ή φυγόκεντρη είναι ο χώρος, όπου το υγρό εισέρχεται στο στροφείο της αντλίας. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο ύψος μπορεί να έχει και αρνητική τιμή, αν η αντλία είναι εγκατεστημένη χαμηλότερα του προς άντληση υγρού, οπότε αυτό ρέει μόνο του προς την αντλία λόγω βαρύτητας.

Στατικό ύψος καταθλίψεως, H_k

Πρόκειται για την κατακόρυφη απόσταση από το σημείο εξόδου (θάλαμος καταθλίψεως) της αντλίας μέχρι την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής καταθλίψεως.

Στατικό ή γεωμετρικό ύψος του συστήματος αντλήσεως, H_z

Δηλώνει της μεταβολή της δυναμικής ενέργειας ανά μονάδα βάρους του ρευστού, από την αρχή έως το τέλος του συστήματος αντλήσεως. Ουσιαστικά, πρόκειται για τη κατακόρυφη απόσταση από τη στάθμη αναρροφήσεως μέχρι τη στάθμη καταθλίψεως του υγρού, η οποία ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα του στατικού ύψους αναρροφήσεως, H_a και του στατικού ύψους καταθλίψεως, H_k . Δηλαδή, $H_z = H_a + H_k$. Να σημειωθεί ότι είναι ανεξάρτητο από το αν οι δεξαμενές είναι ελεύθερες ή αν βρίσκονται υπό πίεση.

Ύψος πίεσεως, H_p

Οφείλεται στην υδροστατική πίεση του υγρού και γενικά είναι η ενέργεια πίεσεως ανά μονάδα βάρους του ρευστού (p/γ). Συγκεκριμένα, όσον αφορά στις αντλίες το ύψος πίεσεως εκφράζεται με τη μεταβολή του ύψους πίεσεως μεταξύ της αναρρόφησης και της κατάθλιψης προς το ειδικό βάρος του αντλούμενου υγρού. Δηλαδή, $H_p = (p_2 - p_1)/\gamma$. Η προηγούμενη σχέση ισχύει στα κλειστά συστήματα, όπου έχουμε διαφορά πίεσης. Αντίθετα, στα ανοικτά συστήματα, η αναρρόφηση και η κατάθλιψη του συστήματος έχουν ίδια πίεση, με συνέπεια το ύψος πίεσεως του συστήματος αντλήσεως να ισούται με μηδέν.

Ύψος ταχύτητας ή κινηματικό ύψος

Είναι αυτόδηλο ότι πρόκειται για την κινητική ενέργεια ανά μονάδα βάρους του ρευστού, η οποία οφείλεται στην ταχύτητα ($v^2/2g$). Ειδικότερα, ύψος ταχύτητας του συστήματος αντλήσεως αποτελεί η αλλαγή του ύψους ταχύτητας μεταξύ της αρχής και του τέλους συστήματος. Αν οι ταχύτητες στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη είναι ίδιες, τότε το ύψος του συστήματος ισούται με μηδέν. Γενικά, το ύψος ταχύτητας είναι μικρό και στα περισσότερα υπολογιστικά

προβλήματα θεωρείται αμελητέο. Εξαίρεση αποτελούν τα αντλητικά συστήματα πυροσβέσεως, τα οποία έχουν σαν σκοπό την αύξηση της ταχύτητας στην κατάθλιψη. Τέλος, το ύψος ταχύτητας εξαρτάται από τη παροχή του υγρού και τη διατομή του σωλήνα στο σημείο στο οποίο υπολογίζεται.

Ύψος απωλειών, Σh

Πρόκειται για τις απώλειες λόγω τριβών ανά μονάδα βάρους του ρευστού και υπολογίζεται με το άθροισμα του ύψους απωλειών στο σωλήνα αναρρόφησης, H_a και στο σωλήνα καταθλίψεως, H_k . Δηλαδή, $\Sigma h = H_a + H_k$. Το ύψος απωλειών οφείλεται στις τριβές που υπάρχουν λόγω της διακίνησης του υγρού μέσα στις σωληνώσεις και τα υδραυλικά εξαρτήματα κατά τη διαδρομή από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη. Πρακτικά, το ύψος απωλειών περιλαμβάνει τις απώλειες εισόδου στο σωλήνα αναρρόφησης, τις απώλειες στις σωληνώσεις και τα εξαρτήματα (βάνες, γωνίες κ.α.) και τις απώλειες εξόδου στο σωλήνα καταθλίψεως. Εκφράζεται σε μέτρα διακινούμενου υγρού και εξαρτάται από τη παροχή του. Συμπερασματικά, αξίζει να επισημανθεί πώς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η διατομή, αλλά και το είδος των σωληνώσεων (τραχύτητα επιφανείας).

Ολικό ύψος συστήματος αντλήσεως, H_o

Αρχικά, το ολικό ύψος σημαίνει την ενέργεια που δίνει η αντλία ανά μονάδα βάρους του υγρού που διέρχεται από αυτήν. Επίσης, είναι το άθροισμα του στατικού ύψους, H_z , του ύψους πίεσεως H_p , του ύψους ταχύτητας και του ύψους απωλειών Σh . Δηλαδή, $H_o = H_z + ((p_2 - p_1)/\gamma) + ((v_2^2 - v_1^2)/2g) + \Sigma h$. Εν κατακλείδι, αποτελεί το σημαντικότερο ύψος και υπολογίζεται πάντα στο σχεδιασμό των χαρακτηριστικών καμπυλών των αντλιών.

B) Ενεργειακά ύψη αντλίας

Μανομετρικό ύψος, H_m

Ξεκινώντας με το τρόπο υπολογισμού, το μανομετρικό ύψος προσδιορίζεται από τη διαφορά των υψών πίεσεως στα σημεία εισόδου και εξόδου του υγρού και εκφράζει την αύξηση της ενέργειας πίεσεως ανά μονάδα βάρους του υγρού που διέρχεται από την αντλία. Ειδικότερα, το μανομετρικό ύψος δίνεται από την εξίσωση: $H_m = (P_k - P_a)/\gamma$.

Στην πράξη, μπορεί να μετρηθεί με μανόμετρα τοποθετημένα στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη της αντλίας, στα οποία οφείλει και την ονομασία του. Καταληκτικά, αυτό το ύψος προσδιορίζει την ικανότητα της αντλίας μόνης, ανεξάρτητα από τη θέση της και τις τοπικές

συνθήκες εγκατάστασης των σωληνώσεων αναρροφήσεως και καταθλίψεως και παρέχεται από τον κατασκευαστή.

Εσωτερικό ή θεωρητικό αποδιδόμενο ύψος αντλίας, H_e

Δηλώνει την ενέργεια, την οποία μεταβιβάζει η αντλία στη μονάδα βάρους του υγρού που διέρχεται από το εσωτερικό της. Ισούται με την πρόσθεση του αποδιδόμενου ύψους H_0 και του ύψους υδραυλικών απωλειών Σh_p . Συγκεκριμένα, η εξίσωση είναι: $H_e = H_0 + \Sigma h_p$. Τέλος, το εσωτερικό ύψος ονομάζεται αλλιώς και θεωρητικό, το οποίο εκφράζει το ύψος που θα απέδιδε η αντλία στο διερχόμενο ρευστό, αν δεν υπήρχαν ενεργειακές απώλειες κατά τη ροή του ρευστού μέσα από αυτήν.

Διαθέσιμο καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης, $NPSH_a$

Αυτός ο όρος δηλώνει τη διαφορά μεταξύ του ύψους πίεσεως και της ταχύτητας του ρευστού στην αναρρόφηση από το ύψος πίεσεως της θερμοκρασίας ατμοποίησης του P_v/Y . Ειδικότερα, προσδιορίζεται από τον εξής τύπο: $NPSH_a = ((P_a/Y) + [(v)^2 / 2g]) - P_v/Y$. Επεξηγηματικά, με την έννοια καθαρό ορίζεται το μέγεθος που προκύπτει όταν έχει αφαιρεθεί η τάση ατμών του ρευστού και συνεπάγεται το καθαρό περιθώριο για την αποφυγή της σπηλαιώσεως. Ακόμη, ονομάζεται και διαθέσιμο γιατί είναι αυτό που το σύστημα αναρρόφησης διαθέτει για την καταστολή του φαινομένου της σπηλαιώσεως.

Ως σπηλαιώση ορίζεται ο σχηματισμός φυσαλίδων στην αναρρόφηση της αντλίας, οι οποίες στη συνέχεια μεταφέρονται στο εσωτερικό της. Το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα όταν η πίεση στην είσοδο της αντλίας είναι αρκετά χαμηλή, οπότε το αναρροφούμενο υγρό ενδέχεται να ατμοποιηθεί, σχηματίζοντας φυσαλίδες. Πρώτη επίπτωση αυτού του φαινομένου είναι η σημαντική μείωση της παροχής. Επίσης, όταν οι φυσαλίδες φθάσουν σε περιοχές της αντλίας όπου επικρατεί υψηλότερη πίεση διασπώνται βίαια, γεγονός που προκαλεί έντονους κραδασμούς, οι οποίοι προκαλούν φθορές στην αντλία και στις σωληνώσεις που συνδέονται με αυτήν. Ωστόσο, όταν επικρατούν φυσιολογικές συνθήκες η πίεση στην εισαγωγή της αντλίας διαμορφώνεται από την πίεση που επικρατεί στην δεξαμενή αναρροφήσεως.

Καταληκτικά, το $NPSH_a$ εξαρτάται από την πίεση P_a , τις ιδιότητες (ιξώδες, πυκνότητα, τάση ατμών κ.α.), τη θερμοκρασία του αντλούμενου υγρού. Επιπρόσθετα, το $NPSH_a$ εξαρτάται και από το μήκος, τη διάμετρο, τη διάταξη (εξαρτήματα, βάνες κλπ) και την τραχύτητα επιφάνειας της σωληνώσεως αναρροφήσεως.

Απαιτούμενο καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης, NPSHr

Ορίζεται ως η ελάχιστη ενέργεια, εκφρασμένη σε μέτρα που απαιτείται στην αναρρόφηση της αντλίας για να εξασφαλισθεί ομαλή λειτουργία και ομαλή τροφοδοσία. Για αυτό τον λόγο δίνεται πάντα από τον κατασκευαστή. Στα υπολογιστικά προβλήματα υπολογίζεται από την πτώση του ύψους ενέργειας μεταξύ δύο σημείων, του σημείου A που αντιστοιχεί στο τέλος του σωλήνα αναρρόφησης και του σημείου A' που αντιπροσωπεύει το εσωτερικό της αντλίας (π.χ. η περρωτή) ως εξής: $NPSHr = ((P_A/\gamma) + (v_A^2/2g)) - (P_{A'}/\gamma)$.

Όπως προαναφέρθηκε αν η πίεση στην εισαγωγή της αντλίας μειωθεί τόσο ώστε να εμφανιστεί σπηλαιώση, τότε το διαθέσιμο ύψος NPSHa θα είναι μικρότερο από το απαιτούμενο NPSHr. Δηλαδή, καθίσταται προφανές πως η απαραίτητη συνθήκη για την αποφυγή της σπηλαιώσεως είναι το NPSHa να είναι μεγαλύτερο από το NPSHr.

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι το NPSHr εξαρτάται από το σχεδιασμό και τις συνθήκες λειτουργίας της αντλίας όπως είναι η διάμετρος της εισόδου της, η ταχύτητα περιστροφής της, το μέγεθος της κ.α.

2.3.2 Παροχή

Το δεύτερο σημαντικό μέγεθος, το οποίο μας απασχολεί στα υπολογιστικά προβλήματα είναι η παροχή. Γενικά, η παροχή είναι ο ρυθμός με τον οποίο το σύστημα αντλήσεως πραγματοποιεί τη διακίνηση των ρευστών. Συμβολίζεται με το γράμμα Q και υπολογίζεται σε κυβικά μέτρα ή ανά ώρα ή ανά δευτερόλεπτο. Η παροχή διαθέτει σταθερή τιμή σε όλα τα σημεία της εγκατάστασης, η οποία είναι το γινόμενο του εμβαδόν της διατομής του αγωγού A και της ταχύτητας ροής του ρευστού V. Δηλαδή, $Q = A \cdot V$.

Η παροχή διακρίνεται σε τέσσερις κατηγορίες: την πραγματική, την κανονική, την εσωτερική και τη θεωρητική.

Πραγματική παροχή της αντλίας, Q

Συγκεκριμένα, ως παροχή ονομάζεται ο όγκος του ρευστού που μετακινείται από την αντλία στην μονάδα του χρόνου, την οποία μετράμε στο σωλήνα καταθλίψεως συνήθως με ένα ροήμετρο (flow meter). Επίσης, η παροχή συνδέεται άμεσα με το ολικό ύψος, H_0 με την εξίσωση $H_0 = \alpha + \beta \cdot Q^2$. Επιπρόσθετα, οι συντελεστές α και β συμβολίζουν αντίστοιχα το στατικό ύψος μαζί με το ύψος πίεσεως και το ύψος απωλειών του συστήματος αντλήσεως. Η παραπάνω εξίσωση

αποτελεί το σημείο αναφοράς ως προς τη σχεδίαση των χαρακτηριστικών καμπυλών των αντλιών και θα αναλυθεί περισσότερο στο επόμενο κεφάλαιο.

Γενικά, η παροχή εξαρτάται από την απόδοση της αντλίας στο συγκεκριμένο σύστημα σωληνώσεως, στο οποίο λειτουργεί. Ειδικότερα, εξαρτάται από τη διάμετρο των σωληνώσεων, τη ταχύτητα του ρευστού αλλά τον σπουδαιότερο ρόλο κατέχει η αντλία του συστήματος. Τέλος, αξίζει να λεχθεί ότι για την επίλυση των υπολογιστικών προβλημάτων είναι απαραίτητη μόνο η πραγματική παροχή, αλλά για την εκτενέστερη μελέτη μιας αντλίας είναι χρήσιμες και οι παρακάτω κατηγορίες.

Κανονική παροχή, Q_n

Καλείται η αποδιδόμενη παροχή όταν η αντλία λειτουργεί με το μέγιστο βαθμό αποδόσεως της. Ακόμη, πρέπει να τονιστεί ότι το γεγονός πως η αντλία εργάζεται με το μέγιστο βαθμό αποδόσεως, δεν εξασφαλίζει ότι θα έχουμε και μέγιστη παροχή. Οπότε, κύριο μέλημα μας είναι η διαμόρφωση των απαιτούμενων συνθηκών έτσι ώστε η αντλία να λειτουργεί με τη βέλτιστη παροχή.

Εσωτερική παροχή, Q_e

Είναι ο όγκος του ρευστού που διέρχεται μέσα από το εσωτερικό της αντλίας (π.χ. πτερωτή) στην μονάδα του χρόνου, δηλαδή η εσωτερική παροχή Q_e . Αυτή, υπολογίζεται αν προσθέσουμε στη πραγματική παροχή τις αναπόφευκτες εσωτερικές διαρροές Q_d , οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με το είδος της αντλίας. Επομένως, ισχύει: $Q_e = Q + Q_d$. Καταληκτικά, αξίζει να αναφερθεί ότι το Q_d είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με το Q .

Θεωρητική παροχή, Q_θ

Ορίζεται ως η παροχή που θα έπρεπε να αποδίδεται από την αντλία κατά τη λειτουργία της αν δεν υπήρχαν οι εσωτερικές διαρροές και οι εξωτερικές διαρροές Q_p , δηλαδή προς το περιβάλλον. Υπολογίζεται από την πρόσθεση της εσωτερικής παροχής Q_e και των εξωτερικών διαρροών, Q_p . Με συνέπεια να προκύπτει ο τύπος: $Q_\theta = Q_e + Q_p$.

2.3.3. Ισχύς

Όπως αναφέρθηκε οι περισσότερες αντλίες παραλαμβάνουν την αναγκαία κίνηση από κινητήρια μηχανή. Ειδικότερα, καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της αντλίας για την πραγματοποίηση της διακίνησης του ρευστού. Η ισχύς που διαθέτει μια αντλία είναι η κατανάλωση ενέργειας ανά

μονάδα χρόνου και υποδιαιρείται σε τέσσερις ομάδες: την κινητήρια, την εισερχόμενη, την εσωτερική και την αποδιδόμενη.

Ισχύς κινητήριας μηχανής, P_k

Πρόκειται για το μηχανικό έργο στην μονάδα του χρόνου (κινητήρια ισχύς), με το οποίο τροφοδοτείται η αντλία από την κινητήρια μηχανή μέσω μηχανικού συστήματος μεταδόσεως. Η κινητήρια μηχανή στη σύγχρονη εποχή είναι συνήθως ηλεκτροκινητήρας, και η ισχύς που παράγει, μετρείται σε KW.

Εισερχόμενη ισχύς στον άξονα της αντλίας, P_a

Είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται από την κινητήρια μηχανή στον άξονα της αντλίας. Η συγκεκριμένη ισχύς προκύπτει όταν αφαιρεθούν από τη κινητήρια ισχύ P_k , οι μηχανικές απώλειες που υπάρχουν στο σύστημα μετάδοσης λόγω τριβών. Οι μηχανικές απώλειες προσδιορίζονται όταν είναι γνωστός ο μηχανικός βαθμός αποδόσεως του συστήματος μεταδόσεως, H_k , οπότε η αξονική ισχύς ισούται με: $P_a = H_k \cdot P_k$. Τέλος, αν ο $H_k = 1$, τότε η εισερχόμενη ισχύς είναι ίση με την κινητήρια ισχύ (μόνο στις ανεξάρτητες αντλίες).

Εσωτερική ισχύς, P_e

Εσωτερική ισχύς χαρακτηρίζεται αυτή που μεταβιβάζεται από την αντλία στο υγρό που διέρχεται μέσα από αυτήν. Η τιμή της εσωτερικής ισχύος P_e υπολογίζεται από την αφαίρεση μεταξύ της εισερχόμενης ισχύος, P_a και των απωλειών ισχύος, ΣP_m , που οφείλονται στις μηχανικές τριβές (π.χ. σαλαμάστρα). Επομένως, εκφράζεται με τον μαθηματικό τύπο: $P_e = P_a - \Sigma P_m$.

Αποδιδόμενη ή ωφέλιμη ισχύς, P_o

Η αναφερόμενη κατηγορία δηλώνει την τελική ισχύ που δίνεται από την αντλία στο εξερχόμενο ρευστό. Η εσωτερική ισχύς P_e , η οποία αναλύθηκε παραπάνω, είναι πρακτικώς αδύνατο να μεταδοθεί ολόκληρη στο διακινούμενο ρευστό λόγω των απωλειών ισχύος των διαρροών ΣP_d και των τριβών του ρευστού στο εσωτερικό της αντλίας ΣP_r , οπότε η P_o προκύπτει ως εξής: $P_o = P_e - \Sigma P_d - \Sigma P_r$. Επίσης, η αποδιδόμενη ισχύς προσδιορίζεται και από το γινόμενο του ειδικού βάρους γ , της πραγματικής παροχής Q και του αποδιδόμενου ύψους H_o . Ήτοι, $P_o = \gamma \cdot Q \cdot H_o$.

2.3.4 Βαθμοί αποδόσεως

Ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας προέρχεται από το λόγο του ωφέλιμου αποτελέσματος προς την κατανάλωση. Επίσης, ο βαθμός αποδόσεως είναι αδιάστατος αριθμός. Επιπρόσθετα, εξαρτάται από τον τύπο, τα ιδιαίτερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, την παροχή της αντλίας

και από ορισμένες ιδιότητες του διακινούμενου ρευστού (π.χ. ιξώδες). Παράλληλα, ο βαθμός αποδόσεως προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή ως ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μεγέθη. Ο υδραυλικός, ο ογκομετρικός, ο μηχανικός και ο ολικός, αποτελούν τις κατηγορίες των βαθμών αποδόσεως, οι οποίες αναλύονται παρακάτω:

Υδραυλικός βαθμός αποδόσεως η_h

Είναι ο λόγος του αποδιδόμενου ύψους H_o προς το εσωτερικό (ή θεωρητικό) ύψος H_e , δηλαδή είναι: $\eta_h = H_o / H_e$.

Ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως η_v

Καλείται ο λόγος της πραγματικής παροχής Q προς την εσωτερική παροχή Q_e . Ειδικότερα, υπολογίζεται από τον τύπο: $\eta_v = Q / Q_e$.

Μηχανικός βαθμός αποδόσεως η_m

Ορίζεται ως ο λόγος της εσωτερικής ισχύος P_e προς την αξονική ισχύ P_a . Συγκεκριμένα, είναι: $\eta_m = P_e / P_a$.

Ολικός βαθμός αποδόσεως η

Ισούται με το λόγο της αποδιδόμενης (ή ωφέλιμης) ισχύος προς την αξονική ισχύς P_a . Δηλαδή, $\eta = P_o / P_a$. Επιπρόσθετα, ο ολικός βαθμός αποδόσεως υπολογίζεται και από το γινόμενο του μηχανικού, του ογκομετρικού και του υδραυλικού βαθμού αποδόσεως. Ήτοι, $\eta = \eta_m * \eta_v * \eta_h$. Συμπερασματικά, ο βαθμός αποδόσεως αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μεγέθη και ποικίλλει ανάλογα με το είδος της αντλίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή στα υπολογιστικά προβλήματα

Στο παρόν κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί η ανάλυση της διαδικασίας των υπολογιστικών προβλημάτων μέσω των αποτελεσμάτων των οποίων οδηγούμαστε στο σχεδιασμό των χαρακτηριστικών καμπυλών των αντλιών. Κατά τη διαδικασία των υπολογιστικών προβλημάτων χρησιμοποιούμε ορισμένα από τα μεγέθη που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, οι σχέσεις μεταξύ αυτών των μεγεθών καθορίζουν το εύρος χρήσεων και την

ποιότητα της αντλίας, οι οποίες αποτελούν και τις πιο σημαντικές έννοιες τόσο για την επιλογή όσο και για τη σωστή λειτουργία της αντλίας. Οπότε, ο κατασκευαστής πρέπει να παρέχει τις χαρακτηριστικές καμπύλες, οι οποίες μας δείχνουν συγκεκριμένα τις δυνατότητες και τα όρια της κάθε αντλίας. Καταληκτικά, στα υπολογιστικά προβλήματα θα ασχοληθούμε μόνο με τις δυναμικές αντλίες και συγκεκριμένα με τις φυγόκεντρες.

Όπως υπογραμμίστηκε στο 1^ο κεφάλαιο βρισκόμαστε στην εποχή της υπολογιστικής ρευστομηχανικής, στην οποία τα προβλήματα είναι πλέον πιο πολύπλοκα και χρονοβόρα. Συνέπεια αυτού είναι η μόνιμη χρήση του υπολογιστή για την επίλυση τους επειδή μας προσφέρει ταχύτητα, αξιοπιστία και την επιθυμητή ακρίβεια. Γενικά, χρησιμοποιούνται πολλά εξειδικευμένα αλλά και διαδεδομένα προγράμματα υπολογιστικών φύλλων. Συγκεκριμένα, εμείς θα χρησιμοποιήσουμε ένα από τα πλέον γνωστά προγράμματα της Microsoft, το Excel.

3.2 Περιγραφή διαδικασίας υπολογισμών με χρήση του Excel

Ο κύριος σκοπός κατά την επίλυση των υπολογιστικών προβλημάτων είναι να καταλήξουμε στον προσδιορισμό των συντελεστών α και β της εξίσωσης δευτέρου βαθμού του ολικού ύψους H συναρτήσει της παροχής Q . Δηλαδή: $H = \alpha + \beta \cdot Q^2$. Ουσιαστικά, το H είναι το αποδιδόμενο ύψος H_0 όπου ο στατικός συντελεστής α αποτελείται από το άθροισμα του στατικού ύψους και του ύψους πίεσεως. Έτσι, $\alpha = H_z + ((p_2 - p_1)/\gamma)$. Παράλληλα, ο δυναμικός συντελεστής β απαρτίζεται από τα ύψη απωλειών στο σωλήνα αναρροφήσεως και στο σωλήνα καταθλίψεως. Αν γίνουν οι απαιτούμενες αντικαταστάσεις το β υπολογίζεται ως εξής: $\beta = 8/(\pi^2 \cdot g) \cdot \{((f_a \cdot L_a)/d_a) + \sum K_a\} \cdot (1/d_a^5) + ((f_k \cdot L_k)/d_k) + \sum K_k \cdot (1/d_k^5)$.

Παράλληλα, αξίζει να αναφερθεί ότι πολλά από τα παραπάνω στοιχεία θα προσδιορίζονται από τις εκφωνήσεις των υπολογιστικών προβλημάτων. Συγκεκριμένα, τα μεγέθη των σωληνώσεων αναρροφήσεως και καταθλίψεως, τα οποία είναι τα μήκη L , οι διάμετροι d , οι τραχύτητες ϵ και οι συντελεστές τοπικών απωλειών K . Επιπρόσθετα, θα γνωστοποιούνται το στατικό ύψος καθώς και οι πιέσεις στις δεξαμενές αναρροφήσεως και καταθλίψεως. Ακόμη, αν μας δίνεται η θερμοκρασία του ρευστού υπολογίζουμε την αντίστοιχη πυκνότητα ρ (Πίνακας 1, σελ.582, βιβλίο Μηχανικής ρευστών, Ιδρύματος Ευγενίδου) σε αυτή και την πολλαπλασιάζουμε με την επιτάχυνση της βαρύτητας g που ισούται πάντοτε με 9,81 προσδιορίζοντας έτσι το ειδικό βάρος γ . Δηλαδή, $\gamma = \rho \cdot g$.

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που έχουμε προχωράμε στους υπολογισμούς. Πρώτον, ανάλογα με το υλικό κατασκευής των σωληνώσεων βρίσκουμε από τον κατάλληλο πίνακα (Πίνακας 5.4.2, σελ.213, βιβλίο Μηχανικής ρευστών, Ιδρύματος Ευγενίδου) την τραχύτητα ϵ και την διαιρούμε με την ανάλογη διάμετρο. Ο λόγος της τραχύτητας και της διαμέτρου επηρεάζει το συντελεστή τριβής f , ο οποίος υπολογίζεται από την εξίσωση Von Karman ως εξής: $1/f^{1/2} = 1,14 - 2 \log(\epsilon/d)$. Η σημασία του συντελεστή τριβής έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί σημαντικό μέγεθος για τον προσδιορισμό του συντελεστή β .

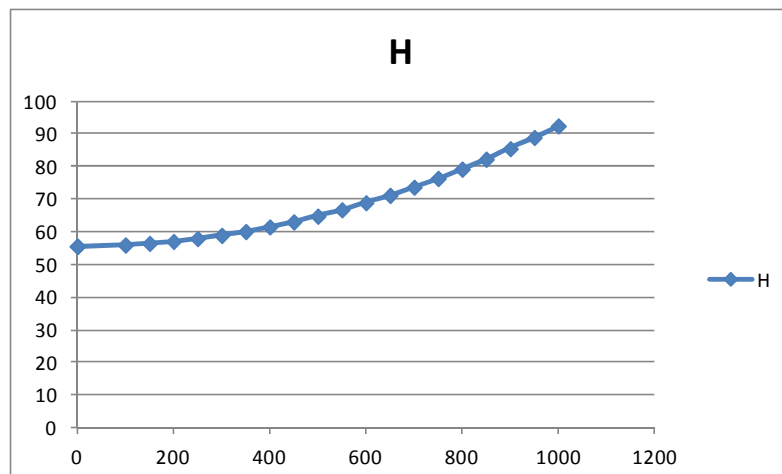
Ακολούθως, με γνωστούς τους δύο συντελεστές εισάγουμε τιμές για την παροχή και υπολογίζουμε τα αντίστοιχα ολικά ύψη σε κάθε περίπτωση. Με τον πίνακα που δημιουργούμε ανάμεσα στα δύο μεγέθη κατασκευάζουμε μέσω γραφήματος τη χαρακτηριστική καμπύλη της αντίστοιχης αντλίας. Τέλος, η καμπύλη μας δείχνει σε ποια ορισμένη περιοχή παροχών και αποδιδόμενου ύψους η φυγόκεντρος αντλία εμφανίζει τον καλύτερο βαθμό αποδόσεως.

3.3 Σχεδιασμός χαρακτηριστικών καμπυλών με χρήση Excel

Υπολογιστικό παράδειγμα 1^ο

Μια αντλία βρίσκεται τοποθετημένη σε σύστημα αντλήσεως νερού 10 ° C. Στην ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής αναρροφήσεως, επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση. Ο σωλήνας αναρροφήσεως είναι από χυτοσίδηρο, διαμέτρου 12 cm και μήκους 2 m.

Η καμπύλη που προέκυψε μέσα από το υπολογιστικό πρόβλημά του οποίου οι αναλυτικές πράξεις βρίσκονται στο παράρτημα Α και συγκεκριμένα στο φύλλο Α1, είναι:

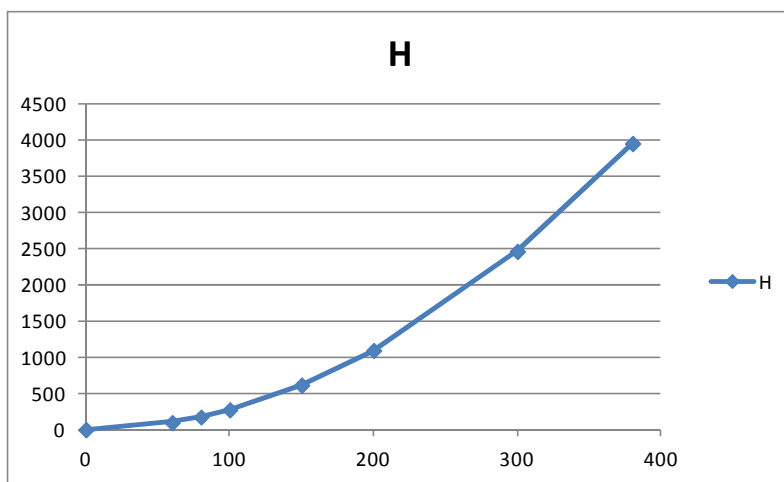


Εικόνα 3.3.1: Γραφική επίλυση υπολογιστικού παραδείγματος 1

Υπολογιστικό παράδειγμα 2^ο (σελ. 541 βιβλίου Μηχανικής ρευστών, Ίδρυμα Ευγενίδου)

Μια αντλία μεταφέρει νερό σε απόσταση 150 m και σε υψομετρική διαφορά 6 m. Η αντλία λειτουργεί στις 1600 rpm. Η κατάθλιψη είναι από ασφαλωμένο χυτοσίδηρο, διαμέτρου 15 cm. Να σχεδιασθεί η χαρακτηριστική καμπύλη της αντλίας.

Οι αναλυτικές πράξεις, οι οποίες μας οδήγησαν στην παρακάτω χαρακτηριστική καμπύλη είναι στο παράρτημα Α. Ειδικότερα, στο φύλλο Α2.

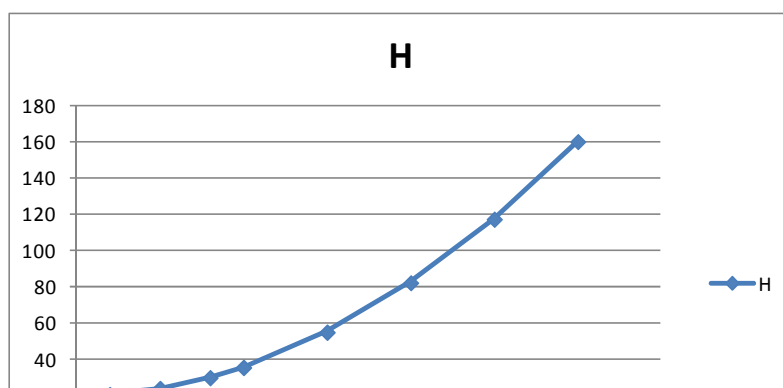


Εικόνα 3.3.2: Γραφική επίλυση υπολογιστικού παραδείγματος 2

Υπολογιστικό παράδειγμα 3^ο (σελ. 538 βιβλίου Μηχανική ρευστών, Ίδρυμα Ευγενίδου)

Σε ένα σύστημα αντλήσεως, ανυψώνεται νερό 10^ο C σε ύψος 15 m. Οι σωλήνες είναι από χυτοσίδηρο με διαμέτρους $d_a=12$ cm και $d_k=10$ cm. Τα αντίστοιχα μήκη είναι 2 m και 65 m. Υπάρχουν οι ακόλουθες τοπικές απώλειες: 1) είσοδος σε σωλήνα που προεξέχει, 2) μια σφαιρική φλαντζωτή βαλβίδα, 3) μια καμπύλη γωνία 90^ο, 4) έξοδος σε δεξαμενή. Στην ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής καταθλίψεως επικρατεί πίεση 1,5 bar.

Η χαρακτηριστική καμπύλη που προέκυψε από την επίλυση του υπολογιστικού προβλήματος, η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο φύλλο Α3 του παραρτήματος Α είναι η εξής:

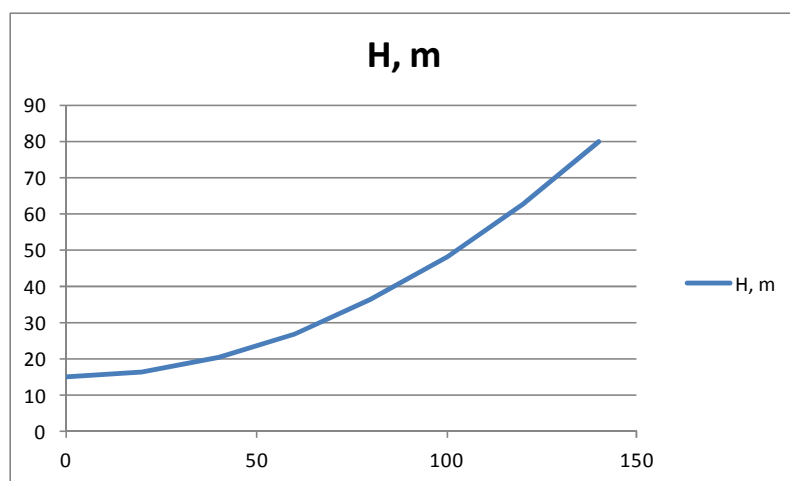


Εικόνα 3.3.3: Γραφική επίλυση υπολογιστικού παραδείγματος 3

Υπολογιστικό παράδειγμα 4^ο (σελ. 560 βιβλίου Μηχανικής ρευστών, Ιδρύματος Ευγενίδου)

Μια αντλία, τροφοδοτεί σωλήνα καταθλίψεως από ασφατωμένο χυτοσίδηρο, μήκους 60 m και διαμέτρου 8 cm, με συντελεστή τοπικών απωλειών 5 και στατικό ύψος καταθλίψεως, 15 m.

Η υπολογιστική διαδικασία μέσω της οποίας καταλήξαμε στη χαρακτηριστική καμπύλη περιγράφεται στο φύλλο A4 του παραρτήματος Α.

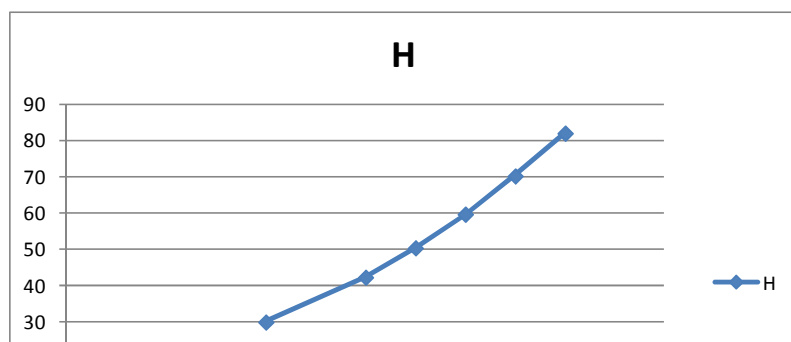


Εικόνα 3.3.4: Γραφική επίλυση υπολογιστικού παραδείγματος 4

Υπολογιστικό παράδειγμα 5^ο (σελ. 544 βιβλίου Μηχανικής ρευστών, Ιδρύματος Ευγενίδου)

Φυγόκεντρη αντλία, ανυψώνει νερό σε ύψος 20 m. Ο σωλήνας καταθλίψεως είναι από χυτοσίδηρο με διάμετρο 7 cm και μήκος 50 m και ο συνολικός συντελεστής τοπικών απωλειών είναι $\Sigma K = 3,5$.

Στο υπολογιστικό φύλλο A5, το οποίο βρίσκεται στο παράρτημα Α, πραγματοποιείται αναλυτική επίλυση του υπολογιστικού παραδείγματος έτσι ώστε να φτάσουμε στον σχεδιασμό της χαρακτηριστικής καμπύλης.

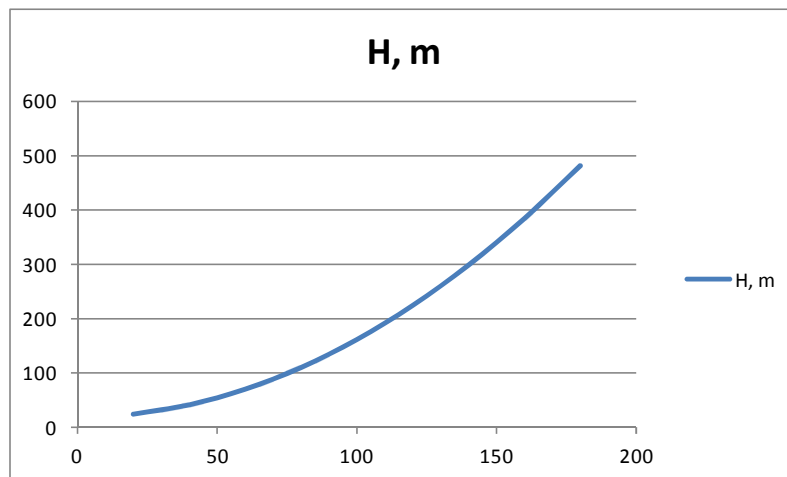


Εικόνα 3.3.5: Γραφική επίλυση υπολογιστικού παραδείγματος 5

Υπολογιστικό παράδειγμα 6° (σελ.559 βιβλίου Μηχανικής ρευστών, Ιδρύματος Ευγενίδου)

Μια αντλία χρησιμοποιείται για τη μεταφορά νερού θερμοκρασίας 40° C σε ύψος 15 m. Στην ελεύθερη επιφάνεια καταθλίψεως έχουμε πίεση 1,5 bar. Επιπρόσθετα, ο σωλήνας καταθλίψεως έχει συνολικό μήκος 60 m, διάμετρο 6 cm και είναι από γαλβανισμένο σίδηρο. Ο συνολικός συντελεστής απωλειών είναι 4.

Η αναλυτική διαδικασία σχεδιασμού της χαρακτηριστικής καμπύλης βρίσκεται στο φύλλο Α6 του παραρτήματος Α.



Εικόνα 3.3.6: Γραφική επίλυση υπολογιστικού παραδείγματος 6

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Επιλογικά, γίνεται αντιληπτό ότι με τη σωστή χρήση του προγράμματος Excel επιτυγχάνουμε τη σχεδίαση της χαρακτηριστικής καμπύλης κάθε αντλίας. Στην παρούσα εργασία πήραμε μια εικόνα μόνο από τις δυνατότητες και τη αξιοπιστία που μας παρέχει το πρόγραμμα. Έπειτα,

κατανοήσαμε τη σημασία των βασικών χαρακτηριστικών μεγεθών και καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τον σπουδαιότερο ρόλο παίζουν το ολικό ύψος, H και η παροχή, Q . Οπότε, κατά την επίλυση των υπολογιστικών προβλημάτων οι δύο κύριοι άξονες για τον σχεδιασμό της καμπύλης μας είναι τα παραπάνω μεγέθη. Επίσης, για να προχωρήσουμε σωστά και γρήγορα στο πρακτικό κομμάτι μέσω του προγράμματος Excel θα πρέπει να γνωρίζουμε πλήρως το θεωρητικό κομμάτι που σχετίζεται με τις αντλίες και τις κατηγορίες αλλά και τις βασικές εξισώσεις της μηχανικής των ρευστών, οι οποίες αποτελούν τους οδηγούς για την επίλυση των υπολογιστικών προβλημάτων. Καταληκτικά, η υπολογιστική ρευστομηχανική στις μέρες μας βρίσκεται υπό ανάπτυξη και αποτελεί το πεδίο εξέλιξης του μέλλοντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παντζαλής. Ν. , (2012) . *Μηχανική Ρευστών*. Αθήνα. Ίδρυμα Ευγενίδου

- Γεωργίου Φ. Δ. & Μιμηκόπουλος Κ. Η. (1974). *Βοηθητικά Μηχανήματα Πλοίων*. Αθήνα. Ίδρυμα Ευγενίδου
- Κότσος. Π. *Τύποι λειτουργία εγκατάσταση συντήρηση επισκευή γραναζωτή αντλία polyrex*. (Δημοσιευμένη πτυχιακή εργασία). ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας. Σέρρες
- Νικολάου. Κ. & Απέργης Α. , (2011). *Μελέτη Αντλιών Δεξαμενόπλοιου και Safety System*. (Δημοσιευμένη πτυχιακή εργασία). ΤΕΙ Πειραιά. Αιγάλεω
- Καρβουνιάρης. Χ. & Χαϊκάλης. Ν. , (2011). *Φυγοκεντρικές Αντλίες: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ- ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ- ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ*. (Δημοσιευμένη πτυχιακή εργασία) . ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας. Σέρρες
- Κατσαπρακάκης Δ. Α. *Υδροδυναμικές Μηχανές*. (Δημοσιευμένη προπτυχιακή εργασία). ΤΕΙ Κρήτης. Κρήτη
- Κυπαρίσσης Σ.Δ. (2012). *ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΡΟΪΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΤΗ ΣΠΗΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ*. (Δημοσιευμένη διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
- Ρανούτσος Σ. (2010). *ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ*. (Δημοσιευμένη πτυχιακή εργασία). ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ. Ηράκλειο
- Wikipedia: Pumps