



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ**

ΧΑΠΑΛΟΓΛΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ
ΒΛΑΒΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

**ΕΠΙΒΛΕΨΩΝ: Ι. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ
Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π.**

ΑΘΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2008

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντλία είναι μία μηχανή η οποία έχει βρει εφαρμογή σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας, της έρευνας και της ιατρικής. Η φυγοκεντρική αντλία είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος αντλίας, αφού καλύπτει ένα ευρύ πεδίο τεχνικών εφαρμογών, όπως ύδρευση, άρδευση, κυκλοφορία υγρών σε βιομηχανίες, δίκτυα ψύξης και θέρμανσης, λυμάτων κ.ά. Το μεγάλο εύρος εφαρμογών της συνεπάγεται, όπως είναι λογικό, την ανάπτυξη μεγάλου ενδιαφέροντος επάνω στη διάγνωση και επίλυση των βλαβών που εκδηλώνονται κατά τη χρήση της.

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό πρόγραμμα σε περιβάλλον Visual Studio και με γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic μέσα από το οποίο μπορούν και αντιμετωπίζονται τα θέματα διάγνωσης και επίλυσης προβλημάτων φυγοκεντρικών αντλιών, καθώς και της εύρεσης του σημείου λειτουργίας και επιλογής της αντλίας σε μια δεδομένη αντλητική εγκατάσταση.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε αξιοποιεί υπάρχοντα στοιχεία για τα συμπτώματα που μπορεί να παρατηρηθούν όταν μία αντλία λειτουργεί με πρόβλημα και κατόπιν, έπειτα από συνδυαστική

επεξεργασία των δεδομένων, καταλήγει στα αίτια του προβλήματος. Με την ανάλυση αυτών και με παραπάνω πληροφορίες για τα συγκεκριμένα αίτια καθοδηγούμαστε στην κατανόηση και την επίλυση του προβλήματος. Παράλληλα, στο σύστημα που αναπτύχθηκε, ο χρήστης μπορεί να βρει για μία συγκεκριμένη αντλητική εγκατάσταση τη διάμετρο των σωληνώσεων που πρέπει να χρησιμοποιήσει, τη χαρακτηριστική της σωλήνωσης και το σημείο λειτουργίας της αντλίας. Στη συνέχεια, ο χρήστης έχει δυνατότητα να επιλέξει την καταλληλότερη αντλία μέσα από ιστοσελίδες, που δίνονται από το πρόγραμμα, μερικών από των μεγαλύτερων κατασκευαστικών εταιριών αντλιών.

Η υλοποίηση του υπολογιστικού προγράμματος πραγματοποιήθηκε με πρωταρχικό στόχο την εύκολη εγκατάσταση και χρήση αυτού από οποιονδήποτε χρησιμοποιεί φυγοκεντρική αντλία αλλά και για γρήγορη και σωστή καθοδήγηση για την επίλυση προβλημάτων, καθώς και για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό μιας αντλητικής εγκατάστασης.

ABSTRACT

The pump is a machine which is of use in many factors of industry, of research and of medicine. The centrifugal pump is the most well known type, while it covers a large field of different uses, like water supply, irrigation, circulation of liquids in

factories, nets of freezing and heating, liquid wastes etc. The variety of the usages of pumps means the development of a great interest over the diagnosis and solution of faults that are created during its usage.

At the existing work, it has been developed a calculation program in an environment Visual Studio and with the programming language called Visual Basic though it is possible to be faced themes of diagnosis and solution of problems centrifugal pumps, whilst and the founding of the point of function and choice of the pump in a specific pump establishment.

The calculus which has been developed makes the existing elements productive for the consequences which can be noticed when a pump is working with error and then, after a comparative process of the given elements, results in the causes of the problem. With the resolution of those and with the previous information for the specific causes we are being guided to the understanding and the solution of the problem. At the same time, at the system which has been developed, the user can find for a specific pump establishment the diameter of the pipeline that he must use, the characteristic of the pipeline and the point of function of the pump. Afterwards, the user has the possibility to choose the best pump through net pages given by the program, of some of the biggest pumps manufacturers in the world.

The materialization of the calculating program has been created with the main purpose of easy set up and use of it from anyone using centrifugal pump but also for quick and correct guidance for the solution of problems, as well as the preliminary drawing of a pumping establishment.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας για τη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω θερμά τον Υπεύθυνο Καθηγητή της διπλωματικής εργασίας μου Δρ. Ιωάννη Αναγνωστόπουλο για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και χρήσιμο έργο, καθώς και να εφαρμόσω τις υπάρχουσες γνώσεις μου στο έργο αυτό.

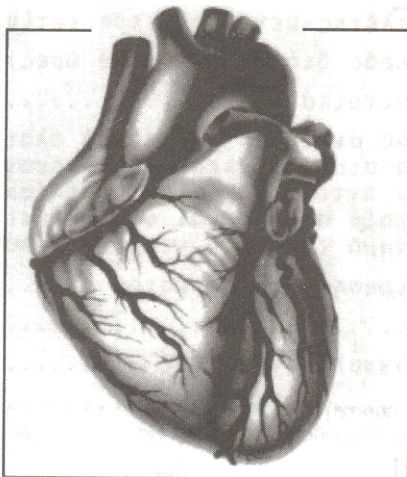
Η συμπαράσταση και βοήθεια που μου προσφέρθηκε αφειδώς από τους Καθηγητές μου κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου, σε συνδυασμό με τις προσωπικές προσπάθειες, συντέλεσαν όχι μόνο στην αρτιότητα της εργασίας μου, αλλά και στην απόκτηση νέων γνώσεων χρήσιμων για τη μετέπειτα επαγγελματική μου πορεία.

Τέλος, θα ήθελα να επισημάνω ότι χωρίς την πολύτιμη βοήθεια, ενθάρρυνση και προτροπή του οικογενειακού και κοντινού μου περιβάλλοντος, δε θα γινόταν εφικτή η ολοκλήρωση αυτής.

Μάρτιος 2008

Χαπαλόγλου

Χαράλαμπος



...Όσο θα διαβάζεις αυτή την εργασία –και όχι μόνο– μια τέτοια υπερθαύμαστη αντλία μαζί με τις σωληνώσεις της θα λειτουργεί αθόρυβα μέσα σου... Ευχαρίστησε τον Σχεδιαστή, Κατασκευαστή και Συντηρητή της...

Ιωάννου Μ. Μαυρουδή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</u>	<u>2</u>
<u>Πρόλογος.....</u>	<u>4</u>
<u>Περιεχόμενα.....</u>	<u>6</u>
<u>1. Εισαγωγή.....</u>	<u>9</u>
<u>2. Φυγοκεντρικές αντλίες.....</u>	<u>13</u>
<u>2.1. Τεχνική περιγραφή αντλιών.....</u>	<u>13</u>
<u>2.1.1. Λειτουργικά χαρακτηριστικά.....</u>	<u>14</u>
<u>2.1.2. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.....</u>	<u>19</u>
<u>2.2. Βασικές εξισώσεις.....</u>	<u>25</u>
<u>2.3. Η αντλητική εγκατάσταση.....</u>	<u>29</u>
<u>2.4. Χαρακτηριστικές καμπύλες.....</u>	<u>31</u>
<u>3. Υπολογιστικό Πρόγραμμα.....</u>	<u>35</u>
<u>3.1. Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του λογισμικού.....</u>	<u>36</u>
<u>3.1.1. Το Πλαίσιο .NET.....</u>	<u>36</u>
<u>3.1.2. Σχέση με το COM.....</u>	<u>38</u>
<u>3.1.3. Visual Studio .NET.....</u>	<u>39</u>
<u>3.1.4. Visual Basic .NET.....</u>	<u>39</u>
<u>3.2. Χρήση του προγράμματος.....</u>	<u>40</u>
<u>3.2.1. Ρύθμιση ανάλυση οθόνης πριν την εκτέλεση του προγράμματος.....</u>	<u>41</u>
<u>3.2.2. Κεντρική σελίδα προγράμματος.....</u>	<u>41</u>

3.2.3. Δεύτερη σελίδα του προγράμματος - Κατάλογος Συμπτωμάτων	42
3.2.3.1. Κατάλογος Συμπτωμάτων	43
3.2.4. Τρίτη σελίδα του προγράμματος - Κατάλογος Αιτιών	44
3.2.4.1. Κατάλογος Αιτιών	46
3.2.5. Τέταρτη σελίδα του προγράμματος - Επεξήγηση Αιτιών ...	52
3.2.6. Πέμπτη σελίδα του προγράμματος – Σημείο λειτουργίας....	53
3.2.7. Έκτη σελίδα του προγράμματος – Αποτελέσματα.....	54
3.2.8. Επιλογή αντλίας.....	54
3.3. Επεξήγηση κατασκευής των υπολογιστικών παραθύρων.....	55
3.3.1. Κατασκευή της κεντρικής σελίδας του προγράμματος.....	56
3.3.2. Κατασκευή της δεύτερης σελίδας του προγράμματος.....	57
3.3.3. Κατασκευή της τρίτης σελίδας του προγράμματος.....	57
3.3.4. Κατασκευή της τέταρτης σελίδας του προγράμματος	57
3.3.5. Κατασκευή της πέμπτης σελίδας του προγράμματος	58
3.4. Επεξήγηση υπολογιστικού κώδικα.....	58
3.4.1. Η υπορουτίνα Form1 Load	59
3.4.2. Πώς γίνεται αντιστοιχία συμπτωμάτων – αιτιών.....	59
3.4.3. Πώς γίνεται η επιλογή των αιτιών.....	62
3.4.4. Πώς γίνεται η επιλογή των επεξηγήσεων αντίστοιχων αιτιών.....	66
3.5. Υπολογισμοί στην πέμπτη σελίδα του προγράμματος.....	68
4. Επεξηγήσεις για αίτια των προβλημάτων των φυγοκεντρικών αντλιών.....	74
4.1. Προβλήματα που οφείλονται σε κατασκευαστικά σφάλματα αντλιών.....	75
4.2. Προβλήματα που οφείλονται σε σφάλματα εγκατάστασης αντλιών.....	90
4.3. Προβλήματα που οφείλονται σε σφάλματα λόγω κακής συντήρησης.....	113
4.4. Προβλήματα που οφείλονται στη λανθασμένη λειτουργία των αντλιών.....	126
5. Παραδείγματα λειτουργίας προγράμματος.....	154
6. Συμπεράσματα - Προοπτικές.....	165
Βιβλιογραφία.....	167

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
Εισαγωγή-Φυγοκεντρικές
Αντλίες

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σωστή αντλητική εγκατάσταση και η εύκολη εύρεση βλαβών των φυγοκεντρικών αντλιών μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικά ποσά ενέργειας και κατά συνέπεια χρημάτων. Όμως η πολυπλοκότητα των συνδυασμών συμπτωμάτων και αιτιών σε προβλήματα που αφορούν τις φυγοκεντρικές αντλίες μπορεί να δυσκολέψουν την εύρεση του πραγματικού προβλήματος. Αυτό σημαίνει πως ήδη λειτουργούν πολλές αντλητικές εγκαταστάσεις χωρίς σωστή μελέτη με αποτέλεσμα τη σπατάλη ενέργειας και χρημάτων.

Η λύση του προβλήματος αυτού είναι η κατανόηση της θεωρίας και η καλή γνώση της λειτουργίας των φυγοκεντρικών αντλιών, καθώς και της συμπεριφοράς τους μέσα σε μία αντλητική εγκατάσταση. Το υπολογιστικό πρόγραμμα που πραγματεύεται αυτή η εργασία δίνει την δυνατότητα με πολύ απλά βήματα να καθοδηγηθούμε προς την σωστή κατεύθυνση για την επίλυση κάποιου προβλήματος, παρατηρώντας τα διάφορα συμπτώματα κατά τη λειτουργία της αντλίας.

Το υπολογιστικό πρόγραμμα που αναπτύχθηκε αντιμετωπίζει τα θέματα της διάγνωσης και επίλυσης προβλημάτων φυγοκεντρικών αντλιών καθώς και καθορισμού του σημείου λειτουργίας μίας αντλίας συγκεκριμένης αντλητικής εγκατάστασης. Πρέπει να αναφερθεί ότι το πρόγραμμα αποτελεί το πρώτο βήμα ενός νέου λογισμικού, και υπάρχουν δυνατότητες αναβάθμισης, περαιτέρω βελτίωσης και εμπλουτισμού του.

Το τελικό πρόγραμμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τις εταιρείες κατασκευής και εμπορίας αντλιών, καθώς αφορά τη σχέση μεταξύ αντλιών και χρηστών. Μαζί με τις αντλίες θα μπορούσε να παρέχεται και το πρόγραμμα αυτό, ώστε ο καταναλωτής να έχει μία πρώτη εντύπωση για τυχόν πρόβλημα που μπορεί να του παρουσιάσει η αντλία. Επίσης πολύ χρήσιμο εργαλείο θα ήταν για τους εγκαταστάτες φυγοκεντρικών αντλιών και τους συντηρητές αυτών.

Στην εργασία αυτή μελετώνται διάφορες ενότητες στα πλαίσια του γενικότερου προβλήματος της διάγνωσης και επίλυσης προβλημάτων φυγοκεντρικών αντλιών μέσω υπολογιστικού προγράμματος. Γι' αυτό το λόγο γίνεται πρώτα μία συνοπτική παρουσίαση των σημαντικότερων αυτών ενοτήτων .

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη τεχνική περιγραφή των φυγοκεντρικών αντλιών και η κατάταξή τους σε κατηγορίες, περιγράφονται οι βασικές εξισώσεις και οι γενικές αρχές μιας αντλητικής εγκατάστασης, καθώς και οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το υπολογιστικό πρόγραμμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας που μπορεί είτε να κάνει διάγνωση και επίλυση προβλημάτων αντλιών είτε εύρεση σημείου λειτουργίας και επιλογή αντλίας. Καταρχήν γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του λογισμικού. Με τα εργαλεία αυτά έγινε δυνατή η υλοποίηση ενός μεγάλου τμήματος του πληροφοριακού συστήματος, που αναλύεται παρακάτω. Βασικό εργαλείο συνιστά το Πλαίσιο .NET (Framework .NET). Κατόπιν παρέχονται οι οδηγίες για την εγκατάσταση και χρήση του προγράμματος “Φυγοκεντρικές Αντλίες” σε κάθε βήμα αυτού. Επίσης παρουσιάζονται οι κατάλογοι συμπτωμάτων και αιτιών που μπορεί να παρατηρηθούν σε αντλίες που λειτουργούν με προβλήματα. Ακόμη γίνεται αναλυτική περιγραφή της κατασκευής των υπολογιστικών παραθύρων, καθώς και επεξήγηση μερικών κομματιών του υπολογιστικού κώδικα. Τέλος παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού στην τελευταία σελίδα του προγράμματος.

Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο που αναφέρεται στις επεξηγήσεις των αιτιών για προβλήματα στις φυγοκεντρικές αντλίες. Παρουσιάζονται τα αίτια, σύμφωνα με τον κατάλογο που έχει δοθεί, μαζί με τις οδηγίες, ώστε ο χρήστης του προγράμματος να οδηγηθεί στη λύση του προβλήματος. Στην αρχή παρουσιάζονται προβλήματα που αφορούν κατασκευαστικά σφάλματα αντλιών,στη συνέχεια σφάλματα εγκατάστασης καθώς και προβλήματα λόγω κακής συντήρησης και τελικά τα προβλήματα που αφορούν τη λανθασμένη λειτουργία της αντλίας.

Στη συνέχεια το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται σε τέσσερα πραγματικά προβλήματα αντλιών και γίνεται επεξήγηση του τρόπου με τον οποίο το υπολογιστικό πρόγραμμα χρησιμοποιείται για την αντιμετώπισή τους. Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν ότι το πρόγραμμα με σωστές επιλογές φτάνει στη λύση και βοηθάει τους μηχανικούς και τους καταναλωτές.

Τέλος, στον επίλογο της εργασίας, καταγράφονται τα γενικά συμπεράσματα που αποκομίστηκαν, αλλά και οι προοπτικές που παρέχονται για περαιτέρω ανάπτυξη και ολοκλήρωση του υπολογιστικού προγράμματος “Φυγοκεντρικές Αντλίες”.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Φυγοκεντρικές Αντλίες

2. ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

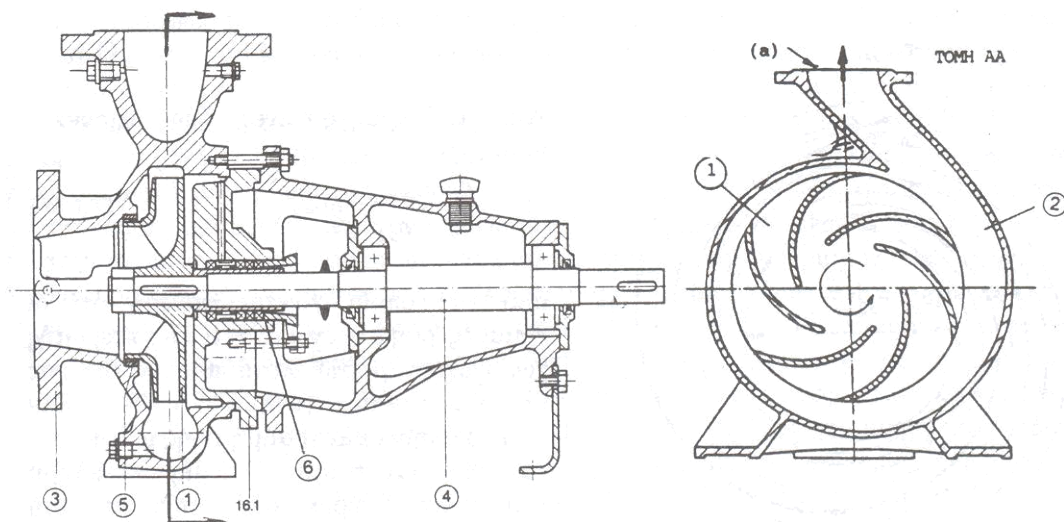
Σκοπός των αντλιών είναι η διακίνηση υγρών όπως νερού, λαδιού, παραγώγων του πετρελαίου, γάλακτος κλπ. από μία δεξαμενή σε μία άλλη που βρίσκεται σε μεγαλύτερη συνήθως στάθμη από την πρώτη. Ως δεξαμενή μπορεί να θεωρηθεί μία λίμνη, ένας ποταμός, δοχείο πίεσης κλπ. Στην γενική περίπτωση η διακίνηση του υγρού μεταξύ των δύο δεξαμενών γίνεται μέσω σωλήνωσης στην οποία παρεμβάλλεται η αντλία: η διατομή εισόδου (αναρρόφησης) συνδέεται προς την πλευρά της δεξαμενής από την οποία γίνεται η αναρρόφηση και η διατομή εξόδου (κατάθλιψη) με την δεξαμενή προς την οποία καταθλίβεται το υγρό. Η αντλία προσδίδει ενέργεια στο υγρό η οποία αντιστοιχεί στην ενεργειακή αναβάθμιση του υγρού μεταξύ δεξαμενής κατάθλιψης και δεξαμενής αναρρόφησης (λόγω διαφοράς στάθμης και διαφοράς στατικής πίεσης) και στην ενέργεια που δαπανάται λόγω των υδραυλικών απωλειών που αναπτύσσονται στην σωλήνωση μέσω της οποίας γίνεται η διακίνηση του υγρού.

2.1. Τεχνική περιγραφή αντλιών

Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο πλήθος εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων και των ακόλουθων: παροχή νερού και άρδευσης, συγκροτήματα παραγωγής ενέργειας, έλεγχος πλημμυρών, βιομηχανίες τροφίμων, χημικές βιομηχανίες, βιομηχανίες κατεργασίας υφάσματος και δέρματος, οικιακές συσκευές, ορυχεία και επεξεργασία μεταλλευμάτων, μεταφορές υγρών – στερεών μειγμάτων, περιβαλλοντολογικοί έλεγχοι, διαστημόπλοια, αεροπλάνα και αυτοκίνητα. Η λίστα θα μπορούσε να συμπεριλάβει και πολλές άλλες εφαρμογές.

Λόγω του μεγάλου φάσματος εφαρμογών τους, οι φυγοκεντρικές αντλίες κατασκευάζονται σε ποικιλία μεγεθών και σε ποικιλία χαρακτηριστικών απόδοσης. Γενικά μπορούμε να τις ταξινομήσουμε σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες με βάση τα κατασκευαστικά και τα λειτουργικά γνωρίσματα.

Η διαμόρφωση της αντλίας του σχήματος 2.1 αποτελεί την πλέον συνηθισμένη διαμόρφωση αντλίας γενικής χρήσεως και η οποία είναι τυποποιημένη για σχετικά μικρά μεγέθη. Τα κύρια μέρη μιας τέτοιας αντλίας είναι η πτερωτή (1), το σπειροειδές κέλυφος (2), η διατομή εισόδου (3), η άτρακτος (4), ο λαβύρινθος (5), ο στυπιοθλίπτης (6) και η διατομή εξόδου (a).



- | | |
|--------------------|------------------------|
| 1. Πτερωτή | 2. Σπειροειδές κέλυφος |
| 3. Διατομή εισόδου | 4. Άτρακτος |
| 5. Λαβύρινθος | 6. Στυπιοθλίπτης |

Σχήμα 2.1 Τυπική διαμόρφωση συνηθισμένης αντλίας με την πτερωτή σε πρόβολο.

2.1.1. Λειτουργικά χαρακτηριστικά

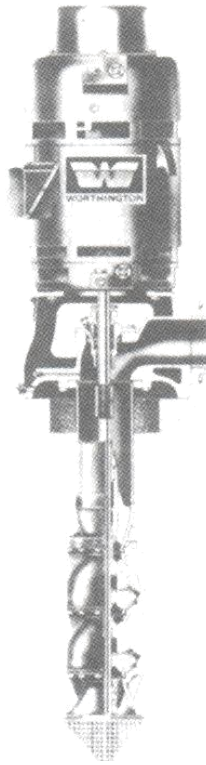
Σε πολλές περιπτώσεις, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μίας αντλίας καθορίζονται από τη χρήση της αντλίας. Για παράδειγμα, όταν το νερό πρέπει να αντληθεί από μια βαθιά υπόγεια πηγή, τότε χρησιμοποιούνται βαθέως-φρέατος αντλίες (σχήμα 2.2). Αυτές οι αντλίες μπορούν να εγκατασταθούν σε σχετικά μικρής διαμέτρου πηγάδια, αλλά είναι ικανές να παρέχουν μεγάλες σχετικά ταχύτητες ροής.

Όταν μια αντλία πρέπει να χρησιμοποιηθεί για ζεστά υγρά, το κέλυφός της τοποθετείται συνήθως στο κέντρο της (σχήμα 2.10), για να αντισταθμισθεί η διαφορά της θερμικής εκτόνωσης της αντλίας και του μεταδότη κίνησης.

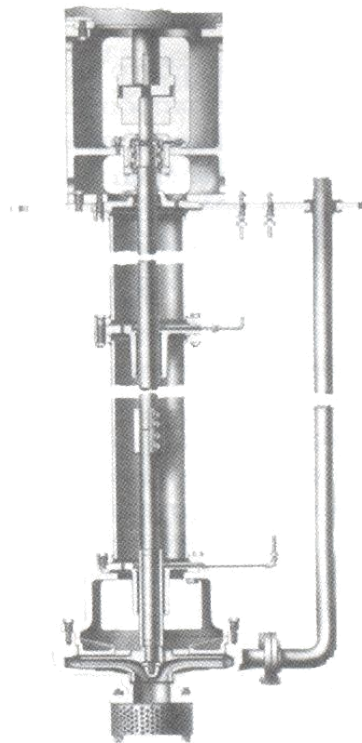
Οι κάθετες αντλίες συνήθως χρησιμοποιούνται για το χειρισμό μεταγγίσεων (σχήμα 2.3). Αυτές τοποθετούνται επάνω από υπόγεια κανάλια – υπονόμους. Το άκρο άντλησης βυθίζεται στο υγρό και ο μεταδότης κίνησης βρίσκεται επάνω από το έδαφος.

Για τη χρήση υγρών που περιέχουν μεγάλες ποσότητες στερεών υλικών, χρησιμοποιούνται αντλίες με πολύ βραδεία στροφεία (σχήματα 2.5 και 2.6), για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος έμφραξης.

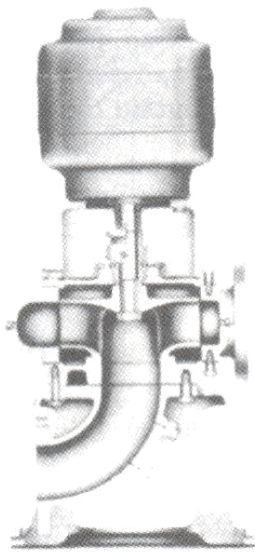
Μερικές φορές, η χρήση για την οποία πρέπει να επιλεγεί μια αντλία επιβάλλει ορισμένες ειδικές απαιτήσεις που έχουν σχέση με τη διάταξη στεγανοποίησης. Σε άλλες περιπτώσεις, η υδάτινη οδός πρέπει να κατασκευασθεί με ειδικά υλικά, ώστε να αποφευχθεί η διάβρωση ή το “φάγωμα” από αυτή από το αντλούμενο υγρό. Και εδώ η λίστα είναι μεγάλη.



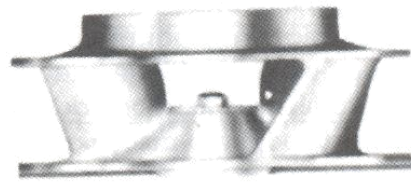
Σχήμα 2.2 Πολλαπλών βαθμίδων, κάθετης βαθέως φρεατίου αντλία.



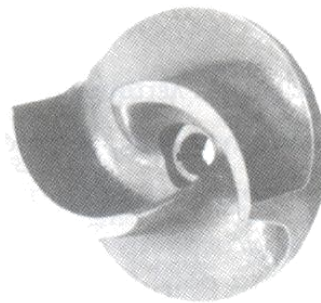
Σχήμα 2.3 Κάθετη, υγρού άκρου αντλία.



Σχήμα 2.4 Κάθετη αντλία στεγνού άκρου για εργασίες αποχέτευσης.



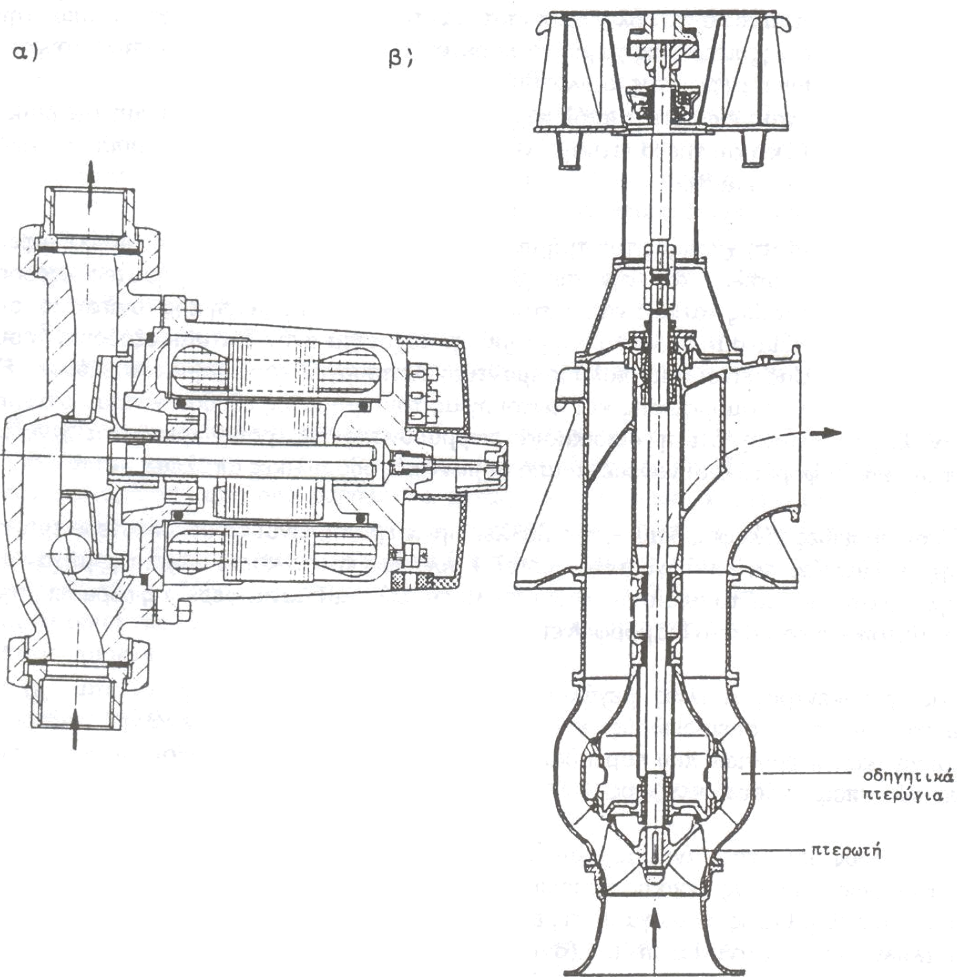
Σχήμα 2.5 Κλειστού τύπου στροφείο για αντλίες αποχέτευσης.



Σχήμα 2.6 Ημιανοικτό στροφείο για αντλίες αποχέτευσης.

Η διαμόρφωση της αντλίας του σχήματος 2.1 αποτελεί την πλέον συνήθη διαμόρφωση αντλίας γενικής χρήσεως και η οποία είναι τυποποιημένη για σχετικά μικρά μεγέθη. Όμως ανάλογα με τις εφαρμογές συναντώνται και άλλες διαμορφώσεις αντλιών, όπως οι αντλίες in-line (σχήμα 2.7α) και οι κατακόρυφες αντλίες βαθέων φρεάτων (σχήμα 2.7β). Στις πρώτες, η διατομή εισόδου e της αντλίας διαμορφώνεται ομοαξονικά με την διατομή εξόδου a , έτσι ώστε να είναι εύκολη η τοποθέτηση της αντλίας σε μία ευθύγραμμη σωληνογραμμή. Η διαμόρφωση αυτή συναντάται συχνά στην περίπτωση κυκλοφορητών και αντλιών για την χημική βιομηχανία. Η βασική διαφορά της αντλίας in-line με την κλασική αντλία του σχήματος 2.1 έγκειται στην διαμόρφωση του τμήματος εισόδου το οποίο έχει την μορφή διπλού ημισπειροειδούς κελύφους. Οι αντλίες βαθέων φρεάτων (σχήμα 2.7β) προορίζονται για την άντληση νερού από γεώτρηση και για τον λόγο αυτό πρέπει η εξωτερική διάμετρος να είναι κατά το δυνατό μικρή ώστε να είναι δυνατή η εμβάπτιση τους στο μικρής διαμέτρου γεώτρησης. Η διάταξη των αντλιών

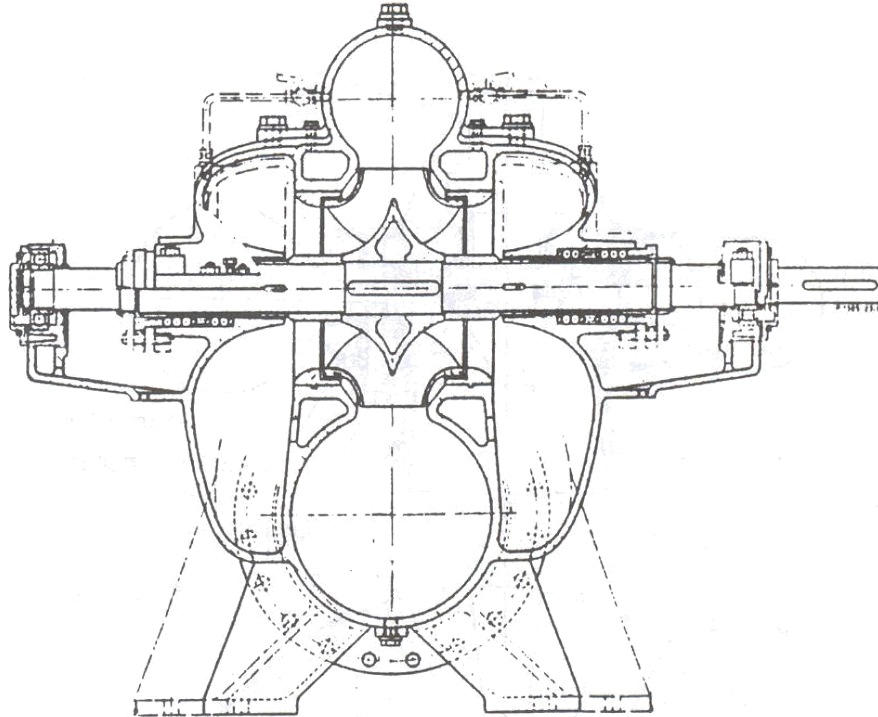
αυτών είναι πάντοτε κατακόρυφη, η άτρακτος μεγάλου μήκους και η βασική διαφορά σε σχέση με την κλασική διαμόρφωση του σχήματος 2.1 είναι για το τμήμα εξόδου, μέσω του οποίου αφαιρείται η συστροφή του υγρού και ανακτάται μέρος της κινητικής ενέργειας σε στατική πίεση, εγκαταλείπεται η διαμόρφωση του σπειροειδούς κελύφους και διαμορφώνεται στεφάνη οδηγητικών πτερυγίων με σκοπό την κατά το δυνατό μείωση εξωτερικής διαμέτρου της μηχανής. Την ίδια διάταξη έχουν και οι αντλίες αξονικής ροής (στεφάνη οδηγητικών πτερυγίων και όχι σπειροειδές κέλυφος).



Σχήμα 2.7 α) Τυπική διαμόρφωση φυγοκεντρικής αντλίας in-line.
β) Τυπική διαμόρφωση αντλίας βαθέων φρεάτων.

Μια σχετικά σπάνια διαμόρφωση αντλίας είναι η αντλία διπλής αναρρόφησης (σχήμα 2.8). Πρόκειται για αντλία με δύο ταυτόσημες πτερωτές ακτινικής ροής που είναι διαμορφωμένες πλάτη με πλάτη, κάθε μία από τις οποίες διακινεί το μισό της παροχής της αντλίας. Με το τρόπο αυτό αποφεύγεται η κατασκευή αντλίας με μία πτερωτή η οποία θα αντιστοιχούσε σε πτερωτή μεικτής ροής, της οποίας η καμπύλη λειτουργίας έχει ορισμένα μη επιθυμητά χαρακτηριστικά. Το τμήμα εξόδου των αντλιών διπλής

αναρρόφησης είναι κοινό και για τις δύο πτερωτές και δεν διαφέρει από αυτό απλής αντλίας. Όμως κάθε μία πτερωτή έχει το δικό της τμήμα εισόδου, μορφής ημισπειροειδούς κελύφους (όπως και στις αντλίες in-line) και το οποίο περιβάλλει την άτρακτο της αντλίας.



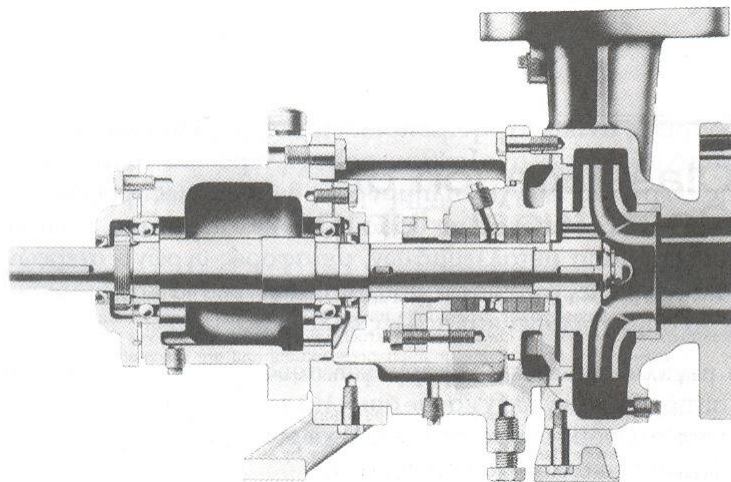
Σχήμα 2.8 Αντλία διπλής αναρρόφησης.

2.1.2. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

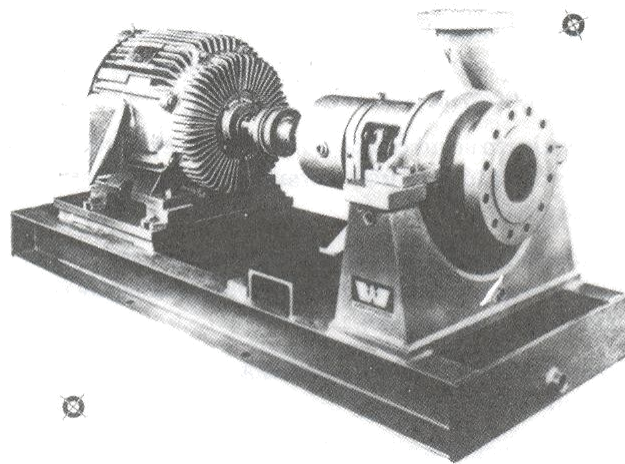
- Μια αντλία πρέπει να αποτελείται από ένα στροφέιο που θα λειτουργεί εντός κελύφους (θάλαμο) το οποίο έχει χυτά προσαρμοσμένες ένα ακροφύσιο αναρρόφησης και άλλο ένα εξαγωγής (σχήματα 2.9/2.14).
- Μπορεί και να αποτελείται από διάφορα στροφέια εγκατεστημένα σε έναν άξονα και να λειτουργεί εντός κελύφους με δύο χωριστούς θαλάμους, οι οποίοι όμως είναι ομόκεντροι (θάλαμοι) (σχήμα 2.15).
- Μπορεί και να αποτελείται, επίσης από διαφορετικά στροφέια εγκατεστημένα σε κοινό άξονα που λειτουργούν εντός ίσου αριθμού κελυφών συναρμολογημένα σε μια συσκευή (σχήματα 2.16 και 2.2).

- Ο κεντρικός άξονας μπορεί να είναι οριζόντιος (σχήματα 2.9/2.12 και 2.14/2.16) ή μπορεί να έχει κάθετο προσανατολισμό (σχήματα 2.13 και 2.2/2.4).
- Το κέλυφος κάθε στροφείου μπορεί να αποτελείται από σπειροειδές ή παρατεταγμένους εν σειρά διαχυτήρες (σχήματα 2.16 και 2.2).
- Το ακροφύσιο αναρρόφησης μπορεί να είναι ομόκεντρο με τον κεντρικό άξονα της αντλίας (σχήματα 2.9/2.11) ή κάθετο στον άξονα (σχήματα 2.12).
- Το στροφείο μπορεί να είναι όλο χυτό με κλειστούς και τους δύο επίτονους (κλειστό στροφείο, σχήμα 2.5) ή μπορεί να είναι χυτό με ένα επίτονο (ημι- ανοικτό στροφείο, βλέπε σχήμα 2.6).
- Το στροφείο μπορεί να έχει ένα ακροφύσιο αναρρόφησης (Σχήματα 2.9/2.13) ή δύο ακροφύσια αναρρόφησης (σχήμα 2.14).

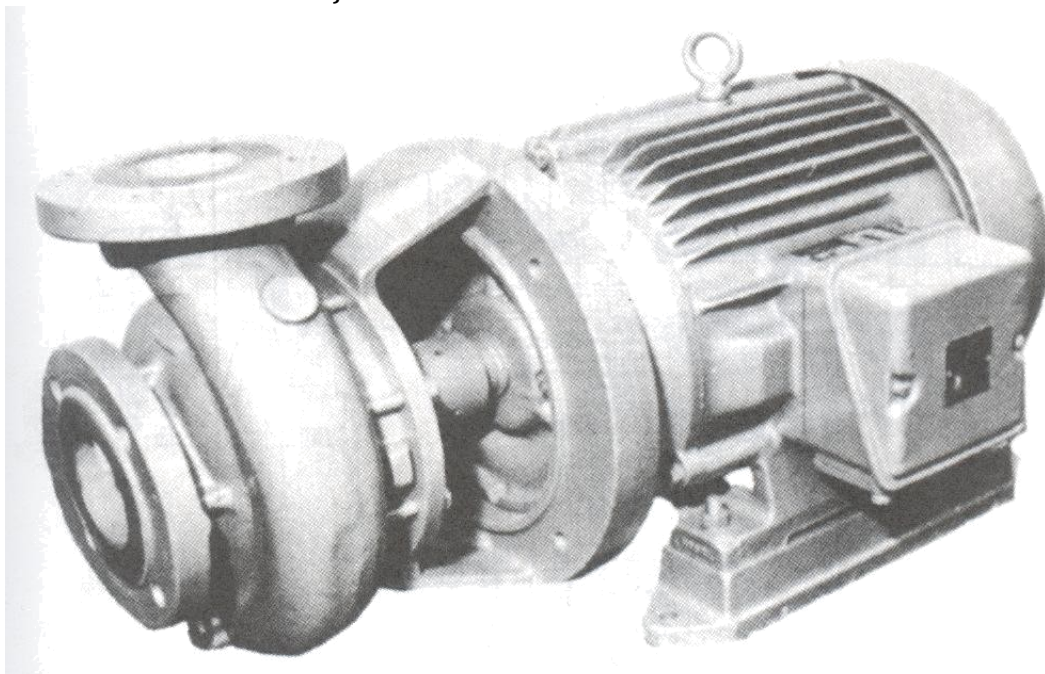
Η λίστα μπορεί να συνεχισθεί ατελείωτα. Οι περισσότερες φυγοκεντρικές αντλίες ανήκουν τουλάχιστον σε ένα είδος από τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.



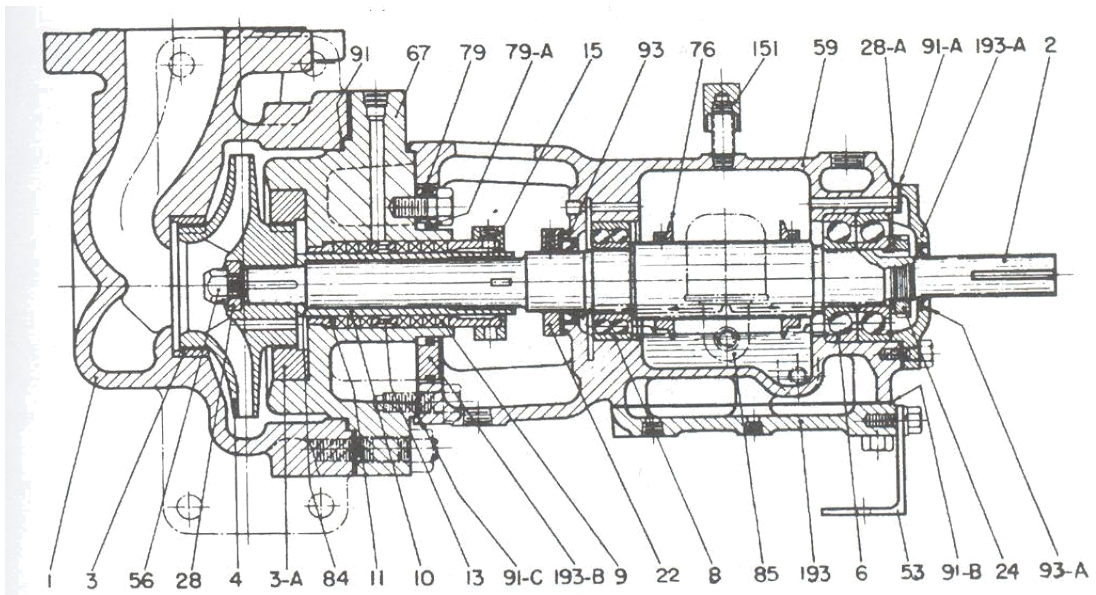
Σχήμα 2.9 Οριζόντια, μίας βαθμίδος, ενός σημείου αναρρόφησης, πλαισιωμένη αντλία.



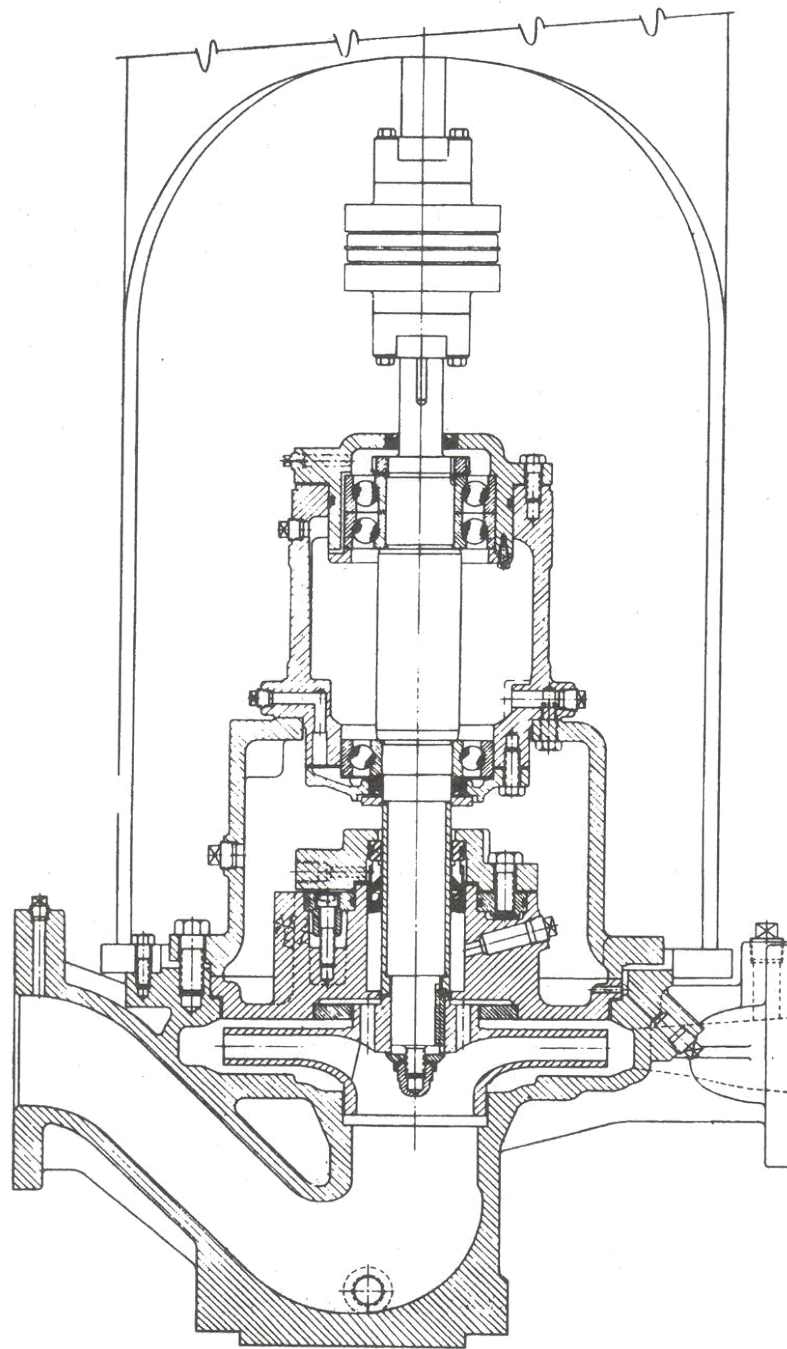
Σχήμα 2.10 Οριζόντια, μίας βαθμίδος κεντρικής εγκατάστασης αντλίας.



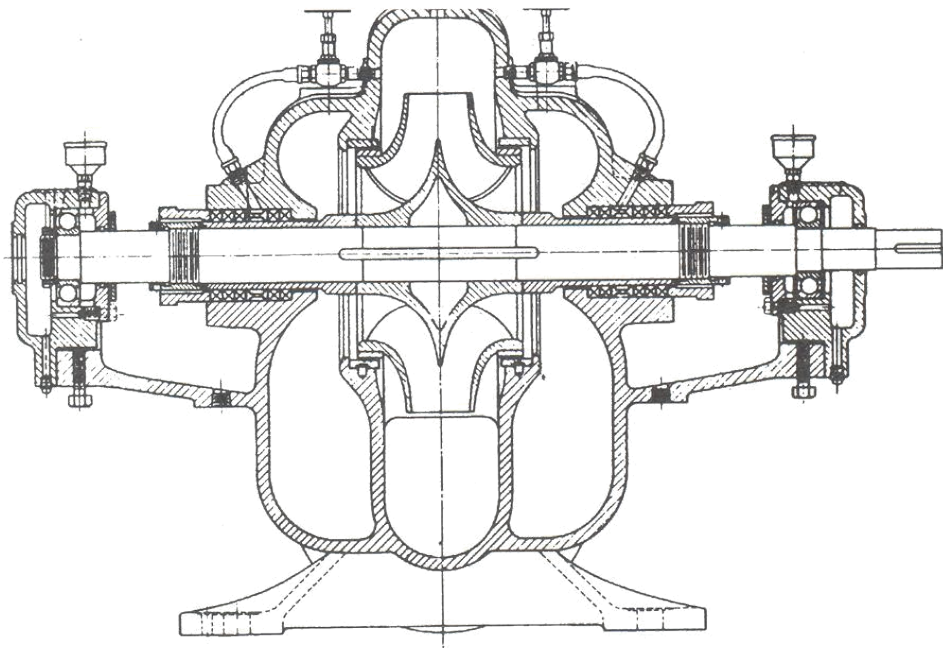
Σχήμα 2.11 Κοντινής σύνδεσης αντλία.



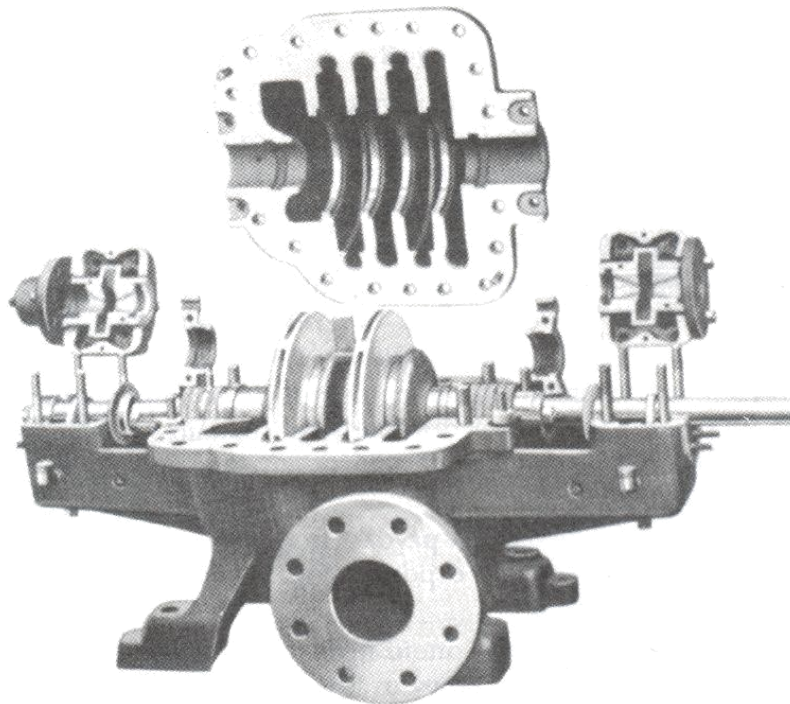
Σχήμα 2.12 Οριζόντια, μίας βαθμίδος, πλαϊνής αναρρόφησης αντλία.



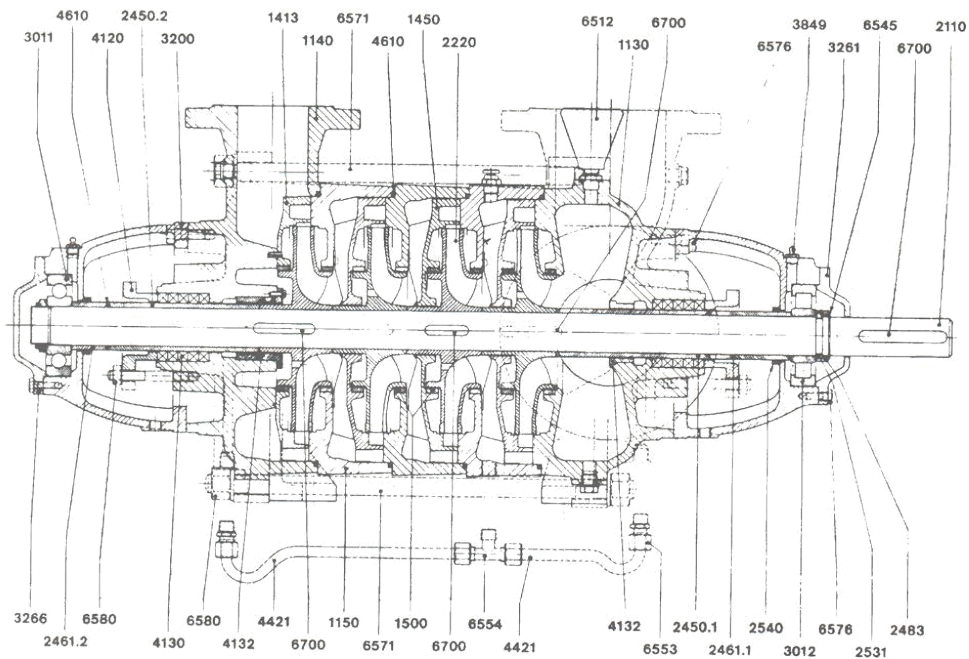
Σχήμα 2.13 Μίας βαθμίδος, κάθετου προσανατολισμού αντλία.



Σχήμα 2.14 Οριζόντια, χωριστών θαλάμων, διπλής αναρρόφησης στροφέιου, αντλία.



Σχήμα 2.15 Πολλαπλών βαθμίδων, διαχωριζόμενου κελύφους, αντλία.



Σχήμα 2.16 Πολυβάθμια αντλία.

2.2. Βασικές εξισώσεις

Χάριν απλότητας εξετάζεται η περίπτωση αντλίας με πτερωτή καθαρά ακτινικής μορφής (σχήμα 2.17), τουλάχιστον στην περιοχή εξόδου, έτσι ώστε για την ανάλυση να μην είναι ανάγκη να γίνει διακριτοποίηση σε μερικές πτερωτές (Παπαντώνης 2002).

Στην συνέχεια η ταχύτητα περιστροφής της πτερωτής ω (rad/sec) θεωρείται σταθερή.

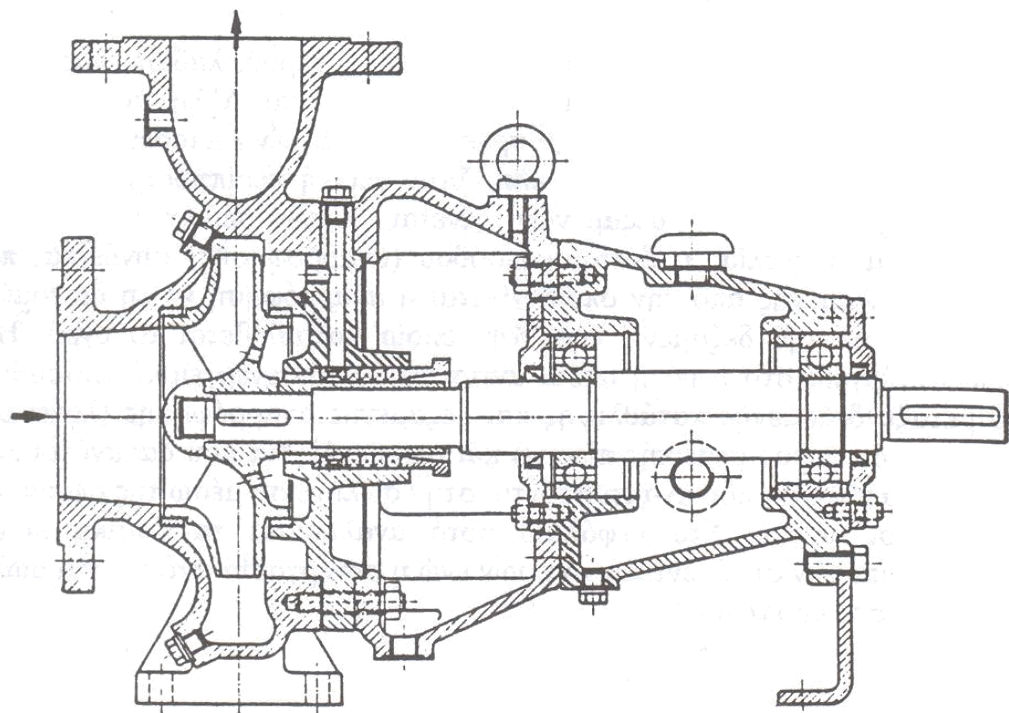
Η ανά μονάδα μάζας ενέργεια H που παραλαμβάνει το υγρό από την αντλία, εκφρασμένη σε μέτρα στήλης του υγρού (mΣΥ), ονομάζεται πραγματικό ολικό ύψος της αντλίας, και είναι ορίζεται ως η διαφορά της ολικής ενέργειας της μονάδας μάζας του υγρού, εκφρασμένη σε μονάδες στήλης υγρού, μεταξύ της διατομής κατάθλιψης και της διατομής αναρρόφησης, δηλ.:

$$H = H_{oa} - H_{oe} = \frac{c_e^2}{2g} + \frac{P_e}{\rho g} + z_e - \left(\frac{c_a^2}{2g} + \frac{P_a}{\rho g} + z_a \right) \quad (2.1)$$

όπου με e συμβολίζεται η συμβατική διατομή εισόδου (διατομή αναρρόφησης) της αντλίας και με a η συμβατική διατομή εξόδου (διατομή κατάθλιψης).

Συμβολίζοντας με Q την παροχή όγκου που διακινείται από την αντλία, η θεωρητική ισχύς N_i , δηλ. η ανά μονάδα χρόνου ενέργειας που παραλαμβάνεται από το διερχόμενο υγρό, είναι ίση προς:

$$N_i = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (2.2)$$



Σχήμα 2.17 Τομή τυπικής μονοβάθμιας φυγοκεντρικής αντλίας με την πτερωτή σε πρόβολο.

Η πραγματική ισχύς N που απορροφάται από τον κινητήρα της αντλίας για την διακίνηση της παροχής Q και την πρόσδοση ενέργειας H ανά μονάδα μάζας του υγρού θα είναι μεγαλύτερη από αυτή που παραλαμβάνεται από το υγρό, δηλ. την N_i , κατά τις διάφορες απώλειες που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό της αντλίας κατά την λειτουργία της. Ορίζεται λοιπόν ο ολικός βαθμός απόδοσης της αντλίας ως:

$$\eta = \frac{N_i}{N} \quad (2.3)$$

έτσι ώστε να είναι $\eta < 1$.

Η ροπή M_u που αναπτύσσεται στην πτερωτή και η περιφερειακή ισχύς N_u που αντιστοιχεί υπολογίζεται από το θεώρημα της ροπής της ορμής (ή της συστροφής):

$$N_u = \omega \cdot M_u \quad (2.4)$$

Δεδομένου ότι πρόκειται για ασυμπίεστο ρευστό (υγρό), η περιφερειακή ισχύς N_u μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$N_u = \gamma \cdot Q_u \cdot H_u \quad (2.5)$$

σχέση από την οποία ορίζεται το θεωρητικό ύψος H_u , το οποίο εκφράζει την ανά μονάδα μάζας ενέργεια του υγρού, εκφρασμένη σε m στήλης του υγρού, και η οποία μετατρέπεται από μηχανική ενέργεια σε ενέργεια του υγρού. Από τον συνδυασμό των εξισώσεων $N_u = \omega \cdot M_u = \dot{m}_u \cdot (u_1 \cdot c_{u1} - u_2 \cdot c_{u2})$ και $N_u = \gamma \cdot Q_u \cdot H_u$ το H_u εκφράζεται ως εξής:

$$H_u = \frac{u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}}{g} = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_1^2}{2g} \quad (2.6)$$

Πρόκειται για την εξίσωση Euler των στροβιλομηχανών. Η ολική ενέργεια την οποία παραλαμβάνει το υγρό από την πτερωτή θα είναι ίση προς:

$$H_u = H_{o2} - H_{o1} + \delta h_{f12} \quad (2.7)$$

Από την εξίσωση της συνέχειας και για $\rho = \text{σταθ.}$ προκύπτει:

$$Q_u = (\pi D_1 - z s_1) b_1 c_{n1} = (\pi D_2 - z s_2) b_2 c_{n2}$$

στην οποία συμβολίζονται με

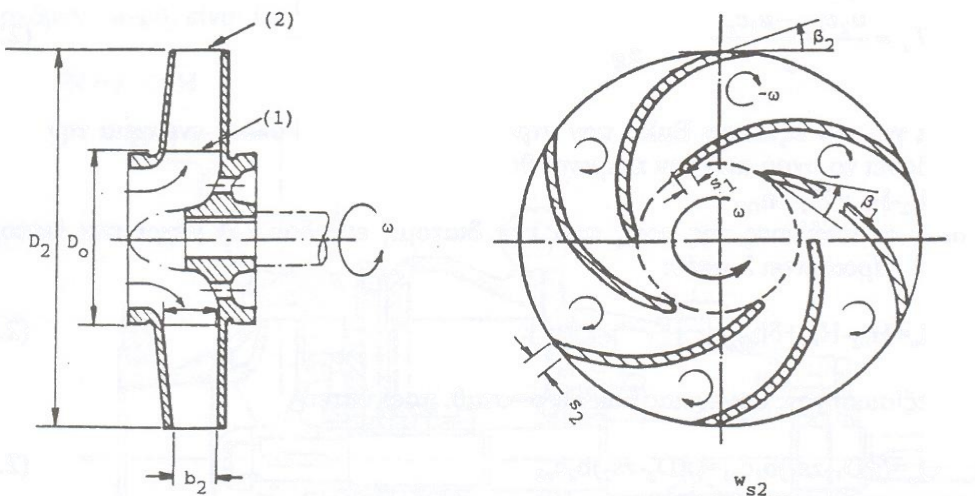
- Q_u η παροχή του όγκου που διέρχεται από την πτερωτή
- z το πλήθος των πτερυγίων της πτερωτής
- s_1 και s_2 η προβολή του πάχους του πτερυγίου στις επιφάνειες εισόδου και εξόδου αντίστοιχα
- b_1 και b_2 το πλάτος της πτερωτής και

- c_{n1}, c_{n2} η ορθή συνιστώσα της ταχύτητας στις διατομές εισόδου και εξόδου αντίστοιχα.

Στην περίπτωση όπου οι επιφάνειες εισόδου και εξόδου είναι ακτινικές η ορθή συνιστώσα της ταχύτητας είναι και ακτινική, δηλ.

$$c_{n1} = c_{r1} \text{ και } c_{n2} = c_{r2}$$

Με δεδομένη την γεωμετρία της πτερωτής, την ταχύτητα περιστροφής και το σημείο λειτουργίας, δηλ. την παροχή Q_u , είναι δυνατή η χάραξη των τριγώνων ταχυτήτων στις διατομές εισόδου και εξόδου.



Σχήμα 2.18 Τυπική πτερωτή ακτινικής ροής.

Στην πραγματική πτερωτή, αυτή δηλ. που έχει με πεπερασμένο πλήθος πτερυγίων, το ρευστό, στο διάκενο μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων, έχει δυνατότητα εκδήλωσης της αδράνειάς του και δεν παραλαμβάνει όλη την συστροφή που θα του έδινε η ιδεατή πτερωτή και έτσι εξέρχεται περισσότερο ακτινικά, δηλ. με μικρότερη περιφερειακή συνιστώσα c_{u2} . Για την πραγματική πτερωτή θα είναι λοιπόν: $c_{u2} < c'_{u2}$ και άρα:

$$H_u < H_{ui}$$

Ο λόγος:

$$\eta_i = \frac{H_u}{H_{ui}} = \frac{c_{u2}}{c'_{u2}} \quad (2.9)$$

καλείται ιδεατός βαθμός απόδοσης της πτερύγωσης και εκφράζει την δυνατότητα πρόσδοσης ενέργειας της πραγματικής πτερωτής σε σύγκριση με την αντίστοιχη ιδεατή. Από την προηγούμενη ποιοτική ανάλυση είναι προφανές ότι η τιμή του η_i θα πλησιάζει τόσο

περισσότερο στην μονάδα όσο μεγαλύτερο το πλήθος z των πτερυγίων. Η τιμή του η εκτός από το πλήθος z των πτερυγίων εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, και για τις συνήθεις πτερωτές αντλιών κυμαίνεται μεταξύ του: $\eta = 0,70-0,75$. Πρέπει να τονισθεί ότι η έννοια του ιδεατού βαθμού απόδοσης δεν πρέπει να συγχέεται με το εάν το υγρό θεωρείται ως ιδεατό ή όχι και ότι συνδέεται μόνο με την μορφή της πτερωτής.

Από την προηγούμενη ανάλυση μπορεί να συναχθεί ότι σε μία πραγματική πτερωτή οι συνθήκες ροής, δηλ. το μέτρο και η κλίση της ταχύτητας, στην διατομή εξόδου θα πρέπει να μεταβάλλονται στο τόξο μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων. Η μεταβολή του τριγώνου εξόδου είναι πολύ πιο έντονη εάν επιπλέον ληφθούν υπόψη φαινόμενο συνεκτικότητας, δηλ. των οριακών στρωμάτων που αναπτύσσονται στις επιφάνειες των πτερυγίων. Για τους λόγους αυτούς με τον όρο τριγώνου εξόδου εννοείται στην συνέχεια το μέσο τρίγωνο στο τόξο μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων.

2.3. Η αντλητική εγκατάσταση

Στην γενική περίπτωση η διακίνηση υγρών μέσω σωλήνωσης γίνεται από μία δεξαμενή, την δεξαμενή αναρρόφησης, προς μία άλλη, την δεξαμενή κατάθλιψης, που βρίσκεται σε μεγαλύτερη στάθμη και στην οποία επικρατεί η ίδια ή μεγαλύτερη στατική πίεση από αυτή στην δεξαμενή αναρρόφησης (Παπαντώνης, 2002). Η έννοια της δεξαμενής έχει εδώ ευρεία έννοια και μπορεί να είναι μία λίμνη, ένας ποταμός κλπ. Στην γενική λοιπόν περίπτωση το υγρό στην δεξαμενή κατάθλιψης έχει μεγαλύτερη ολική ενέργεια ανά μονάδα μάζας από όση είχε στην δεξαμενή αναρρόφησης. Η επιπλέον αυτή ενέργεια προσδίδεται στο υγρό από την αντλία η οποία πρέπει επιπρόσθετα να καλύψει την απώλεια ενέργειας που λαμβάνει χώρα κατά την διακίνηση του υγρού μέσω της σωλήνωσης. Η εγκατάσταση που περιλαμβάνει την αντλία, τις σωληνώσεις από την δεξαμενή αναρρόφησης μέχρι την δεξαμενή κατάθλιψης, τον χώρο αναρρόφησης και κατάθλιψης και τα σχετικά εξαρτήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια, λειτουργίας και συντήρηση ονομάζεται αντλητική εγκατάσταση.

Στο σχήμα 2.19 δίνεται σχηματικά απλή αντλητική εγκατάσταση στην οποία η αντλία αντλεί το υγρό από την δεξαμενή αναρρόφησης Ε και το καταθλίβει στην δεξαμενή κατάθλιψης Α. Έστω z_E και z_A η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού στις δεξαμενές αναρρόφησης και κατάθλιψης αντίστοιχα μετρημένες από κοινή στάθμη αναφοράς που συνήθως είναι η στάθμη της θάλασσας για τις μεγάλες αντλητικές εγκαταστάσεις. Στην περίπτωση της αντλητικής εγκατάστασης του σχήματος και οι δύο δεξαμενές, αναρρόφησης και κατάθλιψης, βρίσκονται υπό την αυτή στατική πίεση, την ατμοσφαιρική H_B (εκφρασμένη σε m στήλης του υγρού). Το τμήμα της σωλήνωσης από την δεξαμενή αναρρόφησης μέχρι της διατομής εισόδου e της αντλίας ονομάζεται σωλήνωση αναρρόφησης, ενώ το τμήμα της σωλήνωσης από την διατομή a εξόδου της αντλίας μέχρι την δεξαμενή κατάθλιψης ονομάζεται σωλήνωση κατάθλιψης.

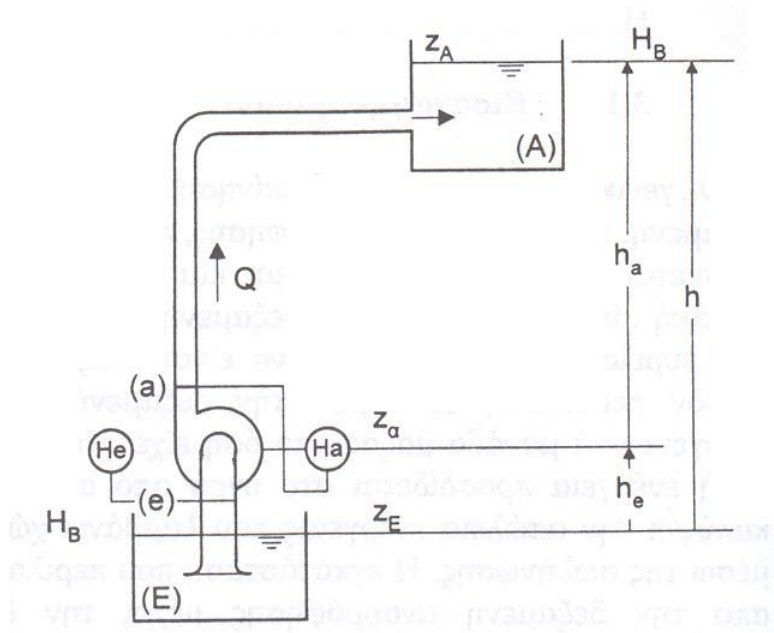
Ως στάθμη της αντλίας z_α συμβολίζεται η στάθμη της ατράκτου της αντλίας εάν αυτή είναι οριζόντια ή η στάθμη της διατομής εισόδου στην πτερωτή εάν αυτή είναι κατακόρυφη. Φυσικά η στάθμη z_α μετράται ως προς την ίδια στάθμη αναφοράς με την οποία μετρήθηκαν οι στάθμες z_E και z_A .

Ως γεωμετρικό ύψος αναρρόφησης h_e ορίζεται η υψομετρική διαφορά:

$$h_e = z_\alpha - z_E \quad (2.10)$$

και θα είναι θετικό εάν $z_\alpha > z_E$, δηλ. όταν η στάθμη της αντλίας είναι μεγαλύτερη από την στάθμη της δεξαμενής αναρρόφησης. Ως γεωμετρικό ύψος κατάθλιψης h_α ορίζεται η υψομετρική διαφορά:

$$h_\alpha = z_A - z_\alpha \quad (2.11)$$



Σχήμα 2.19 Σχηματική διάταξη απλής αντλητικής εγκατάστασης.

Τέλος ως γεωμετρικό ύψος ανύψωσης h ορίζεται η διαφορά στάθμης μεταξύ της δεξαμενής κατάθλιψης και της δεξαμενής αναρρόφησης και το οποίο είναι ανεξάρτητο της στάθμης τοποθέτησης της αντλίας:

$$h = z_A - z_E = h_e + h_\alpha \quad (2.12)$$

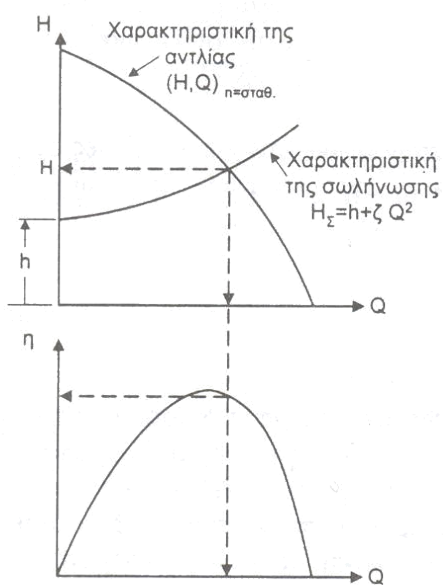
Έστω H_e και H_α η στατική πίεση (εκφρασμένη σε m στήλης του υγρού) στις διατομές εισόδου και εξόδου της αντλίας αντίστοιχα, ανηγμένες στην στάθμη αναφοράς της αντλίας. Οι στατικές αυτές πιέσεις μετρώνται (συνήθως) με μανόμετρα τοποθετημένα στην στάθμη z_α της αντλίας όπως σχηματικά φαίνεται στο σχήμα 2.19. Προφανώς θα ισχύει: $H = p/\rho g$, όπου ρ η πυκνότητα του υγρού.

2.4. Χαρακτηριστικές καμπύλες

Για την διακίνηση παροχής Q μέσω της δεδομένης αντλητικής εγκατάστασης (όπως σχήμα 2.19), το υγρό ανά μονάδα μάζας πρέπει να περιλαμβάνει ενέργεια H που περιγράφεται από την εξίσωση (2.13):

$$H = H_{\Sigma} = h + \zeta_{EA} \cdot Q^2 \quad (2.13)$$

Η εξ. (2.13) εκφράζει την χαρακτηριστική της σωλήνωσης, δηλ. την ανά μονάδα μάζας ενέργεια H_{Σ} που πρέπει να προσδίδεται στο υγρό ώστε να μπορεί να διακινηθεί με παροχή Q μέσω της εξεταζόμενης σωλήνωσης (γι' αυτό ο δείκτης Σ). Η ενέργεια αυτή H_{Σ} είναι ίση προς την ενέργεια h κατά την οποία αυξάνεται η ανά μονάδα μάζας ενέργειά του και την ενέργεια \mathcal{E}_{fEA} που δαπανάται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης.



Σχήμα 2.20 Σημείο λειτουργίας αντλητικής εγκατάστασης.

Το σημείο λειτουργίας της αντλητικής εγκατάστασης, με δεδομένη την χαρακτηριστική (H, Q) της αντλίας, δηλ. η διακινούμενη παροχή Q , θα είναι αυτή για την οποία η ενέργεια $H=f(Q)$ που προσδίδει η αντλία είναι ίση με αυτή που απαιτείται για την διακίνηση της παροχής στην αντλητική εγκατάσταση και η οποία περιγράφεται από την χαρακτηριστική της σωλήνωσης $H_{\Sigma}=f(Q)$. Άρα το σημείο λειτουργίας της δεδομένης αντλητικής εγκατάστασης, που περιγράφεται από την χαρακτηριστική της σωλήνωσης, με την δεδομένη αντλία, που περιγράφεται από την χαρακτηριστική της αντλίας, θα προκύπτει ως το σημείο τομής της χαρακτηριστικής (H, Q) της αντλίας με την χαρακτηριστική (H_{Σ}, Q) της σωλήνωσης (σχήμα 2.20α).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, το σημείο λειτουργίας αντλητικής εγκατάστασης εξαρτάται τόσο από την διαμόρφωση της

αντλητικής εγκατάστασης, όπως εκφράζεται μέσω της χαρακτηριστικής της σωλήνωσης, όσο και από την αντλία, όπως εκφράζεται από την χαρακτηριστική λειτουργίας της (H, Q). Από την χαρακτηριστική του ολικού βαθμού απόδοσης (η, Q) της αντλίας και για το σημείο λειτουργίας, δηλ. την διακινούμενη παροχή Q , προκύπτει η τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης η με τον οποίο θα λειτουργεί η αντλία (σχήμα 2.20β) και από αυτόν η μηχανική ισχύς N την οποία απορροφά η αντλία από τον κινητήρα της:

$$N = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta} \quad (2.14)$$

Στο σύστημα MKS η παροχή Q εκφράζεται σε m^3 / sec , το ολικό ύψος H σε mΣΥ, το ειδικό βάρος του υγρού γ εκφράζεται από την ισότητα $\gamma = \rho g$, όπου ρ η πυκνότητα του υγρού σε Kg (μάζα) / m^3 και $g \approx 9,81 m / sec^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι αδιάστατος. Η ισχύς N εκφράζεται συνήθως σε KW . Μονάδες ισχύος όπως ο ίππος (HP) έχουν σχεδόν εγκαταλειφθεί. Η πυκνότητα κάθε υγρού λαμβάνεται από πίνακες ως συνάρτηση της θερμοκρασίας του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Υπολογιστικό Πρόγραμμα

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Το υπολογιστικό πρόγραμμα που παρουσιάζεται παρακάτω έχει ως σκοπό την εύρεση και επίλυση προβλημάτων των φυγοκεντρικών αντλιών, καθώς και την εύρεση της χαρακτηριστικής καμπύλης της σωλήνωσης της αντλητικής εγκατάστασης. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αντλία μέσω ιστοσελίδων που δίνονται από το πρόγραμμα.

Το πρόγραμμα “Φυγοκεντρικές Αντλίες” δημιουργήθηκε εξ ολοκλήρου από την αρχή, χωρίς προϋπάρχων λογισμικό, με τη Visual Studio χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic. Η επιλογή αυτής της γλώσσας και η δημιουργία του προγράμματος έγινε με πρωταρχικό σκοπό την εύκολη εγκατάσταση σε οποιοδήποτε υπολογιστή και την γρήγορη και σωστή διεξαγωγή συμπερασμάτων όσο αφορά προβλήματα στις φυγοκεντρικές αντλίες. Συνεπώς η εγκατάσταση μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε υπολογιστή που χρησιμοποιεί λειτουργικό σύστημα Windows και η χρήση του προγράμματος είναι τόσο απλή που δεν χρειάζονται ιδιαίτερες γνώσης πάνω στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Τέλος, το πρόγραμμα αυτό είναι εύκολα εξελίξιμο και μπορεί να γίνει βασικό εργαλείο για τη χρήση και λειτουργία των φυγοκεντρικών αντλιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη του λογισμικού, γίνεται ανάλυση για την λειτουργία-χρήση του υπολογιστικού προγράμματος, επεξηγείται ο τρόπος κατασκευής των υπολογιστικών παραθύρων που παρουσιάζονται στον χρήστη και αναλύονται ορισμένα κομμάτια του υπολογιστικού κώδικα.

3.1.Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του λογισμικού

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη των εφαρμογών λογισμικού – είτε πρόκειται για γλώσσες προγραμματισμού είτε για επιμέρους τεχνολογίες λογισμικού ή εμπορικές εφαρμογές.

3.1.1.Το Πλαίσιο .NET.

Το Πλαίσιο .NET ή αλλιώς Framework .NET είναι ένα πολυγλωσσικό περιβάλλον ανάπτυξης και εκτέλεσης στοιχείων, που αποτελείται από τρία βασικά μέρη (Harold Davis, 2003):

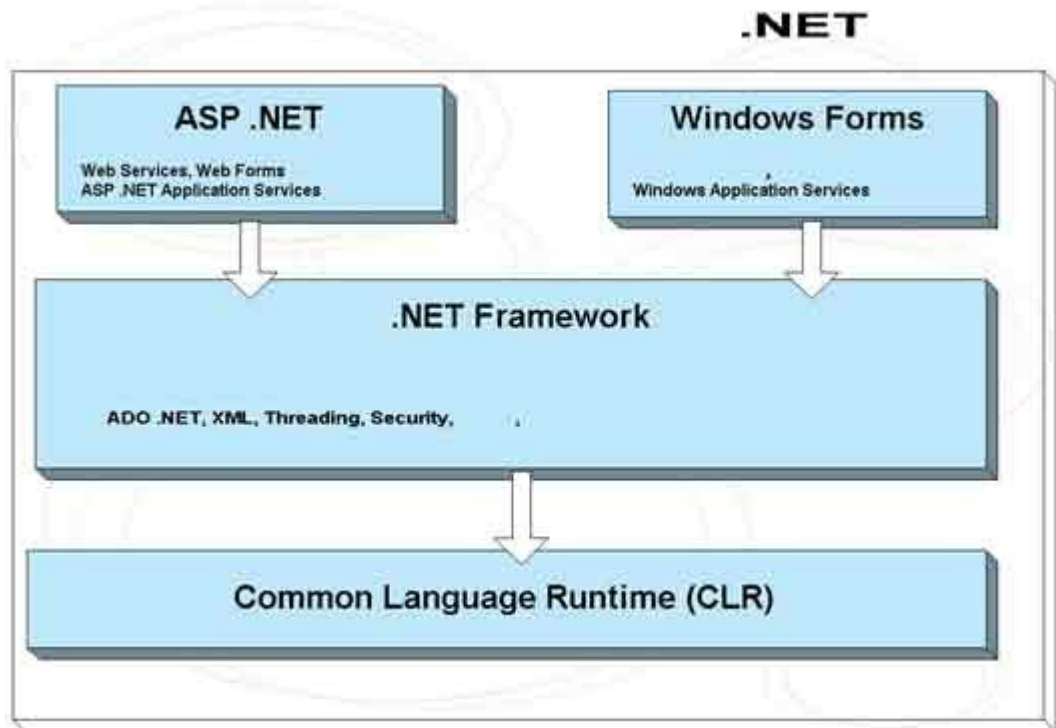
- **Περιβάλλον χρόνου εκτέλεσης κοινής γλώσσας.** Παρά το όνομά του, το περιβάλλον χρόνου εκτέλεσης κοινής γλώσσας στην πραγματικότητα παίζει κάποιο ρόλο στο χρόνο ανάπτυξης και εκτέλεσης ενός στοιχείου. Κατά την εκτέλεση του στοιχείου, το περιβάλλον χρόνου εκτέλεσης είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της εκχώρησης μνήμης, την εκκίνηση και τον τερματισμό νημάτων και διεργασιών, την εφαρμογή της πολιτικής ασφαλείας, καθώς και την ικανοποίηση κάποιων εξαρτήσεων που μπορεί να έχει το στοιχείο αυτό σε άλλα στοιχεία. Κατά το χρόνο ανάπτυξης, ο ρόλος του χρόνου εκτέλεσης αλλάζει λίγο: Καθώς αυτοματοποιεί πολλές εργασίες (όπως τη διαχείριση της μνήμης), το περιβάλλον χρόνου εκτέλεσης απλοποιεί κατά πολύ την εμπειρία του προγραμματιστή, ιδιαίτερα σε σύγκριση με το σημερινό COM. Πιο συγκεκριμένα, δυνατότητες, όπως ο αντικατοπτρισμός, μειώνουν σημαντικά τον όγκο κώδικα που πρέπει να συντάξει ένας προγραμματιστής, για να μετατρέψει μια επιχειρησιακή λογική σε στοιχείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά.

Οι χρόνοι εκτέλεσης δεν είναι καινούργιο στοιχείο στις γλώσσες προγραμματισμού: Σχεδόν όλες οι γλώσσες προγραμματισμού έχουν χρόνο εκτέλεσης. Η Visual Basic έχει τον πιο εμφανή χρόνο εκτέλεσης (που σωστά ονομάζεται VBRUN), αλλά και η Visual C++ έχει χρόνο εκτέλεσης (MSVCRT), όπως και η Visual FoxPro®,

η Jscript®, η SmallTalk, η Perl, η Python και η Java. Ο σημαντικός ρόλος του Πλαισίου .NET—και αυτό που το κάνει να ξεχωρίζει πραγματικά—είναι το γεγονός ότι παρέχει κοινό περιβάλλον για όλες τις γλώσσες προγραμματισμού.

- **Ενοποιημένες κλάσεις προγραμματισμού.** Το Πλαίσιο .NET παρέχει ένα ενοποιημένο, ιεραρχικό σύνολο από βιβλιοθήκες κλάσεων (API), προσανατολισμένο στο αντικείμενο και με δυνατότητες επέκτασης για χρήση από τους προγραμματιστές. Σήμερα, οι προγραμματιστές της C++ χρησιμοποιούν τη Microsoft Foundation Classes, οι προγραμματιστές της Java χρησιμοποιούν τη Windows® Foundation Classes και οι προγραμματιστές της Visual Basic χρησιμοποιούν τα API της Visual Basic. Για να το θέσουμε απλά, το Πλαίσιο .NET ενοποιεί τα ανόμοια πλαίσια που διαθέτει σήμερα η Microsoft. Συνεπώς, οι προγραμματιστές δεν χρειάζεται πλέον να μαθαίνουν πολλά πλαίσια για να εργαστούν. Ωστόσο - πράγμα που είναι σημαντικότερο - δημιουργώντας ένα κοινό σύνολο API σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού, το Πλαίσιο .NET επιτρέπει τη μεταβίβαση, το χειρισμό και τον εντοπισμό σφαλμάτων μεταξύ των γλωσσών. Έτσι, όλες οι γλώσσες προγραμματισμού, από την JScript έως τη C++, εξισώνονται και οι προγραμματιστές είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τη γλώσσα που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν.

Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας .NET φαίνεται στο παρακάτω απλουστευμένο σχεδιάγραμμα. Στην καρδιά της πλατφόρμας βρίσκεται το CLR που επιτρέπει τη μεταγλώττιση και την εκτέλεση του κώδικα MSIL. Στο μεσαίο επίπεδο υπάρχουν τα προγράμματα υποδομής του .NET Framework. Στο ανώτερο επίπεδο βρίσκονται τα εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών.



Σχήμα 3.1

3.1.2. Σχέση με το COM

Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους του Πλαισίου .NET είναι να διευκολύνει την ανάπτυξη COM. Ένα από τα δυσκολότερα σημεία της ανάπτυξης COM είναι η ίδια η ενασχόληση με την υποδομή COM. Συνεπώς, για να διευκολύνει την ανάπτυξη COM, το Πλαίσιο .NET αυτοματοποιεί σχεδόν όλα όσα αντιλαμβάνονται οι προγραμματιστές αυτήν τη στιγμή ως COM, περιλαμβανομένου του υπολογισμού αναφορών, της περιγραφής περιβάλλοντος εργασίας και της εγγραφής.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό δεν σημαίνει ότι τα στοιχεία του Πλαισίου .NET δεν είναι στοιχεία του COM. Στην πραγματικότητα, ένας προγραμματιστής COM, χρησιμοποιώντας το Visual Studio 6.0, θα μπορούσε να καλέσει ένα στοιχείο Πλαισίου .NET και, στον προγραμματιστή, θα φαινόταν σαν στοιχείο COM, με δεδομένα iUnknown. Αντιστρόφως, ένας προγραμματιστής Πλαισίου .NET, χρησιμοποιώντας το Visual Studio.NET, θα μπορούσε να δει ένα στοιχείο COM ως στοιχείο Πλαισίου .NET.

Υπάρχει μια εξήγηση σε αυτήν τη σχέση: οι προγραμματιστές COM πρέπει να κάνουν με μη αυτόματο τρόπο πολλά από τα πράγματα για τα οποία οι προγραμματιστές του Πλαισίου .NET μπορούν να βασιστούν στο χρόνο εκτέλεσης, για να τους τα αυτοματοποιήσει. Για παράδειγμα, η ασφάλεια ενός στοιχείου COM μπορεί να συνταχθεί με μη αυτόματο τρόπο και δεν είναι δυνατή η αυτόματη διαχείριση της μνήμης του, και, για την εγκατάσταση ενός στοιχείου COM, οι καταχωρήσεις πρέπει να τοποθετηθούν στο μητρώο των Windows. Για τα στοιχεία του Πλαισίου .NET, ο χρόνος εκτέλεσης αυτοματοποιεί αυτές τις δυνατότητες. Για παράδειγμα, το όνομα των στοιχείων εξηγεί το τι είναι και, επομένως, είναι δυνατό να εγκατασταθούν χωρίς να καταχωρηθούν στο μητρώο των Windows.

3.1.3. Visual Studio .NET

Το Visual Studio .NET αποτελεί την εξέλιξη της έκδοσης 6.0 και υποστηρίζει όλα τα χαρακτηριστικά και τα βοηθητικά εργαλεία για την ανάπτυξη αυτόνομων εφαρμογών. Υποστηρίζονται τρεις διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, η Visual Basic, η C++ και η C#, μια νέα έκδοση της C.

Η C# είναι μια μοντέρνα αντικειμενοστρεφής γλώσσα που επιτρέπει στον προγραμματιστή να αναπτύξει γρήγορα εφαρμογές, χωρίς όμως να χάνει τη δύναμη της πλατφόρμας του .NET Framework. Πρακτικά αποτελεί μια ενδιάμεση λύση μεταξύ της Visual Basic και της C++.

Παράλληλα, υπάρχει πάντα η υποστήριξη για εφαρμογές στο Internet και σελίδες ASP με εγγενή πια υποστήριξη, χωρίς τη VBScript που αποτελούσε ένα υποσύνολο των εντολών της Visual Basic. Το Visual Studio .NET και η μορφή των νέων σελίδων ASP .NET επιτρέπουν την πλήρη χρήση της Visual Basic, καταργώντας ουσιαστικά τη VBScript. Αυτό που λείπει είναι η Java (J++ στην παλαιότερη έκδοση). Αντί αυτής έχει κανείς τη δυνατότητα να επιλέξει την J#..

3.1.4. Visual Basic .NET

Η Visual Basic ακολούθησε εντυπωσιακή εξέλιξη την τελευταία δεκαετία, από την έκδοση 1.0 στην σημερινή έκδοση .NET, ή 7.0, όπως είναι η εσωτερική αρίθμηση του προϊόντος. Οι νέες εντολές, οι

βελτιώσεις στον τρόπο ανίχνευσης των λαθών αλλά και όσα εργαλεία προστέθηκαν μέχρι τη σημερινή έκδοση, δεν άλλαξαν τον αντικειμενικό σκοπό, που είναι η εύκολη και γρήγορη ανάπτυξη εφαρμογών.

Η Visual Basic αποτελεί τον γρηγορότερο και ευκολότερο τρόπο για την δημιουργία εφαρμογών για τα Microsoft Windows.

Η λέξη “Visual” (οπτικό) αναφέρεται στη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία της διασύνδεσης γραφικών με τον χρήστη (graphical user interface, GUI). Αντί να γράφει κανείς ατέλειωτες σειρές κώδικα για να περιγράψει την εμφάνιση και τη θέση των στοιχείων της διασύνδεσης, τοποθετεί απλώς στην οθόνη προκατασκευασμένα αντικείμενα. Αν έχει χρησιμοποιήσει κανείς ποτέ κάποιο πρόγραμμα σχεδίασης όπως το Paint, τότε έχει ήδη σχεδόν όλες τις απαραίτητες ικανότητες για να δημιουργήσει μια αποτελεσματική διασύνδεση με τον χρήστη.

Το τμήμα “Basic” αναφέρεται στη γλώσσα BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code), μια γλώσσα που έχουν χρησιμοποιήσει περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη οι προγραμματιστές στην ιστορία του προγραμματισμού. Η Visual Basic έχει εξελιχθεί από την αρχική γλώσσα BASIC και τώρα περιέχει πολλές εκατοντάδες εντολές (statements), συναρτήσεις (functions), και λέξεις-κλειδιά (keywords) που σχετίζονται άμεσα με τη διασύνδεση γραφικών με τον χρήστη των Windows. Οι αρχάριοι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν χρήσιμες εφαρμογές χρησιμοποιώντας λίγες λέξεις-κλειδιά, αλλά η ισχύς της γλώσσας επιτρέπει στους επαγγελματίες να δημιουργήσουν ό,τι μπορεί να δημιουργηθεί με οποιαδήποτε άλλη γλώσσα προγραμματισμού των Windows.

Έτσι, η Visual Basic, μέσα από το Visual Studio, παραμένει ένα εύκολο και ιδιαίτερα γρήγορο εργαλείο για την ανάπτυξη αυτόνομων εφαρμογών αλλά και υπηρεσιών στο Web. Επιλέγοντας μια νέα λύση (Solution), μέσα από το περιβάλλον της Visual Basic, δημιουργήσαμε μια αυτόνομη εφαρμογή (Windows Application), που ταίριαζε περισσότερο στην περίπτωση αυτού του συστήματος.

3.2.Χρήση του προγράμματος

Στον φάκελο “Διπλωματική Χαπαλόγλου Χάρης” υπάρχουν 3 αρχεία και ένας φάκελος που είναι απαραίτητα για την εγκατάσταση του προγράμματος “ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ”. Για την εγκατάσταση πατάμε διπλό κλικ στο αρχείο “setup”, αποδεχόμαστε το πρόγραμμα αυτό και πατάμε “εγκατάσταση”. Η εγκατάσταση του λογισμικού πλέον έχει ολοκληρωθεί και εμφανίζεται το πρόγραμμα. Για να κλείσει το πρόγραμμα πατάμε πάνω δεξιά το “x”. Η εκτέλεση του προγράμματος γίνεται είτε πατώντας το αρχείο “Pumps” που βρίσκεται στο φάκελο “Διπλωματική Χαπαλόγλου Χάρης”, είτε από τα Windows πατώντας Έναρξη → Προγράμματα → Χαπαλόγλου Χαράλαμπος → Φυγοκεντρικές Αντλίες. Κατά την εγκατάσταση επίσης χρειάζεται το Πλαίσιο .NET ή αλλιώς Framework .NET που αν δεν υπάρχει στον υπολογιστή, συνδεθείτε με το Internet και η εγκατάστασή του θα γίνει αυτόματα.

3.2.1.Ρύθμιση ανάλυση οθόνης πριν την εκτέλεση του προγράμματος

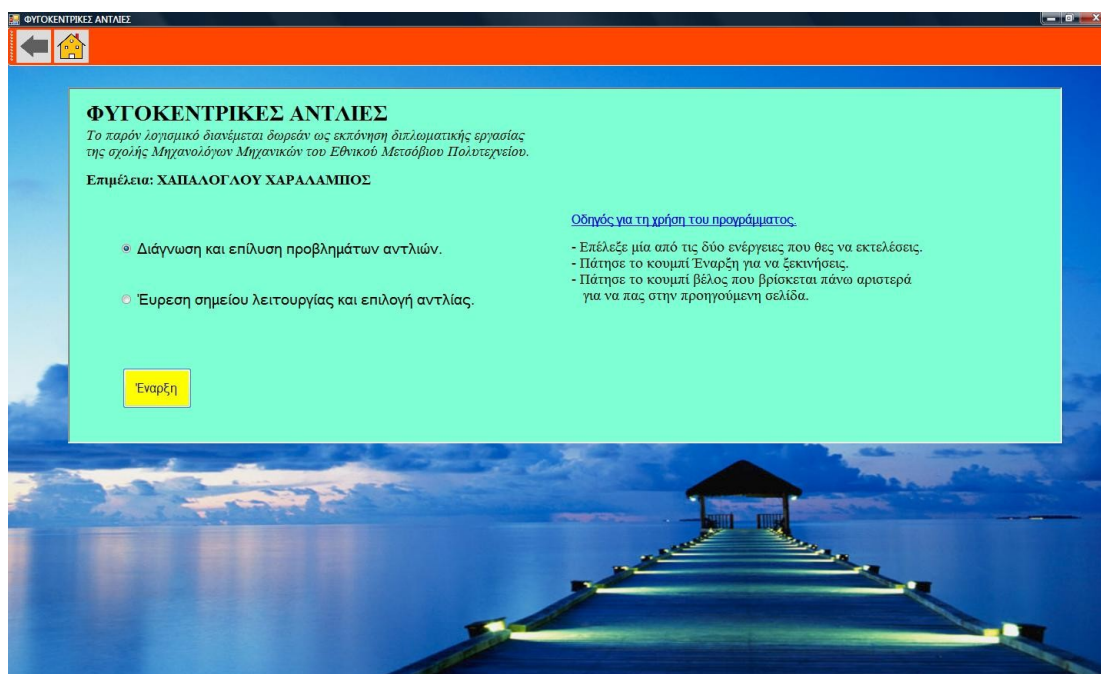
Για να έχετε την καλύτερη δυνατή εικόνα του προγράμματος πρέπει να ρυθμιστεί η ανάλυση της οθόνης του υπολογιστή όσο υψηλότερα γίνεται. Η πραγματοποίηση της αλλαγής γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο. Από τα WINDOWS πατώντας με την ακόλουθη σειρά START → Control Panel → Display → Settings → Screen resolution (More). Η συνηθέστερη μέγιστη ανάλυση οθόνης είναι 1280 by 1024 pixels όπου το πρόγραμμα λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα, αλλά η βέλτιστη ανάλυση για το πρόγραμμα είναι 1440 by 900 pixels. Με μικρότερη ανάλυση δεν παρουσιάζει πρόβλημα, αλλά ο χρήστης προκειμένου να βλέπει όλη την οθόνη θα πρέπει να χρησιμοποιεί τις βοηθητικές μπάρες που θα εμφανίζονται για το δεξιά-αριστερά και πάνω-κάτω.

3.2.2.Κεντρική σελίδα προγράμματος

Με την εκκίνηση του προγράμματος εμφανίζεται η κεντρική σελίδα από την οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τι ενέργειες θέλει να εκτελέσει. Παρακάτω φαίνεται η κεντρική σελίδα του προγράμματος “ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ” (σχήμα 3.2).

Πάνω αριστερά υπάρχουν δύο κουμπιά. Το πρώτο (βέλος) είναι για να πηγαίνει από οπουδήποτε και αν βρίσκεται με ένα κλικ του

ποντικιού στην προηγούμενη σελίδα. Το δεύτερο (σπίτι) είναι για να πηγαίνει από οπουδήποτε και αν βρίσκεται με ένα κλικ του ποντικιού στην κεντρική σελίδα. Όταν το ποντίκι βρίσκεται πάνω σ' αυτά τα κουμπιά υπάρχει επεξήγηση για το τι κάνουν. Για να τερματιστεί το πρόγραμμα πρέπει να πατηθεί πάνω δεξιά το “x”.



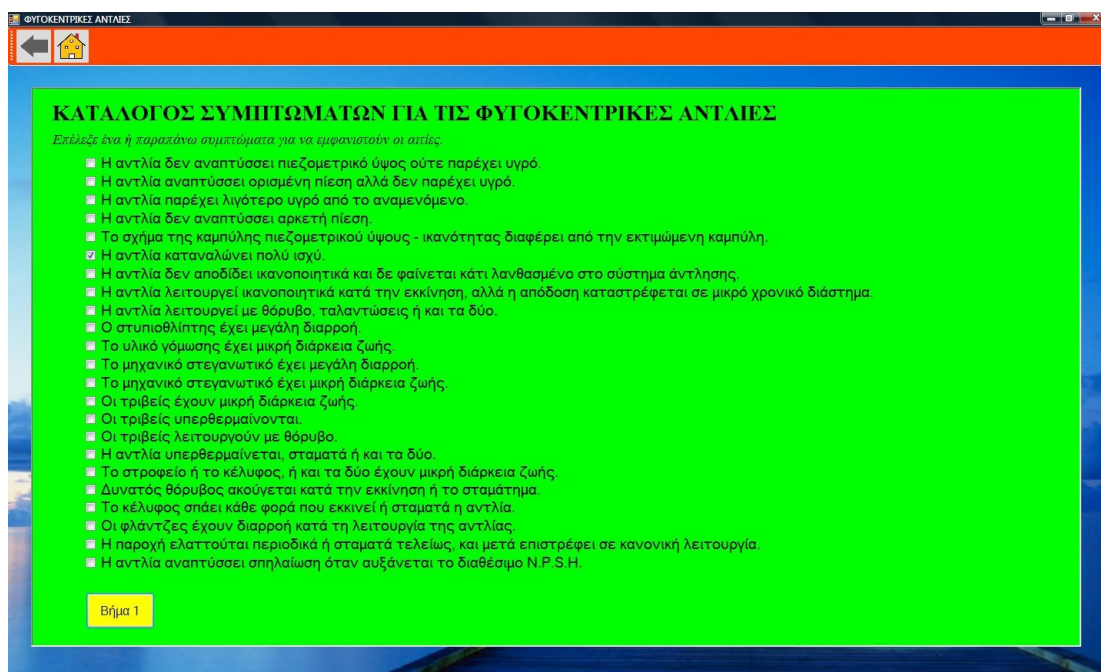
Σχήμα 3.2

Από αυτή τη σελίδα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει με το ποντίκι είτε “διάγνωση και επίλυση προβλημάτων αντλιών” είτε “έυρεση σημείου λειτουργίας και επιλογή αντλίας”. Κατόπιν αφού πατήσει το κουμπί έναρξη προχωράει στην επόμενη σελίδα του προγράμματος. Επίσης υπάρχει και “οδηγός για τη χρήση του προγράμματος” που όταν το επιλέξει εμφανίζονται αναλυτικά οι οδηγίες για τη χρήση αυτού.

3.2.3. Δεύτερη σελίδα του προγράμματος - Κατάλογος Συμπτωμάτων

Όταν από την κεντρική σελίδα επιλέξει “διάγνωση και επίλυση προβλημάτων αντλιών” και πατήσει “έναρξη” εμφανίζεται η δεύτερη σελίδα του προγράμματος όπως φαίνεται παρακάτω (σχήμα 3.3).

Η δεύτερη σελίδα που έχει ως τίτλο “κατάλογο συμπτωμάτων για τις φυγοκεντρικές αντλίες” παρουσιάζει 23 συμπτώματα που μπορεί κάποιος να παρατηρήσει όταν μια αντλία λειτουργεί. Αυτά τα συμπτώματα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα στις φυγοκεντρικές αντλίες και δύσκολα κάποιος θα παρατηρήσει σε μια αντλία εν λειτουργία πρόβλημα, χωρίς να μπορεί να καταταχθεί σε αυτά τα συμπτώματα. Σε αυτή τη σελίδα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα ή και παραπάνω από τα συμπτώματα πατώντας ένα κλικ με το ποντίκι στο κενό τετράγωνο που υπάρχει δίπλα από κάθε σύμπτωμα, αφού όμως πρώτα έχει παρατηρήσει αρκετά καλά την αντλία που πρόκειται να εξετάσει. Για να περάσει στην επόμενη σελίδα πατάει το κουμπί “βήμα 1”.



Σχήμα 3.3

3.2.3.1. Κατάλογος Συμπτωμάτων

Ο κατάλογος όλων των συμπτωμάτων (23) παρουσιάζεται παρακάτω:

1. Η αντλία δεν αναπτύσσει πιεζομετρικό ύψος ούτε παρέχει υγρό.
2. Η αντλία αναπτύσσει ορισμένη πίεση αλλά δεν παρέχει υγρό.
3. Η αντλία παρέχει λιγότερο υγρό από το αναμενόμενο.
4. Η αντλία δεν αναπτύσσει αρκετή πίεση.
5. Το σχήμα της καμπύλης πιεζομετρικού ύψους - ικανότητας διαφέρει από την εκτιμώμενη καμπύλη.

6. Η αντλία καταναλώνει πολύ ισχύ.
7. Η αντλία δεν αποδίδει ικανοποιητικά και δε φαίνεται κάτι λανθασμένο στο σύστημα άντλησης.
8. Η αντλία λειτουργεί ικανοποιητικά κατά την εκκίνηση, αλλά η απόδοση καταστρέφεται σε μικρό χρονικό διάστημα.
9. Η αντλία λειτουργεί με θόρυβο, ταλαντώσεις ή και τα δύο.
10. Ο στυπιοθλίπτης έχει μεγάλη διαρροή.
11. Το υλικό γόμωσης έχει μικρή διάρκεια ζωής.
12. Το μηχανικό στεγανωτικό έχει μεγάλη διαρροή.
13. Το μηχανικό στεγανωτικό έχει μικρή διάρκεια ζωής.
14. Οι τριβείς έχουν μικρή διάρκεια ζωής.
15. Οι τριβείς υπερθερμαίνονται.
16. Οι τριβείς λειτουργούν με θόρυβο.
17. Η αντλία υπερθερμαίνεται, σταματά ή και τα δύο.
18. Το στροφέιο ή το κέλυφος, ή και τα δύο έχουν μικρή διάρκεια ζωής.
19. Δυνατός θόρυβος ακούγεται κατά την εκκίνηση ή το σταμάτημα.
20. Το κέλυφος σπάει κάθε φορά που εκκινεί ή σταματά η αντλία.
21. Οι φλάντζες έχουν διαρροή κατά τη λειτουργία της αντλίας.
22. Η παροχή ελαττούται περιοδικά ή σταματά τελείως, και μετά επιστρέφει σε κανονική λειτουργία.
23. Η αντλία αναπτύσσει σπηλαίωση όταν αυξάνεται το διαθέσιμο N.P.S.H.

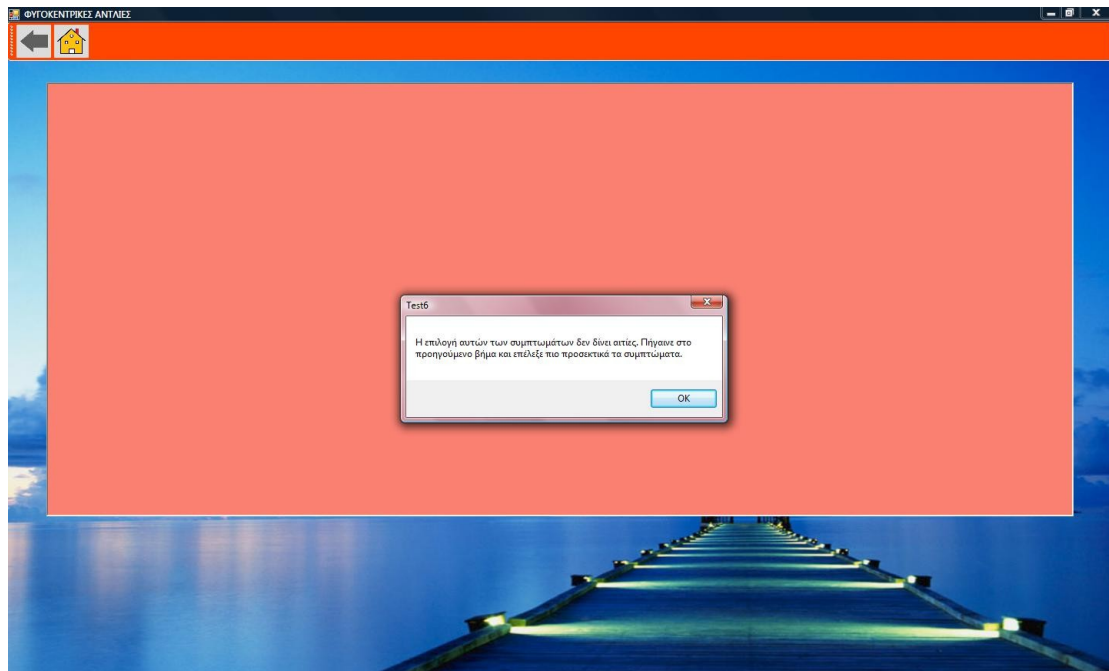
3.2.4.Τρίτη σελίδα του προγράμματος - Κατάλογος Αιτιών

Όταν από την δεύτερη σελίδα ο χρήστης επιλέξει τα συμπτώματα που παρουσιάζονται και πατήσει το κουμπί “βήμα 1”, οδηγείται στην τρίτη σελίδα που έχει ως τίτλο “κατάλογος αιτιών για τα αντίστοιχα συμπτώματα στις φυγοκεντρικές αντλίες” όπως φαίνεται παρακάτω (σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4

Στην τρίτη σελίδα παρουσιάζονται οι αιτίες που μπορούν να προκαλούν τα συμπτώματα που έχει επιλέξει. Όταν επιλέξει παραπάνω από δύο συμπτώματα στην τρίτη σελίδα εμφανίζονται αυτόματα ως αίτια οι τομές των αιτιών των αντίστοιχων συμπτωμάτων. Αρκετές φορές για να δει ο χρήστης όλα τα αίτια πρέπει να χρησιμοποιήσει την μπάρα που εμφανίζεται δεξιά, μετακινώντας την πάνω-κάτω έχοντας το αριστερό κουμπί του ποντικιού πατημένο. Σε περίπτωση που επιλέξει συμπτώματα που δεν έχουν τομή εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη (σχήμα 3.5) και ένα “Msgbox” που λέει “η επιλογή αυτών των συμπτωμάτων δεν δίνει αιτίες. Πήγαινε στο προηγούμενο βήμα και επέλεξε πιο προσεκτικά τα συμπτώματα.”.



Σχήμα 3.5

Για να προχωρήσει επιλέγει “OK” και πατάει διπλό κλικ στο κουμπί-βέλος για να πάει στο προηγούμενο βήμα και να επιλέξει ξανά συμπτώματα. Γι’ αυτό το λόγο πρέπει ο χρήστης να είναι προσεκτικός με την επιλογή των συμπτωμάτων. Τελευταία λύση είναι να επιλέξει τα συμπτώματα ένα-ένα και να βλέπει τα αντίστοιχα αίτια.

Εάν θέλει περισσότερες πληροφορίες και επεξήγηση για κάποιο αίτιο με το ποντίκι πρέπει να πατήσει πάνω στο αίτιο και να οδηγηθεί στην επόμενη σελίδα.

3.2.4.1. Κατάλογος Αιτιών

Ο κατάλογος όλων των αιτιών (159) παρουσιάζεται παρακάτω (Yedidiah S., 1996, Μαυρουδή, 1994) :

1. Η αντλία δεν υπέστη αρχική πλήρωση.
2. Ο άξονας είναι σπασμένος.
3. Σπασμένη ή αποσυνδεδεμένη σύνδεση μεταξύ μεταδότη και αντλίας.
4. Το κλειδί του στροφείου είναι σπασμένο ή λείπει.
5. Δεν υπάρχει στροφέιο στην αντλία.
6. Θύλακες αέρα στην αντλία ή στις σωληνώσεις.
7. Φραγμένη γραμμή αναρρόφησης.

8. Η βαλβίδα ποδός κόλλησε στην έδρα της ή έφραξε.
9. Φίλτρο καλυμμένο με στερεά υλικά, συνήθως ινώδη.
10. Φίλτρο γεμάτο με στερεά υλικά, όπως άμμος.
11. Η πίεση εκκένωσης που απαιτείται από το σύστημα είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη αναπτυσσόμενη από την αντλία.
12. Ταχύτητα λειτουργίας, πολύ χαμηλή.
13. Λανθασμένη κατεύθυνση λειτουργίας.
14. Διαθέσιμο NPSH, ανεπαρκές.
15. Υπερβολικά ποσά αερίων ή αέρα παγιδευμένα στο υγρό.
16. Εξωτερική διάμετρος του στροφείου κατεργασμένη σε πολύ μικρή διάμετρο.
17. Τα όργανα μέτρησης δεν είναι σωστά διακριβωμένα ή λάθος τοποθετημένα.
18. Υπερβολική διαρροή μέσω των δακτυλίων τριβής ή άλλων στεγανωτικών επιφανειών.
19. Ιξώδες του υγρού μεγαλύτερο από εκείνο για το οποίο η αντλία σχεδιάστηκε.
20. Στροφείο ή κέλυφος μερικώς φραγμένο με στερεά υλικά.
21. Πτερύγια ή αιχμηρά χείλη στη ροή του υγρού.
22. Κατεστραμμένο στροφείο.
23. Λανθασμένη χύτευση του κελύφους ή του στροφείου.
24. Λανθασμένη εγκατάσταση του στροφείου.
25. Αντλία λειτουργούσε μακριά από την καμπύλη πιεζομετρικού ύψους-δυνατότητας.
26. Λανθασμένη διάταξη των σωληνώσεων αναρρόφησης ή εκκένωσης.
27. Λανθασμένη διάταξη της κυστίδος αναρρόφησης.
28. Υπερβολική διαρροή από το στυπιοθλίπτη ή το στεγανωτικό παρέμβασμα.
29. Υπερβολική ποσότητα υγρού επανακυκλοφορεί εσωτερικά του στυπιοθλίπτη.
30. Υπερβολική διαρροή από το εξάρτημα υδραυλικής ζυγοστάθμισης.
31. Στάθμη υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης χαμηλότερη από την αρχικά προδιαγεγραμμένη.
32. Σε σύστημα πολλών αντλιών, η λειτουργία μιας αντλίας μπορεί να επηρεάσει την λειτουργία των άλλων.
33. Ταχύτητα πολύ υψηλή.
34. Αντλούμενο υγρό υψηλότερου ειδικού βάρους από παρατεθέν.
35. Μεγαλύτερο στροφείο.
36. Αντλία και μεταδότης όχι ευθυγραμμισμένα.
37. Περιστρεφόμενα υλικά τρίβονται σε σταθερά.

38. Στεγανωτικό υλικό αντικανονικά εγκαταστημένο.
39. Στεγανωτικό υλικό, λανθασμένου τύπου.
40. Φθαρμένοι ή κατεστραμμένοι τριβείς.
41. Το μηχανικό στεγανωτικό εξασκεί υπερβολική πίεση στην έδρα.
42. Κάλυμμα στυπιοθλίπτη πολύ σφικτό.
43. Ακατάλληλη λίπανση των τριβέων.
44. Πολύ λιπαντικό στους τριβείς.
45. Λυγισμένος άξονας.
46. Ανομοιόμορφη θερμική διαστολή διαφορετικών εξαρτημάτων του συστήματος άντλησης.
47. Λανθασμένες μετρήσεις ισχύος.
48. Όργανα μέτρησης ισχύος λανθασμένα τοποθετημένα.
49. Δεν προθερμάνθηκε το υγρό ώστε να διατηρηθεί το ιξώδες κάτω από ορισμένα όρια.
50. Βρεχάμενες επιφάνειες στροφείου ή κελύφους πολύ άγριες.
51. Στροφείο τοποθετημένο ανάποδα στον άξονα.
52. Διακοπή της γραμμής εκκένωσης.
53. Λανθασμένα όργανα μέτρησης.
54. Χαλασμένα όργανα μέτρησης κατά την εγκατάσταση.
55. Τοποθέτηση οργάνων μέτρησης σε λάθος θέση.
56. Σωληνώσεις των οργάνων μέτρησης φραγμένες.
57. Σωληνώσεις των οργάνων δεν έχουν απαερωθεί.
58. Σωληνώσεις των οργάνων που έπρεπε να περιέχουν μόνο αέρα, περιέχουν και υγρό.
59. Διαρροή στις σωληνώσεις των οργάνων μέτρησης.
60. Ξένα σώματα στα σημεία σύνδεσης σωληνώσεων οργάνων.
61. Λανθασμένη ηλεκτρονική σύνδεση των οργάνων.
62. Συνδέσεις καλωδίων με τους ακροδέκτες πολύ χαλαρές.
63. Βρώμικες ηλεκτρικές συνδέσεις.
64. Σκόνη ή βρομιά στη ράβδο ροπής.
65. Ράβδος ροπής λανθασμένα τοποθετημένη.
66. Σε δυναμόμετρο, λανθασμένη ευθυγράμμιση ή βρωμιές στους τριβείς προκαλούν λάθος ενδείξεις οργάνων.
67. Σε δυναμόμετρο, υπερβολική τριβή στις τροχαλίες ή αξονίσκους που οδηγούν μοχλούς και συρματόσχοινα, προκαλούν λάθος ενδείξεις οργάνων.
68. Σε δυναμόμετρο, το βάρος και η ακαμψία των καλωδίων επηρεάζουν τις ενδείξεις ροπής.
69. Σπηλαίωση στα όργανα μέτρησης.
70. Σπηλαίωση στις σωληνώσεις που συνδέονται με τα όργανα.

71. Πραγματική εσωτερική διάμετρος των σωληνώσεων διαφορετική από την επιτρεπόμενη.
72. Πτώση υγρού στη δεξαμενή από μεγάλο ύψος παρασύρει αέρα στην αντλία.
73. Θύλακες αέρα στη γραμμή αναρρόφησης προχώρησαν μέχρι την αντλία.
74. Αέρας σχήματος χωνιού στην κυστίδα αναρρόφησης.
75. Ανευθυγράμμιστη αντλία και μεταδότης.
76. Αιχμηρά αντικείμενα στη ροή του υγρού που προκαλούν σπηλαίωση.
77. Σωλήνωση δημιουργεί τάσεις στην αντλία.
78. Αντλία λειτουργούσα την κρίσιμη ταχύτητα.
79. Περιστρεφόμενα στοιχεία μη ζυγοσταθμισμένα.
80. Υπερβολικές ακτινικές δυνάμεις σε περιστρεφόμενα εξαρτήματα.
81. Μικρή απόσταση μεταξύ της εξωτερικής διαμέτρου στροφείου και γλωσσιδίου χοάνης.
82. Λανθασμένο σχήμα γλωσσιδίου χοάνης.
83. Μικρότερες του κανονικού, σωληνώσεις αναρρόφησης ή εκκένωσης προκαλούν σπηλαίωση κάπου στο σύστημα.
84. Χαλαρός δίσκος βαλβίδος στο σύστημα.
85. Εσωτερική διάμετρος στροφείου δεν είναι ομόκεντρη με την εξωτερική ή σε απόλυτο επαφή με την επιφάνειά της.
86. Εξαρτήματα της αντλίας δεν είναι ευθυγραμμισμένα.
87. Η αντλία λειτουργεί με χαμηλές παροχές.
88. Λανθασμένος σχεδιασμός βάση στήριξης ή θεμελίων.
89. Συντονισμός μεταξύ ταχύτητας λειτουργίας αντλίας και φυσικής συχνότητας σωληνώσεων.
90. Συντονισμός μεταξύ ταχύτητας λειτουργίας αντλίας και φυσικής συχνότητας βάσεως στήριξης ή θεμελίων.
91. Συντονισμός μεταξύ ταχύτητας λειτουργίας και δίσκων βαλβίδων.
92. Χαλαρές βίδες.
93. Λανθασμένη εγκατάσταση τριβέων.
94. Συνολικό πιεζομετρικό ύψος συστήματος είτε υψηλότερο είτε χαμηλότερο από το εκτιμώμενο.
95. Δίοδοι υγρού στο στροφείο ή το κέλυφος πολύ διαβρωμένοι ή άγριοι.
96. Σπηλαίωση στις σωληνώσεις.
97. Περιστρεφόμενα τμήματα γυρίζουν εκτός κέντρου.
98. Σωλήνας υδατοσφράγισης, φραγμένος.
99. Κλωβός στεγανωτικού λανθασμένα τοποθετημένος.

- 100.Χιτώνιο άξονος φθαρμένο ή "φαγωμένο" στη στεναγοποίηση.
- 101.Αδυναμία παροχής υγρού ψύξεως στους υδρόψυκτους στυπιοθλίπτες.
- 102.Υπερβολική ανοχή στον πυθμένα του στυπιοθλίπτη.
- 103.Βρωμιά ή αμμοχάλικο στο υγρό στεγανοποίησης.
- 104.Φαγωμένος άξονας στα σημεία επαφής με το υλικό γόμωσης.
- 105.Λανθασμένη λίπανση του υλικού γόμωσης.
- 106.Ο χώρος στο στυπιοθλίπτη όπου βρίσκεται η γόμωση είναι έκκεντρος προς τον άξονα.
- 107.Επιφάνεια στεγανοποίησης δεν είναι κάθετη στον άξονα της αντλίας.
- 108.Το μηχανικό στεγανωτικό έχει ξεραθεί.
- 109.Στιλβωτικά υλικά στο υγρό έρχονται σε επαφή με το στεγανωτικό (παρέμβασμα).
- 110.Μηχανικό στεγανωτικό λανθασμένα τοποθετημένο.
- 111.Λάθος τύπος μηχανικού στεγανωτικού.
- 112.Μη ευθυγραμμισμένα εσωτερικά στεγανωτικά υλικά, εμποδίζουν την κανονική συνεργασία του στεγανωτικού και της έδρας του.
- 113.Διαρροή μεταξύ της έδρας του στεγανωτικού και του καπακίου του στυπιοθλίπτη, λόγω λανθασμένου παρεμβάσματος ή δακτυλίου Ο.
- 114.Διαρροή μεταξύ στεγανωτικού και άξονος, λόγω ελαττωματικού δακτυλίου Ο.
- 115.Υπερβολικά αξονικά φορτία.
- 116.Μη ευθυγραμμισμένη αντλία και μεταδότης.
- 117.Οι εσωτερικές διάμετροι των θέσεων συγκράτησης των τριβέων δεν είναι ομόκεντρες με τις αντίστοιχες στο άκρο εξόδου του ύδατος.
- 118.Ραγισμένη ή κατεστραμμένη θήκη τριβέων.
- 119.Ελαττωματικό σύστημα λίπανσης.
- 120.Ακατάλληλη εργασία κατά την εγκατάσταση των τριβέων.
- 121.Βρωμιά στους τριβείς.
- 122.Νερό έχει εισχωρήσει στη θήκη των τριβέων.
- 123.Υπερβολική φθορά των δακτυλίων τριβής του στροφείου, ελαττώνοντας έτσι τις επιδράσεις του μέσου ζυγοστάθμισης.
- 124.Υπερβολική πίεση αναρρόφησης.
- 125.Ανεπαρκής ψύξη των τριβέων.
- 126.Ανεπαρκής ψύξη του λιπαντικού.
- 127.Πηγή ψύξεως κλειστή από τη θήκη του τριβέα.
- 128.Πολύ μεγάλη ανοχή μεταξύ τριβέως και άξονα ή/και περιβλήματος.

- 129.Συντονισμός με άλλα δομικά τμήματα της αντλίας.
- 130.Χαλαρά μηχανικά εξαρτήματα.
- 131.Ανοχή μεταξύ σφαιριδίων και στεφάνης πολύ μεγάλη για τη δεδομένη εφαρμογή.
- 132.Τριβείς που απαιτούν προφόρτιση, δεν έχουν προφορτισθεί ικανοποιητικά.
- 133.Τα σφαιρίδια γλιστρούν από υπερβολική ανοχή μεταξύ σφαιριδίων και στεφάνων.
- 134.Τα σφαιρίδια γλιστρούν από ανεπαρκή προφόρτιση.
- 135.Ο άξονας τρίβεται με το περιβλήμα από αντικανονική εγκατάσταση του περιβλήματος.
- 136.Ο άξονας τρίβεται επί του περιβλήματος από λυγισμένο άξονα.
- 137.Ο άξονας τρίβεται επί του περιβλήματος, λόγω έκκεντρης κατεργασίας του.
- 138.Λειτουργία της αντλίας πλησίον της διακοπής.
- 139.Διάβρωση από χημική αλληλεπίδραση με το αντλούμενο υγρό.
- 140.Ηλεκτροχημική διάβρωση από ηλεκτροχημικό δυναμικό των διαφορετικών υλικών από τα οποία τα βρεχόμενα τμήματα της αντλίας είναι κατασκευασμένα.
- 141.Απόξεση από στερεά σωματίδια που περιέχονται στο αντλούμενο υγρό.
- 142.Κόπωση από θερμική κρούση.
- 143.Κόπωση από ταλαντώσεις.
- 144."Φάγωμα" από σπηλαίωση.
- 145.Υπερβολικά διερχόμενες τάσεις κατά την εκκίνηση και το σταμάτημα.
- 146.Χρήση αντλίας σε υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες.
- 147.Υπερβολικές τάσεις προκαλούμενες στο κέλυφος από τις βίδες των θεμελίων.
- 148.Κακός χειρισμός της αντλίας κατά την εγκατάσταση.
- 149.Υδραυλικό κρούσμα.
- 150.Αέρας ή αέριο παγιδευμένο μεταξύ βαλβίδας εκκένωσης και βαλβίδας μη επιστροφής.
- 151.Κτύπημα πίεσης.
- 152.Ανομοιόμορφο σφίξιμο βιδών.
- 153.Περιοδικές διακυμάνσεις της στάθμης του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης.
- 154.Στροφέιο μεγαλύτερο του κανονικού τοποθετείται στην αντλία.
- 155.Η αντλία λειτουργεί με μεγάλη ταχύτητα.
- 156.Συμβαίνει διακοπή ή σοβαρή διαρροή στη γραμμή εκκένωσης.

- 157.Υπάρχει ανοικτή παράκαμψη στη γραμμή εκκένωσης.
 158.Παρατηρούνται πολύ μεγάλες ανοχές μεταξύ του στροφείου και του κελύφους.
 159.Τρύπα στο κέλυφος επιτρέπει υγρό από την πλευρά της πίεσης του κελύφους να επιστρέψει στην είσοδο αναρρόφησης.

3.2.5.Τέταρτη σελίδα του προγράμματος - Επεξήγηση Αιτιών

Όταν ο χρήστης του προγράμματος επιλέξει κάποιο από τα αίτια εμφανίζεται η τέταρτη σελίδα του προγράμματος όπως φαίνεται παρακάτω (σχήμα 3.6). Σε αυτή τη σελίδα υπάρχει ανάλυση του αιτίου, που μερικές φορές συνοδεύεται με εικόνες, ούτως ώστε να βοηθήσει να προσεγγίσει τη λύση του προβλήματος με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Για να έχει μια ολοκληρωμένη άποψη για το πρόβλημα της φυγοκεντρικής αντλία θα πρέπει να συνυπολογίζει το αίτιο και την επεξήγηση αυτού.

Αρκετές φορές για να δει όλη τη σελίδα πρέπει να χρησιμοποιήσει την μπάρα που εμφανίζεται δεξιά, μετακινώντας την πάνω-κάτω έχοντας το αριστερό κουμπί του ποντικιού πατημένο.

11. Η πίεση εκκένωσης που απαιτείται από το σύστημα είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη αναπτυσσόμενη από την αντλία.

Η πίεση εκκένωσης είναι η συνολική πίεση που δημιουργεί η αντλία ώστε να υπερνικηθεί η πίεση, η υψομετρική διαφορά, το πιεζομετρικό ύψος ταχύτητας και οι απώλειες λόγω τριβών και εξόδου εντός της γραμμής εξόδου (εκκένωσης, κατάθλιψη).
 Κάθε αντλία συνοδεύεται από ένα διάγραμμα παροχής-πίεσης και είναι κατασκευασμένη για να λειτουργεί σύμφωνα με αυτό το διάγραμμα.
 Η αντίσταση του υγρού αυξάνεται με τις συνδέσεις, τις καμπύλες και τις βάλβιδες του συστήματος. Οι μικρότερες σωληνώσεις σε διάμετρο έχουν μεγαλύτερες αντιστάσεις.
 Για να γίνει σωστά μια αντλητική εγκατάσταση πρέπει να γίνει μελέτη που θα υλολογίζεται το σημείο λειτουργίας. Το σημείο λειτουργίας είναι η τομή της χαρακτηριστικής της σωλήνωσης και της χαρακτηριστικής της αντλίας. Συνεπώς εξαρτάται τόσο από την διαμόρφωση της αντλητικής εγκατάστασης όσο και από την αντλία. Από την χαρακτηριστική του ολικού βαθμού απόδοσης (η, Q) της αντλίας και για το σημείο λειτουργίας, δηλ. την διακινούμενη παροχή Q, προκύπτει η τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης η με τον οποίο θα λειτουργεί η αντλία. Από αυτόν η μηχανική ισχύς N την οποία απορροφά η αντλία από τον κινητήρα της είναι $N=HQ\eta$, όπου:
 η: ειδικό βάρος του υγρού σε Nl/m^3 και είναι $\gamma=\rho g$, όπου ρ η πυκνότητα του υγρού σε $kg(mάζας)/m^3$ και $g \approx 9,81 m/sec^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας.
 H: ολικό ύψος σε mΣΥ
 Q: παροχή σε m^3/sec
 η: ολικός βαθμός απόδοσης που είναι αδιάστατος
 N: μηχανική ισχύς σε Watt
 Για τη διαμόρφωση της σωλήνωσης της αντλητικής εγκατάστασης καθώς και για τη χαρακτηριστική της σωλήνωσης πήγαινε στην αρχική σελίδα του προγράμματος και επέλεξε το δεύτερο κομμάτι.

Χαρακτηριστική της αντλίας (H,Q) $H=H_0 - c_1 Q^2$
 Χαρακτηριστική της σωλήνωσης $H_2 = h + c_2 Q^2$
 Πιεζομετρική γραμμή $H = \frac{p}{\rho g} + z$
 Γραμμή ενέργειας ή γραμμή ολικής πίεσης

Σχήμα 3.6

3.2.6. Πέμπτη σελίδα του προγράμματος – Σημείο λειτουργίας

Όταν από την κεντρική σελίδα του προγράμματος επιλέξει “εύρεση σημείου λειτουργίας και επιλογή αντλίας” και πατήσει “έναρξη” εμφανίζεται η πέμπτη σελίδα του προγράμματος όπως φαίνεται παρακάτω (σχήμα 3.7).

ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΑΣ

Η διακινούμενη παροχή Q σε m³/h.

Το ύψος ανύψωσης h σε m.

Το μήκος L₁ του αγωγού αναρρόφησης σε m.

Το μήκος L₂ του αγωγού κατάθλιψης σε m.

Τυποποιημένη ονομαστική διάμετρο της χαλύβδινης σωλήνας αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Ταχύτητα στη σωλήνα αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Συνολικό ύψος.

Για τον αγωγό αναρρόφησης:

Βάνα πλήρως ανοιχτή.

Στόμιο αναρρόφησης.

Ταυ.

Καμπύλη 90 μοιρών.

Για τον αγωγό κατάθλιψης:

Βάνα πλήρως ανοιχτή.

Ταυ.

Καμπύλη 90 μοιρών.

Βαλβίδα αντεπιστροφής.

Σημείο λειτουργίας της αντλία.

Χαρακτηριστική καμπύλη σωλήνωσης.

www.wilo.gr

www.grundfos.gr

Σχήμα 3.7

Η πέμπτη σελίδα που έχει ως τίτλο “εύρεση σημείου λειτουργίας και επιλογή αντλίας” παρουσιάζει κάποιες ερωτήσεις προκειμένου να βρεθεί η χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης. Σε αυτή τη σελίδα ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει όλα τα κουτιά με τα αντίστοιχα νούμερα της συγκεκριμένης εγκατάστασης που θέλει να κατασκευάσει και να πατήσει “υπολόγισε”.

ΠΡΟΣΟΧΗ. Σε περίπτωση που κάποιο από τις παραπάνω ερωτήσεις δεν υπάρχει πρέπει να συμπληρώσει με 0. Δεν πρέπει να αφήσει καινού κουτί. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να βγει από το πρόγραμμα και να το ξανατρέξει.

Αυτά που πρέπει να γνωρίζει για την κατασκευή της ιδανικής σωλήνωσης είναι η διακινούμενη παροχή, το ύψος ανύψωσης, το μήκος του αγωγού αναρρόφησης, το μήκος του

αγωγού κατάθλιψης και τα τοπικά εξαρτήματα για τον αγωγό αναρρόφησης και κατάθλιψης.

3.2.7. Έκτη σελίδα του προγράμματος – Αποτελέσματα

Αφού συμπληρώσει τα κενά κουτιά και πατήσει το κουμπί “υπολόγισε” εμφανίζεται η έκτη σελίδα του προγράμματος όπως φαίνεται παρακάτω (σχήμα 3.8).

ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Η διακινούμενη παροχή Q σε m ³ /h.	100	Η τυποποιημένη ονομαστική διάμετρο της χαλύβδινης σωλήνας αναρρόφησης είναι DN 200 δηλαδή 0,2191 m και της σωλήνας κατάθλιψης DN 150 δηλαδή 0,1683 m.
Το ύψος ανύψωσης h σε m.	50	Η ταχύτητα στη σωλήνα αναρρόφησης είναι 0,736755233599107 m/sec και στη σωλήνα κατάθλιψης 1,24864721470871 m/sec.
Το μήκος L _i του αγωγού αναρρόφησης σε m.	20	Το συνολικό ύψος είναι 51,2042302637317 m.
Το μήκος L _o του αγωγού κατάθλιψης σε m.	100	

Για τον αγωγό αναρρόφησης.		Για τον αγωγό κατάθλιψης.	
Βάνα πλήρως ανοιχτή.	1	Βάνα πλήρως ανοιχτή.	1
Στόμο αναρρόφησης.	1	Ταυ.	1
Ταυ.	0	Καμπύλη 90 μοιρών.	2
Καμπύλη 90 μοιρών.	1	Βαλβίδα αντεπιστροφής.	1

Το σημείο λειτουργίας της αντλίας είναι (H/Q)=(51,2042302637317/100).

Η χαρακτηριστική της σωλήνωσης είναι $H = 50 + 0,000120423026373171 Q^2$.

www.wilo.gr
www.grundfos.gr

Υπολόγισε

Σχήμα 3.8

Σε αυτή τη σελίδα παρουσιάζεται η τυποποιημένη ονομαστική διάμετρο της χαλύβδινης σωλήνας αναρρόφησης και κατάθλιψης που πρέπει να έχει η εγκατάσταση, η ταχύτητα του ρευστού που θα υπάρχει στη σωλήνα αναρρόφησης και κατάθλιψης, το συνολικό ύψος που θα διακινεί η αντλία (δηλαδή μαζί με όλες της απώλειες, το σημείο λειτουργίας της αντλίας και η χαρακτηριστική καμπύλη της σωλήνωσης. Ο τρόπος με τον οποίο βγαίνουν τα παραπάνω αποτελέσματα εξηγείται στη παράγραφο 3.5.

3.2.8. Επιλογή αντλίας

Από την πέμπτη και έκτη σελίδα του προγράμματος υπάρχει η δυνατότητα να επιλέξει την αντλία που θέλει να χρησιμοποιήσει και να δει περισσότερα χαρακτηριστικά για τις αντλίες του

εμπορίου. Αυτό γίνεται πατώντας με ένα κλικ του ποντικιού στις ιστοσελίδες που βρίσκονται κάτω δεξιά στην οθόνη οι οποίες οδηγούν σε μερικές εταιρίες που κατασκευάζουν αντλίες. Προϋπόθεση για να γίνει αυτό είναι ο χρήστης να είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο.

Οι ιστοσελίδες που αναφέρονται είναι οι παρακάτω:

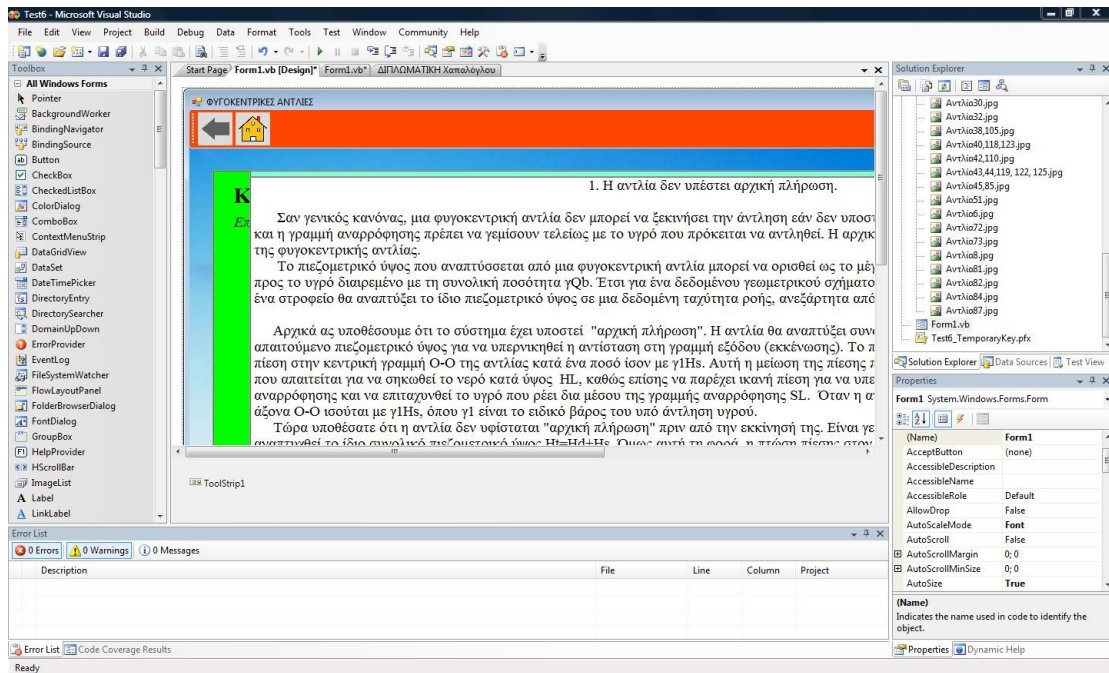
www.wilo.gr

www.grundfos.gr

3.3.Επεξήγηση κατασκευής των υπολογιστικών παραθύρων

Το υπολογιστικό πρόγραμμα έχει δημιουργηθεί με την Visual Studio Professional Edition και ο κώδικας που έχει γραφτεί είναι σε Visual Basic. Η εικόνα που φαίνεται για τη δημιουργία του προγράμματος είναι όπως παρακάτω (σχήμα 3.9).

Όπως φαίνεται η Visual Studio, αριστερά βρίσκονται τα εργαλεία που βοηθούν στην υλοποίηση των παραθύρων, το Toolbox. Δεξιά βρίσκεται το Solution Explorer, που δείχνει την δομή που έχει κατασκευαστεί για το πρόγραμμα “ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ” και το Properties που βοηθάει για γραφικά σε κάθε εργαλείο που χρησιμοποιείται από το Toolbox. Στο κάτω μέρος φαίνεται το Error List που δείχνει τα λάθη που υπάρχουν κατά τον προγραμματισμό. Στο κέντρο μπορεί κάποιος να δει τρία πράγματα. Πρώτον το Form1.vb [Design] που φαίνονται γραφικά τα παράθυρα και όλα τα εργαλεία από το Toolbox, δεύτερον το Form1.vb που φαίνεται ο κώδικας που υπάρχει για την υλοποίηση του προγράμματος και τρίτον το “Διπλωματική Χαπαλόγλου” που φαίνονται οι πηγές και οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για το πρόγραμμα “ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ”.



Σχήμα 3.9

3.3.1. Κατασκευή της κεντρικής σελίδας του προγράμματος

Για να κατασκευαστεί η κεντρική σελίδα χρησιμοποιήθηκε ένα Form1 το οποίο ονομάστηκε “ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ”. Πάνω σε αυτό στηρίχτηκαν όλα τα παράθυρα και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν από το Toolbox όλων των σελίδων του προγράμματος. Από το Toolbox χρησιμοποιήθηκε ένα ToolStrip το οποίο είναι η μπάρα για να τοποθετούνται κουμπιά στο πάνω μέρος του προγράμματος. Εκεί τοποθετήθηκαν δύο κουμπιά, ToolStripButton, τα οποία επιτρέπουν να πηγαίνει ο χρήστης σε όποια σελίδα του προγράμματος θέλει.

Μέσα στο Form1 τοποθετήθηκε από τα εργαλεία το Panel1 πάνω στο οποίο φαίνονται όλα αυτά που υπάρχουν στην κεντρική σελίδα του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δύο RadioButton τα οποία επιτρέπουν ο χρήστης να επιλέξει μία από τις δύο ενέργειες που θέλει να εκτελέσει. Επίσης από το Toolbox χρησιμοποιήθηκε ένα LinkLabel που ονομάστηκε “οδηγός για τη χρήση του προγράμματος” και επιτρέπει να αλλάξει σελίδα και ένα Button που ονομάστηκε “βήμα 1^ο” και επιτρέπει να πάει στην επόμενη σελίδα. Τέλος για να γραφτεί κείμενο επάνω στο Panel1 χρησιμοποιήθηκαν δύο Label.

3.3.2.Κατασκευή της δεύτερης σελίδας του προγράμματος

Για την δημιουργία της δεύτερης σελίδας του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε το Panel2 που τοποθετήθηκε μέσα στο Form1 και πάνω σ' αυτό όλα αυτά που φαίνονται με την εκτέλεση του προγράμματος στην δεύτερη σελίδα.

Πιο συγκεκριμένα για να γραφτεί κείμενο επάνω στο Panel2 χρησιμοποιήθηκε ένα Label το οποίο αναφέρει την ονομασία της σελίδας. Επίσης χρησιμοποιήθηκε από το Toolbox 23 Checkbox στα οποία έχουν γραφτεί τα 23 συμπτώματα των φυγοκεντρικών αντλιών που μπορεί να παρουσιαστούν όταν υπάρχει κάποιο πρόβλημα και επιτρέπουν να επιλέξει ένα ή και παραπάνω από τα συμπτώματα. Τέλος χρησιμοποιήθηκε ένα Button που το ονομάσαμε “βήμα 2^ο” και επιτρέπει στον χρήστη να πάει στην επόμενη σελίδα.

3.3.3.Κατασκευή της τρίτης σελίδας του προγράμματος

Για την δημιουργία της τρίτης σελίδας του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε το Panel3 που τοποθετήθηκε μέσα στο Form1 και πάνω σ' αυτό όλα αυτά που φαίνονται με την εκτέλεση του προγράμματος στην τρίτη σελίδα.

Πιο συγκεκριμένα για να γραφτεί κείμενο επάνω στο Panel3 χρησιμοποιήθηκε ένα Label το οποίο αναφέρει την ονομασία της σελίδας. Όλα τα Linklabel που εμφανίζονται σ' αυτή τη σελίδα δεν προέρχονται από το Toolbox, αλλά από τον κώδικα του προγράμματος. Παρακάτω στη παράγραφο 3.4.3. εξηγείται ο τρόπος με τον οποίο εμφανίζονται αυτά τα Linklabel που η ονομασία τους είναι τα 159 αίτια καθώς και το πώς γίνεται η επιλογή αυτών σε σχέση με το ποια Checkbox έχουν επιλέγει από την προηγούμενη σελίδα.

3.3.4.Κατασκευή της τέταρτης σελίδας του προγράμματος

Για την δημιουργία της τέταρτης σελίδας του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε το Panel4 που τοποθετήθηκε μέσα στο Form1 και

πάνω σ' αυτό όλα αυτά που φαίνονται με την εκτέλεση του προγράμματος στην τρίτη σελίδα.

Πιο συγκεκριμένα πάνω στο Panel4 τοποθετήθηκαν 159 Label όσες και οι αιτίες των προβλημάτων των φυγοκεντρικών αντλιών. Το κάθε Label περιέχει ένα κείμενο και μερικές φορές εικόνες που επεξηγούν τα αίτια των προβλημάτων. Τα Label είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε αν η ανάλυση της οθόνης του υπολογιστή είναι μικρότερη από αυτή που απαιτείται, να εμφανίζει δεξιά και κάτω Scroll (μπάρες) για να μην αποκόπτεται κείμενο ή κάποια από τις εικόνες. Η επιλογή και η εμφάνιση του συγκεκριμένου Label από το αντίστοιχο αίτιο γίνεται μέσα από τον κώδικα του προγράμματος και θα εξηγηθεί στην παράγραφο 3.4.4.

3.3.5.Κατασκευή της πέμπτης σελίδας του προγράμματος

Για την δημιουργία της πέμπτης σελίδας του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε το Panel5 που τοποθετήθηκε μέσα στο Form1 και πάνω σ' αυτό όλα αυτά που φαίνονται με την εκτέλεση του προγράμματος στην πέμπτη σελίδα.

Πιο συγκεκριμένα για να γραφτεί κείμενο επάνω στο Panel5 χρησιμοποιήθηκε ένα Label το οποίο αναφέρει την ονομασία της σελίδας. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν 12 Label που το κάθε ένα αντιστοιχεί σε ένα Textbox και μπορεί ο χρήστης του προγράμματος να συμπληρώσει τα νούμερα που θέλει. Ακόμα, ένα Button που ονομάστηκε “υπολόγισε” και με το πάτημα επιτρέπει στο χρήστη να δει τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς που έγιναν. Οι υπολογισμοί αυτοί αναγράφονται σε 5 Label που πριν την εκτέλεση του υπολογισμού αναγράφουν το τι θα παρουσιάσουν αντίστοιχα μετά το πάτημα του κουμπιού. Για το πώς γίνονται οι υπολογισμοί μέσα από τον κώδικα θα αναλυθεί στη παράγραφο 3.5. Όλα τα παραπάνω προέρχονται από το Toolbox της Visual Studio.

3.4.Επεξήγηση υπολογιστικού κώδικα

Για την δημιουργία του υπολογιστικού προγράμματος χρησιμοποιήθηκε η Visual Studio και η γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic. Ο κώδικας για τη δημιουργία του προγράμματος

“Φυγοκεντρικές Αντλίες” είναι συνολικά πάνω από 2500 γραμμές. Παρακάτω δίνονται και επεξηγούνται τα πιο σημαντικά κομμάτια του κώδικα.

3.4.1. Η υπορουτίνα Form1 Load

Στην υπορουτίνα Form1 Load έχουν οριστεί με σειρά τα 23 συμπτώματα και τα 159 αίτια όπως φαίνονται αντίστοιχα στις παραγράφους 3.2.3.1. Κατάλογος Συμπτωμάτων και 3.2.4.1. Κατάλογος Αιτιών. Τα 23 συμπτώματα έχουν αντιστοιχηθεί με τα 23 Checkbox της δεύτερης σελίδας του προγράμματος ως Checkbox(i), όπου i από 1 μέχρι και 23 και τα 159 αίτια με τον πίνακα cause(j), όπου j από 1 μέχρι και 159.

3.4.2. Πώς γίνεται αντιστοιχία συμπτωμάτων – αιτιών

Το κουμπί Button2 βρίσκεται στη δεύτερη σελίδα του προγράμματος και ονομάστηκε “Βήμα 1^ο”. Με το πάτημα αυτού του κουμπιού το πρόγραμμα πηγαίνει στην υπορουτίνα που παρουσιάζεται παρακάτω. Ενδιάμεσα παρουσιάζονται σχόλια για τις διεργασίες που εκτελούνται.

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button2.Click
```

```
    Me.Controls.Add(Panel3)  
    Me.Controls.Remove(Panel2)
```

Εμφανίζει την επόμενη σελίδα του προγράμματος (την τρίτη, Panel3) και διώχνει την υπάρχουσα (την δεύτερη, Panel2).

```
    N = 0  
    For i = 1 To 23  
        If checkbox(i).Checked = True Then  
            N = N + 1  
            JJ(N) = i  
        Else  
            Continue For  
        End If  
    Next
```

Πηγαίνει σε κάθε ένα από τα Checkbox που αντιστοιχούν στα 23 συμπτώματα και δημιουργεί ένα μονοδιάστατο πίνακα JJ(N) όπου σε κάθε θέση με σειρά τοποθετεί το σύμπτωμα που έχει επιλεγεί. Δηλαδή αν επιλεγεί το 2, 6 και 9 σύμπτωμα με τα Checkbox ο πίνακας

JJ(N) στη θέση 1 θα αντιστοιχεί το 2, στη θέση 2 το 6, στη θέση 3 το 9 και στις υπόλοιπες θέσεις μέχρι και την 23 θα αντιστοιχεί nothing (τίποτα).

```
For i = 1 To N
    Call xaris()
    For j = 0 To 159
        a(i, j) = BB(j)
    Next
Next
```

Καλεί την υπορουτίνα xaris() τόσες φορές όσες το σύνολο των Checkbox που ο χρήστης έχει τσεκάρει. Δηλαδή σύμφωνα με το παράδειγμα 3 φορές. Μετά δημιουργεί ένα δισδιάστατο πίνακα a(i, j) που σε κάθε σύμπτωμα που έχει τσεκάρει αντιστοιχεί τα αντίστοιχα αίτια με λόγια. Αυτό γίνεται με την υπορουτίνα xaris() και με τον πίνακα BB (j) που αναλύονται στην επόμενη παράγραφο.

```
x = 1

If N = 1 Then
    For j = 1 To 159
        If a(1, j).Equals(cause(j)) Then
            x = x + 1
            linklabel(j) = New LinkLabel
            Me.linklabel(j).AutoSize = True
            Me.linklabel(j).Location = New
System.Drawing.Point(34, 90 + (25 * x))
            linklabel(j).Text = cause(j)
            Panel3.Controls.Add(linklabel(j))
        End If
    Next j
```

Αν το N είναι ίσο με ένα, δηλαδή ο χρήστης έχει τσεκάρει μόνο 1 από τα 23 συμπτώματα τότε εμφανίζει τα αντίστοιχα αίτια του συμπτώματος στη τρίτη σελίδα του προγράμματος το ένα μετά το άλλο ως Linklabel.

```
Else

    q = 0

    For j = 1 To 159

        p = 0

        For i = 1 To N - 1
            If a(i, j).Equals(a(i + 1, j)) And a(i,
j).Equals(cause(j)) Then
                p = 1
            Else
                p = 0
```

```

        Exit For
    End If
Next i

If p.Equals(1) Then
    q = q + 1
    aa(q) = j

End If
Next j

```

Αν το N είναι μεγαλύτερο του ένα, δηλαδή έχει τσεκάρει παραπάνω από ένα σύμπτωμα τότε για κάθε ένα από τα συμπτώματα συγκρίνει τις αντίστοιχες αιτίες και αν υπάρχουν ίδιες αιτίες το p γίνεται 1 διαφορετικά 0. Αν το p είναι ίσο με ένα αυτή η αιτία προστίθεται σαν στοιχείο στο μονοδιάστατο πίνακα aa (q). Η διαδικασία αυτή γίνεται και για τα 159 αίτια και έτσι ο πίνακας aa (q) περιέχει μόνο τις κοινές αιτίες των συμπτωμάτων, δηλαδή τις τομές τους.

```

If q = 0 Then
    MsgBox("Η επιλογή αυτών των συμπτωμάτων δεν δίνει αιτίες. Πήγαινε στο προηγούμενο βήμα και επέλεξε πιο προσεκτικά τα συμπτώματα.")
End If

```

Αν το q παραμείνει 0 σημαίνει ότι τα συμπτώματα που επιλέχτηκαν δεν έχουν κοινά αίτια, δηλαδή η τομή αυτών των συμπτωμάτων είναι το κενό και άρα παρουσιάζεται το παραπάνω MsgBox που λέει ότι: "Η επιλογή αυτών των συμπτωμάτων δεν δίνει αιτίες. Πήγαινε στο προηγούμενο βήμα και επέλεξε πιο προσεκτικά τα συμπτώματα."

```

For i = 1 To q
    x = x + 1
    linklabel(aa(i)) = New LinkLabel
    Me.linkLabel(aa(i)).AutoSize = True
    Me.linkLabel(aa(i)).Location = New
System.Drawing.Point(34, 90 + (25 * x))
    linklabel(aa(i)).Text = cause(aa(i))
    Panel3.Controls.Add(linklabel(aa(i)))
Next i
End If

```

Εδώ εμφανίζει τα q κοινά αίτια των αντίστοιχων συμπτωμάτων το ένα μετά το άλλο μέσω του πίνακα aa (i) στην τρίτη σελίδα του προγράμματος (Panel3) ως Linklabel.

End Sub

Τέλος υπορουτίνας Button2_Click .

3.4.3.Πώς γίνεται η επιλογή των αιτιών

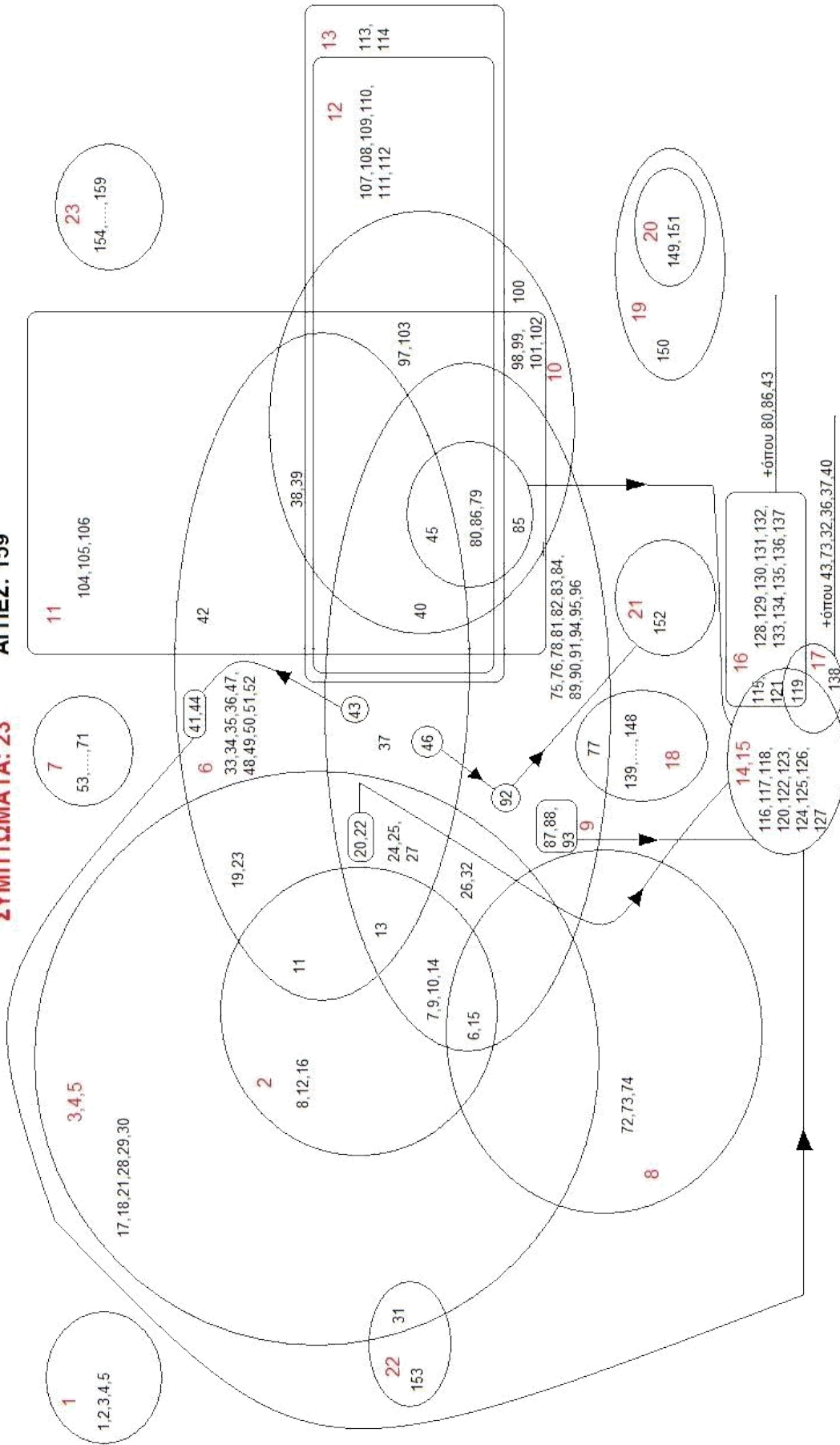
Τα 23 συμπτώματα και τα 159 αίτια έχουν οριστεί αντίστοιχα όπως φαίνονται στις παραγράφους 3.2.3.1. Κατάλογος Συμπτωμάτων και 3.2.4.1. Κατάλογος Αιτιών.

Παρακάτω φαίνεται ένα σχήμα όπου με κόκκινο παρουσιάζονται τα συμπτώματα και με μαύρο τα αίτια. Κάθε κλειστό σχήμα περιέχει έναν κόκκινο αριθμό που από τον κατάλογο συμπτωμάτων είναι το αντίστοιχο σύμπτωμα και μαύρα νούμερα που από τον κατάλογο αιτιών είναι τα αντίστοιχα αίτια. Επίσης φαίνονται και οι τομές συμπτωμάτων όταν αυτά έχουν με τα αντίστοιχα αίτια που περικλείουν.

Για παράδειγμα το σύμπτωμα 2 περιέχει τα αίτια 8, 12, 16, 11, 13, 7, 9, 10, 14, 6, 15 και το σύμπτωμα 8 περιέχει τα αίτια 6, 15, 72, 73, 74. Η τομή των συμπτωμάτων 2 και 8 περιέχει τα αίτια 6, 15 όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα.

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ: 23

ΑΙΤΙΕΣ: 159



Για να τοποθετηθεί κάθε σύμπτωμα με τα αντίστοιχα αίτια, δηλαδή η ανάλυση του παραπάνω σχήματος, γράφτηκε στον υπολογιστικό κώδικα η υπορουτίνα xaris() όπως φαίνεται παρακάτω. Κάποια σχόλια παρουσιάζονται ενδιάμεσα στον κώδικα για την καλύτερη κατανόησή του.

```
Private Sub xaris()  
  
    For j = 0 To 159  
        BB(j) = 0  
    Next
```

Μηδενίζει και τα 159 στοιχεία του πίνακα BB(j). Αυτός ο πίνακας θα είναι ο πίνακας των αιτιών για κάθε αντίστοιχο σύμπτωμα.

```
    If JJ(i) = 1 Then  
        For j = 1 To 5  
            BB(j) = cause(j)  
        Next  
    End If
```

Στο πρώτο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 1 μέχρι και το 5. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 1 μέχρι και την 5 είναι οι αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```
    If JJ(i) = 2 Then  
        For j = 6 To 16  
            BB(j) = cause(j)  
        Next  
    End If
```

Στο δεύτερο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 6 μέχρι και το 32. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 6 μέχρι και την 32 είναι οι αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```
    If JJ(i) = 3 Then  
        For j = 6 To 32  
            BB(j) = cause(j)  
        Next  
    End If
```

Στο τρίτο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 6 μέχρι και το 32. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 6 μέχρι και την 32 είναι οι αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```
    If JJ(i) = 4 Then
```



```

For j = 6 To 32
    BB(j) = cause(j)
Next
End If

```

Στο τέταρτο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 6 μέχρι και το 32. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 6 μέχρι και την 32 είναι οι αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```

If JJ(i) = 5 Then
    For j = 6 To 32
        BB(j) = cause(j)
    Next
End If

```

Στο πέμπτο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 6 μέχρι και το 32. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 6 μέχρι και την 32 είναι οι αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```

If JJ(i) = 6 Then
    For m = 1 To 9
        Select Case m
            Case 1
                j = 11
            Case 2
                j = 13
            Case 3
                j = 19
            Case 4
                j = 20
            Case 5
                j = 22
            Case 6
                j = 23
            Case 7
                j = 24
            Case 8
                j = 25
            Case 9
                j = 27
        End Select
        BB(j) = cause(j)
    Next
    For j = 33 To 52
        BB(j) = cause(j)
    Next
End If

```

Στο έκτο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 33 μέχρι και το 52 καθώς και οι αιτίες 11, 13, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27. Έτσι ο πίνακας BB(j)

περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 33 μέχρι και την 52 και στις 11, 13, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27 είναι οι αντίστοιχες αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

Αυτό γίνεται και για τα 23 συμπτώματα ώστε για κάθε σύμπτωμα να είναι πλήρως καθορισμένες οι αντίστοιχες αιτίες.

```
If JJ(i) = 22 Then
  For m = 1 To 2
    Select Case m
      Case 1
        j = 31
      Case 2
        j = 153
    End Select
    BB(j) = cause(j)
  Next
End If
```

Στο εικοστό δεύτερο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες 31, 153. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 31, 153 είναι οι αντίστοιχες αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```
If JJ(i) = 23 Then
  For j = 154 To 159
    BB(j) = cause(j)
  Next
End If
```

Στο εικοστό τρίτο σύμπτωμα αντιστοιχούν οι αιτίες από το 154 μέχρι και το 159. Έτσι ο πίνακας BB(j) περιέχει 159 στοιχεία, όπου στις θέσεις 154 μέχρι και την 159 είναι οι αντίστοιχες αιτίες όπως φαίνονται στον πίνακα αιτιών με λόγια ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία του είναι 0.

```
End Sub
```

Τέλος της υπορουτίνας xaris().

3.4.4. Πώς γίνεται η επιλογή των επεξηγήσεων αντίστοιχων αιτιών

Παρακάτω γίνεται παρουσίαση των υπορουτίνων που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εμφανίζονται οι επεξηγήσεις των αντίστοιχων αιτιών.

```

Private Sub LinkLabel1_LinkClicked(ByVal sender As Object, _
    ByVal e As LinkLabelLinkClickedEventArgs) _
    Handles linklabel1.LinkClicked

    Me.Controls.Add(Panel4)
    Panel4.Controls.Clear()
    Panel4.Controls.Add(Label1)
    Me.Controls.Remove(Panel3)

End Sub

```

Η υπορουτίνα LinkLabel1_LinkClicked χρησιμοποιείται όταν πατάμε το πρώτο αίτιο αντίστοιχα από τον κατάλογο αιτιών και αντιστοιχεί στην πρώτη σελίδα των επεξηγήσεων. Πιο συγκεκριμένα με το που πατήσει ο χρήστης του προγράμματος το πρώτο LinkLabel1, προσθέτει το Panel4, εξαφανίζει και τα 159 Label που υπάρχουν σ' αυτή τη σελίδα, προσθέτει μόνο το αντίστοιχο Label, που είναι το Label1, και αφαιρεί την προηγούμενη σελίδα, το Panel3.

```

Private Sub LinkLabel2_LinkClicked(ByVal sender As Object, _
    ByVal e As LinkLabelLinkClickedEventArgs) _
    Handles linklabel2.LinkClicked

    Me.Controls.Add(Panel4)
    Panel4.Controls.Clear()
    Panel4.Controls.Add(Label2)
    Me.Controls.Remove(Panel3)

```

Η υπορουτίνα LinkLabel2_LinkClicked χρησιμοποιείται όταν πατάμε το δεύτερο αίτιο αντίστοιχα από τον κατάλογο αιτιών και αντιστοιχεί στην δεύτερη σελίδα των επεξηγήσεων. Πιο συγκεκριμένα με το που πατήσει ο χρήστης το πρώτο LinkLabel1, προσθέτει το Panel4, εξαφανίζει και τα 159 Label που υπάρχουν σ' αυτή τη σελίδα, προσθέτει μόνο το αντίστοιχο Label, που είναι το Label2, και αφαιρεί την προηγούμενη σελίδα, το Panel3.

Η παραπάνω διαδικασία γίνεται 159 φορές, όσες είναι τα Label των επεξηγήσεων των αντίστοιχων αιτιών. Δυστυχώς δεν μπορεί να δημιουργηθεί πίνακας LinkLabel και να χρησιμοποιήσει τους πίνακες που δημιουργήθηκαν, τον cause(j) και τον cause(aa(i)), που έχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Αυτό γίνεται γιατί τα LinkLabel δημιουργήθηκαν μέσα από τον κώδικα και όχι από το Toolbox της Visual Studio. Σε αντίθεση τα Checkbox που δημιουργήθηκαν από το Toolbox μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πίνακας και τα αντίστοιχα κομμάτια του κώδικα παρουσιάζονται παρακάτω.

```

For i = 1 To 23

```

```
checkbox(i).Text = indication(i)
Next
```

Ο πίνακας indication(i) περιέχει και τα 23 συμπτώματα ως κείμενο.

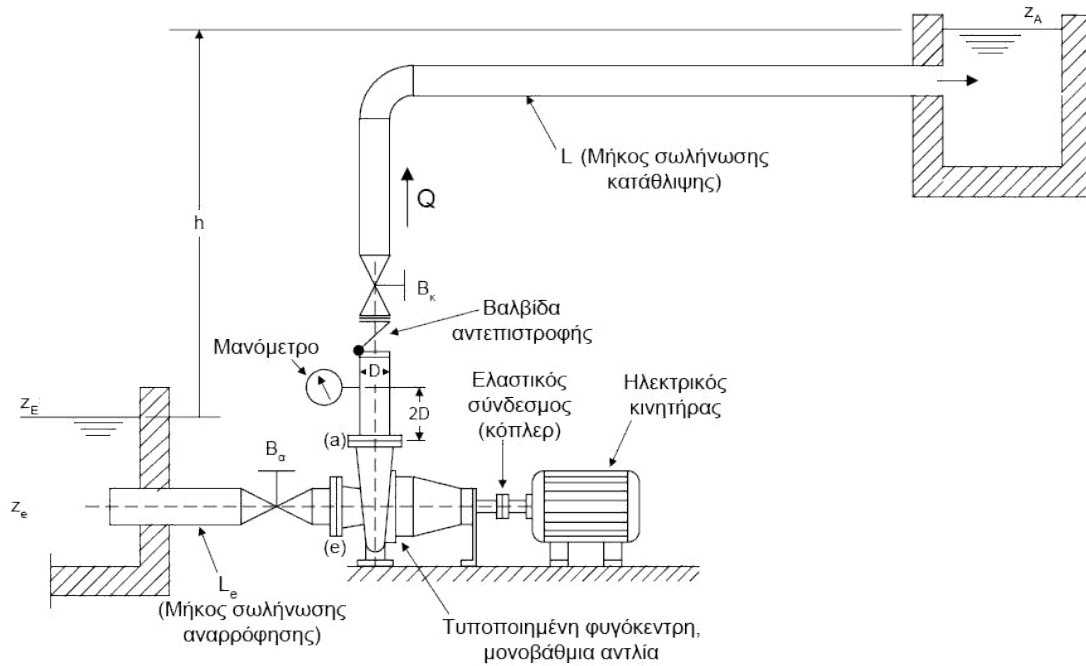
```
N = 0
For i = 1 To 23
    If checkbox(i).Checked = True Then
        N = N + 1
        JJ(N) = i
    Else
        Continue For
    End If
Next
```

Αυτό το κομμάτι του κώδικα έχει αναλυθεί στη παράγραφο 3.4.2.

3.5.Υπολογισμοί στην πέμπτη σελίδα του προγράμματος

Αντικείμενο της πέμπτης σελίδας του προγράμματος “Φυγοκεντρικές Αντλίες” είναι η δημιουργία σωστής αντλητικής εγκατάστασης, η εύρεση της χαρακτηριστικής της σωλήνωσης καθώς και το σημείο λειτουργίας της αντλίας, όταν είναι δεδομένα τα βασικά χαρακτηριστικά, δηλ. η παροχή Q , το ύψος ανύψωσης h και η διάταξη των σωληνώσεων αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Στην παρακάτω εικόνα 3.10 φαίνεται μια τυπική διάταξη αντλητικής εγκατάστασης.



Σχήμα 3.10 Τυπική διάταξη αντλητικής εγκατάστασης.

Για την επιλογή της διαμέτρου της σωλήνωσης κατάθλιψης εφαρμόστηκε ένα απλό κριτήριο, όπως ο καθορισμός της μέσης ταχύτητας στη σωλήνωση συναρτήσει της παροχής. Από τον πίνακα (Υδροδυναμικές Εγκαταστάσεις) που παρουσιάζεται παρακάτω υπάρχουν οι συνιστώμενες τιμές της μέσης ταχύτητας της ροής στη σωλήνωση κατάθλιψης συναρτήσει των διακινούμενων παροχών.

Q (m ³ /h)	2,5	7,0	21	56	140	270	660	2050
c (m/sec)	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9

Σχήμα 3.11 Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας στον σωλήνα κατάθλιψης.

Για οποιαδήποτε τιμή της παροχής γίνεται γραμμική παρεμβολή

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad (3.1)$$

και προκύπτει η τιμή της ταχύτητας κατάθλιψης c σε m/sec.

Είναι γνωστό ότι ισχύει $Q = c\pi\frac{d^2}{4}$. Οπότε βρίσκεται η διάμετρος στη σωλήνα κατάθλιψης και από τον παρακάτω πίνακα (Υδροδυναμικές Εγκαταστάσεις) επιλέγεται η τυποποιημένη

ονομαστική διάμετρος DN. Για την σωλήνα αναρρόφηση επιλέγεται μια ονομαστική διάμετρο κατά DN παραπάνω.

Άρα από τις τελικές διαμέτρους των σωληνώσεων προκύπτουν και οι μέσες ταχύτητες :

- στη σωλήνωση κατάθλιψης $c_k = \frac{4 \cdot Q_{3.2}}{\pi \cdot d_k^2}$

- στη σωλήνωση αναρρόφησης

$$c_a = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_a^2}$$

Η ταχύτητα αναρρόφησης είναι πάντα μικρότερη από 2m/sec οπότε δεν θα χρειάζεται να πάμε σε μεγαλύτερο DN.

DN	DN in	D mm
8	1/4	13.5
10	3/8	17.2
15	1/2	21.3
20	3/4	26.9
25	1	33.7
32	1 1/4	42.4
40	1 1/2	48.3
50	2	60.3
65	2 1/2	76.1
80	3	88.9
100	4	114.3

DN	DN in	D mm
125	5	139.7
150	6	168.3
200	8	219.1
250	10	273.0
300	12	323.9
350	14	355.6
400	16	406.4
500	20	508.0
600	24	609.6
700	28	711.2
800	32	812.8

DN	DN in	D mm
1000	40	1016
1200	48	1220
1400	56	1420
1600	64	1620
1800	72	1820
2000	80	2020
2200	88	2220
2400	96	2420
2600	104	2620
2800	112	2820
3000	120	3020

Σχήμα 3.12 Τυποποιημένες ονομαστικές διαμέτροι χαλύβδινων σωλήνων και εξαρτημάτων

Το ολικό ύψος H υπολογίζεται από τον τύπο $H = \delta h + h$, όπου h το ύψος ανύψωσης και δh το άθροισμα των υδραυλικών απωλειών δh_α της σωλήνωσης αναρρόφησης και δh_κ της σωλήνωσης κατάθλιψης.

Για τη σωλήνωση αναρρόφησης ισχύει δh_α

$$\delta h_{L\alpha} + \delta h_{s\alpha}$$

Από τη σχέση Darcy-Weisbach υπολογίζονται οι γραμμικές απώλειες :

$$\delta h_{L\alpha} = \lambda_u \cdot \frac{L_a \cdot c_a^2}{d_a \cdot 2 \cdot g}, \quad (3.5)$$

όπου λ_u ο συντελεστής γραμμικών απωλειών της σωλήνας αναρρόφησης, η τιμή του οποίου προκύπτει συναρτήσει του

αριθμού Reynolds Re της ροής και της σχετικής τραχύτητας. $\varepsilon_{sa} = \frac{\varepsilon}{d_a}$,
 με $\varepsilon = 0,20\text{mm}$.

Είναι $Re_a = \frac{c_a \cdot d_a}{\nu_{v,15^\circ C}}$, όπου ν η κινηματική συνεκτικότητα του
 νερού που ισούται με $1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (για $\theta = 15^\circ \text{C}$). Από το
 διάγραμμα Moody λαμβάνεται το λ .
 Άρα υπολογίστηκε το \mathcal{E}_{La} .

Οι εντοπισμένες απώλειες δh_s εκφράζονται σε mΣΥ για κάθε
 εξάρτημα ως $\delta h_s = \zeta \frac{c^2}{2g}$ όπου ζ ο συντελεστής εντοπισμένων
 απωλειών και είναι $\zeta = 0,15$ για βάνια πλήρως ανοικτή, $\zeta = 0,50$ για
 στόμιο αναρρόφησης, $\zeta = 0,7$ για ταυ και $\zeta = 0,51$ για καμπύλη 90° . Άρα
 υπολογίστηκε το \mathcal{E}_{sa} .

$$\text{Τελικά } \mathcal{E}_a = \mathcal{E}_{La} + \mathcal{E}_{sa}. \quad (3.6)$$

Για τη σωλήνωση κατάθλιψης ισχύει $\delta h_k(3=7)$
 $\delta h_{Lk} + \delta h_{sk}$.

Από τη σχέση Darcy-Weisbach υπολογίζονται οι γραμμικές
 απώλειες:

$$\delta h_{Lk} = \lambda_k \cdot \frac{L_k \cdot c_k^2}{d_k \cdot 2 \cdot g}, \quad (3.8)$$

όπου λ ο συντελεστής γραμμικών απωλειών, η τιμή του οποίου
 προκύπτει συναρτήσει του αριθμού Reynolds Re της ροής και της
 σχετικής τραχύτητας $\varepsilon_{sk} = \frac{\varepsilon}{d_k}$, με $\varepsilon = 0,20 \text{ mm}$.

Είναι $Re_k = \frac{c_k \cdot d_k}{\nu_{v,15^\circ C}}$, όπου ν η κινηματική συνεκτικότητα του
 νερού που ισούται με $1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (για $\theta = 15^\circ \text{C}$). Από το
 διάγραμμα Moody λαμβάνεται το λ .
 Άρα υπολογίζουμε το \mathcal{E}_{Lk} .

Οι εντοπισμένες απώλειες δh_{sk} εκφράζονται σε mΣΥ για κάθε εξάρτημα ως $\delta h_s = \zeta \frac{c^2}{2g}$ όπου ζ ο συντελεστής εντοπισμένων απωλειών και είναι $\zeta = 0,15$ για βάνια πλήρως ανοικτή, $\zeta = 0,30$ για βαλβίδα αντεπιστροφής, $\zeta = 0,51$ για καμπύλη 90° και $\zeta = 0,7$ για ταυ. Όμως ως απώλεια θα θεωρηθεί και η κινητική ενέργεια $c^2/2g$ της δέσμης που εισέρχεται στην πάνω δεξαμενή με $\zeta = 1$. Άρα υπολογίστηκε το δh_{sk} .

$$\text{Τελικά } \delta h_k = \delta h_{Lk} + \delta h_{sk}. \quad (3.9)$$

Άρα συνολικά θα είχαμε
 $\delta h = \delta h_a + \delta h_k$.

Υπολογίστηκε λοιπόν το συνολικό ύψος

$$\underline{\mathbf{H}} = \mathbf{h} + \delta \mathbf{h}. \quad (3.11)$$

Η παραπάνω διαδικασία υπάρχει στον υπολογιστικό κώδικα και με αυτό τον τρόπο βγαίνουν τα αποτελέσματα στη πέμπτη σελίδα του προγράμματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Επεξηγήσεις για αίτια των προβλημάτων των φυγοκεντρικών αντλιών

4. ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Ένα από τα πρώτα βήματα που πρέπει να γίνουν για τη διάγνωση της αιτίας ή των αιτιών ενός προβλήματος, είναι να περιοριστεί ο αριθμός των παραγόντων που πρέπει να ελεγχθούν. Για αυτό το λόγο, το μέρος αυτό, που αφορά στις βλάβες των αντλιών και τη διάγνυσή τους, αποτελεί έναν κατάλογο των βλαβών και των πιθανών αιτιών τους. Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να γίνει μια κατάταξη των βλαβών και των αιτιών.

Οι διάφορες βλάβες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Τα προβλήματα που οφείλονται σε κατασκευαστικά σφάλματα αντλιών (παρ. 4.1),
- τα προβλήματα που οφείλονται σε σφάλματα εγκατάστασης αντλιών (παρ. 4.2),
- τα προβλήματα που οφείλονται σε σφάλματα λόγω κακής συντήρησης (παρ. 4.3) και
- τα προβλήματα που οφείλονται στη λανθασμένη λειτουργία των αντλιών (παρ. 4.4)

Όλα τα παραπάνω αποτρέπουν τη σωστή και οικονομική λειτουργία της αντλίας.

Πολλές από τις αιτίες των βλαβών οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα. Η απροσεξία, τα λάθη και η έλλειψη γνώσεων περί των φυγοκεντρικών αντλιών γίνονται πολύ συχνά αιτίες σημαντικών και επικίνδυνων βλαβών. Μερικά από τα συχνότερα λάθη που κάνει ο άνθρωπος στον χειρισμό των αντλιών είναι το ανομοιόμορφο σφίξιμο των κοχλιών, η εκκίνηση της αντλίας χωρίς την προπλήρωσή της με υγρό, χωρίς λίπανση των τριβέων και χωρίς άνοιγμα της βαλβίδας στη γραμμή αναρρόφησης, η εφαρμογή υπερβολικής δύναμης ή το “κτύπημα” στο συγκρότημα άντλησης μετά την εγκατάστασή του, η λειτουργία της αντλίας για

μεγάλο χρονικό διάστημα με ταλαντώσεις και θόρυβο, η ρίψη αντικειμένων στη δεξαμενή αναρρόφησης, η άφεση εργαλείων ή μικροεξαρτημάτων στη γραμμή σωληνώσεων κατά τη συναρμολόγηση και η δια της βίας σύνδεση αντικανονικά ζευγμένων φλαντζών της αντλίας και των σωληνώσεων μέσω συνδετήριων κοχλιών.

Παρακάτω γίνεται ανάλυση και επεξήγηση όλων αυτών των αιτιών, οι οποίες υπάρχουν και στο υπολογιστικό πρόγραμμα “Φυγοκεντρικές Αντλίες”. Οι αρίθμηση των αιτιών είναι η ίδια με αυτή του καταλόγου των αιτιών (παράγραφο 3.2.4.1.) και ίδια με την αρίθμηση των αιτιών στο υπολογιστικό πρόγραμμα ούτως ώστε να αποφεύγεται τυχόν σύγχυση.

4.1. Προβλήματα που οφείλονται σε κατασκευαστικά σφάλματα αντλιών

2. Ο άξονας είναι σπασμένος.

Θραύσεις προκαλούμενες από υπερβολικές δυνάμεις εφελκυσμού. Τέτοιες θραύσεις αναγνωρίζονται από την κοκκώδη δομή των επιφανειών όπου το εξάρτημα αστόχησε. Ανάλογα με τις φυσικές ιδιότητες του επηρεαζόμενου υλικού, θραύσεις προκαλούμενες από υπερβολικές τάσεις μπορεί να συνοδευτούν από ρωγμές κατά τη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης τάσης και από επιμήκεις λογχοειδείς προεκτάσεις προς την ίδια κατεύθυνση.

Όταν συμβαίνει τέτοιου είδους θραύση σε όλκιμο υλικό, αυτή μπορεί να διαπιστωθεί παρατηρώντας ότι, όταν τα θραυσμένα τμήματα τοποθετηθούν μαζί, το νέο μήκος είναι πάντα μεγαλύτερο από το αρχικό, κανονικό εξάρτημα. Άλλη μια ένδειξη τέτοιας θραύσης είναι ότι το εξάρτημα στο σημείο θραύσης υπόκειται μια μείωση της επιφάνειας θραύσης. Σε εύθραυστα υλικά, οι επιφάνειες μπορεί να παρουσιάζουν κοκκώδη εμφάνιση, αλλά δεν υπάρχει αύξηση στο συνολικό μήκος των θραυσθέντων εξαρτημάτων και καμία μείωση στην επιφάνεια τομής τους.

Θραύση από συμπίεση. Ανάλογα με τις φυσικές ιδιότητες του επηρεαζόμενου υλικού, η θραύση από συμπίεση εμφανίζεται ως κονιοποίηση του συγκεκριμένου υλικού ή ως μια μεγάλη εγκάρσια

διαστολή. Το τελευταίο συνήθως συνοδεύεται από πολλές ρωγμές στο εξωτερικό χείλος του επηρεαζόμενου υλικού.

Κάμψη. Σε πολλά μέταλλα, θραύση από κάμψη αναγνωρίζεται από την κοκκώδη δομή της θραυσθείσης επιφάνειας επί της μίας πλευράς και από την λεία, πεπιεσμένη δομή της άλλης πλευράς. Σε όλκιμα υλικά, τέτοια θραύση συνήθως συνοδεύεται από πλαστική παραμόρφωση του υλικού πλησίον της αιχμής της θραυσθείσης επιφάνειας.

Διάτμηση. Διάτμηση συνήθως γίνεται αντιληπτή από λείες επιφάνειες της θραύσης, συνήθως συνοδευμένες από γραμμές που δείχνουν την κατεύθυνση της επενεργείσης δύναμης.

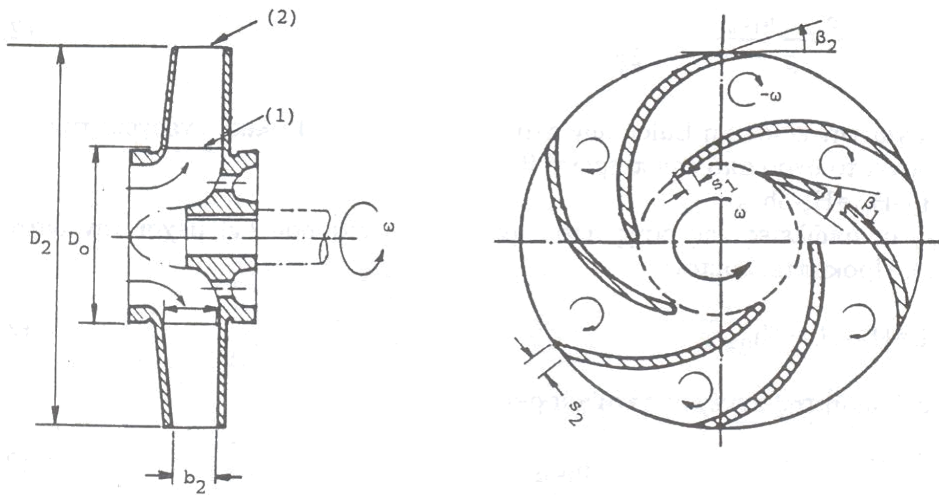
Κόπωση. Με δυνάμεις που ποικίλουν περιοδικά, θραύσεις που προκαλούνται από άλλους παράγοντες συμβαίνουν σε χαμηλότερες τάσεις από την μέγιστη αντοχή του επηρεαζόμενου υλικού, αυτή η ιδιότητα καλείται κόπωση.

Η κόπωση συνήθως δημιουργείται σε περιοχές συγκέντρωσης τάσεων. Σ' αυτές ανήκει και μια αιχμηρή αλλαγή από παχύ τμήμα του υλικού σε ένα λεπτό, καθώς και μικροσκοπικές ρωγμές και άλλες ατέλειες. Μερικές φορές, ένα μικρό σημάδι εργαλείου μπορεί να ξεκινήσει μια θραύση οφειλόμενη σε κόπωση. Τέτοιες αστοχίες μπορεί επίσης να προκληθούν από συχνές συστολές και διαστολές λόγω εναλλαγών της θερμοκρασίας. Αστοχίες από κόπωση συνήθως συμβαίνουν μόνο μετά από ορισμένο αριθμό κυκλικών αλλαγών του μεγέθους ή της διεύθυνσης της τάσης.

Συνήθως, η κόπωση αρχίζει ως μια μικρή ρωγμή στο υλικό. Αυτή η ρωγμή αυξάνεται βαθμιαία υπό την επήρεια των μεταβαλλόμενων δυνάμεων, έως ότου συμβεί η θραύση. Αυτό το φαινόμενο συχνά χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι ένα τμήμα της επιφάνειας θραύσης εμφανίζει δείγματα σκουριάς ή απολέπισης, ενώ το υπόλοιπο έχει το χρώμα και τη δομή μιας υγιούς (σωστής) δομής.

13. Λαυθασμένη κατεύθυνση λειτουργίας.

Η κατεύθυνση λειτουργίας της πτερωτής της αντλίας πρέπει να είναι σύμφωνα με το σχήμα 4.1, ώστε η μηχανική ενέργεια των πτερυγίων να προσδίδεται στο υγρό και να μεταφέρεται σε μεγαλύτερα πιεζομετρικά ύψη. Διαφορετικά η αντλία θα λειτουργεί χωρίς να αναπτύσσει πιεζομετρικό ύψος.

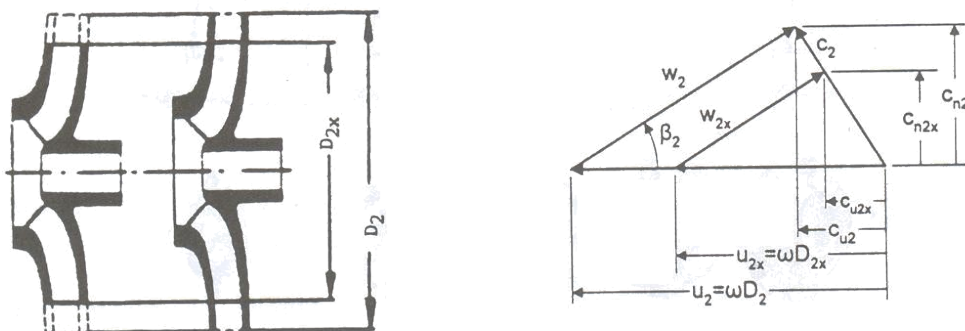


Σχήμα 4.1

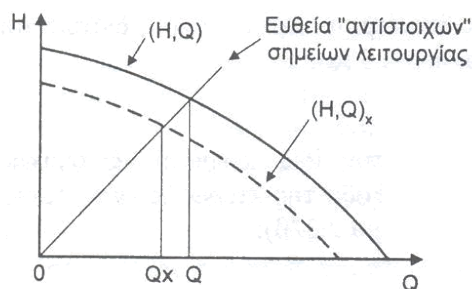
16. Εξωτερική διάμετρος του στροφείου κατεργασμένη σε πολύ μικρή διάμετρο.

Οι κατασκευαστές αντλιών με σκοπό την κατά το δυνατόν καλύτερη κάλυψη της επιθυμητής περιοχής παροχών και ολικών υψών με μια σειρά τυποποιημένων αντλιών καταφεύγουν στην μέθοδο κοψίματος της πτερωτής, δηλ. τροχίσματος σε μικρότερη διάμετρο ώστε να τροποποιηθεί κατάλληλα η χαρακτηριστική της αντλίας (σχήμα 4.2). Με τον τρόπο αυτό μια τυποποιημένη αντλία καλύπτει με πολύ καλό βαθμό απόδοσης μια περιοχή στο διάγραμμα (H,Q) (σχήμα 4.3, 4.4). Με σταθερή ταχύτητα περιστροφής για την ίδια πτερωτή διαμέτρου D_2 και D_{2x} και αντίστοιχη παροχή, πιεζομετρικό ύψος Q, H και Q_x , H_x ισχύουν οι εξισώσεις:

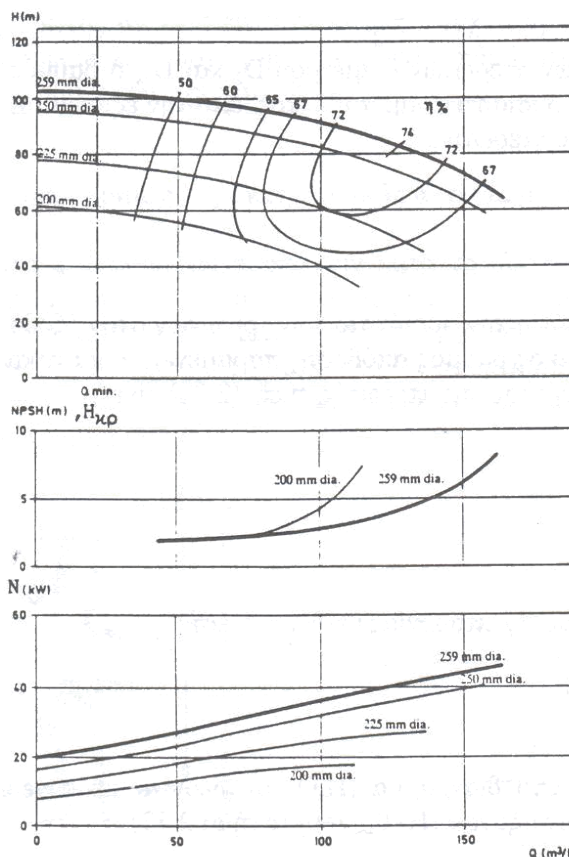
$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{H_x}{H} = \left(\frac{D_{2x}}{D_2} \right)^2$$



Σχήμα 4.2 α) Μείωση της εξωτερικής διαμέτρου D_2 πτερωτής ακτινικής ροής (στην διατομή εξόδου)
β) Όμοια τρίγωνα ταχυτήτων στην διατομή εξόδου.



Σχήμα 4.3 Μεταβολή της χαρακτηριστικής (H,Q) αντλίας λόγω μείωσης της διαμέτρου D_2 της πτερωτής και "αντίστοιχα" σημεία λειτουργίας.



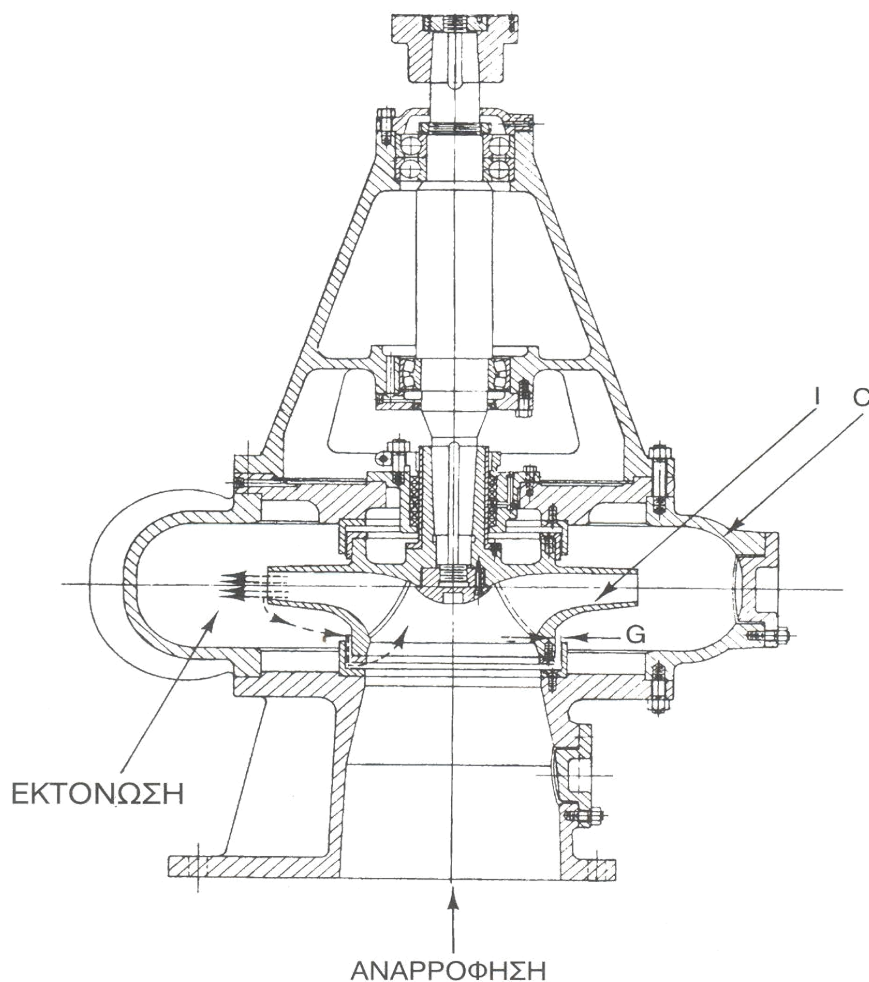
Σχήμα 4.4 Παράδειγμα καμπύλης λειτουργίας τυποποιημένης αντλίας για διάφορες τιμές της διαμέτρου της πτερωτής της.

18. Υπερβολική διαρροή μέσω των δακτυλίων τριβής ή άλλων στεγανωτικών επιφανειών.

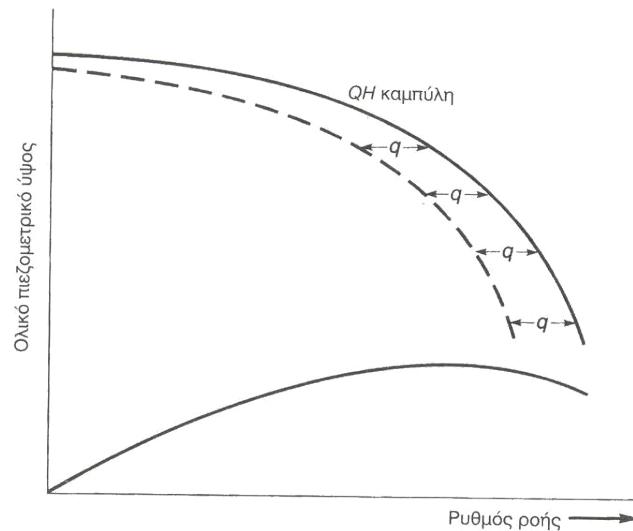
Το σχήμα 4.5 παρουσιάζει μια τυπική τομή δια μέσω αντλίας με χοάνη απλής αναρρόφησης με κλειστό στροφέιο. Το υγρό εισέρχεται στο στροφέιο I δια μέσου του ακροφυσίου αναρρόφησης. Το περιστρεφόμενο στροφέιο προσθέτει ενέργεια στο υγρό, το οποίο μετά εισέρχεται στο σταθερό κέλυφος c. Από εκεί, το περισσότερο υγρό εισέρχεται στη γραμμή εκροής. Μια ποσότητα από το υγρό επιστρέφει στο ακροφύσιο αναρρόφησης της αντλίας, δια μέσω του

διάκενου G που υπάρχει μεταξύ του περιστρεφόμενου στροφείου και του σταθερού κελύφους.

Γενικά, η διαρροή μπορεί να αναμένεται να αλλάξει το σχήμα της καμπύλης Q-H με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 4.6. Σε κάθε δεδομένο πιεζομετρικό ύψος, η παροχή πρέπει να ελαττωθεί κατά ένα ποσό q που αντιστοιχεί στην πρόσθετη απώλεια λόγω διαρροής. Αυτό επιβεβαιώνεται δοκιμάζοντας την ίδια αντλία με διαφορετικές ανοχές. Πράγματι, χρησιμοποιήθηκαν αυτά τα στοιχεία για τον υπολογισμό του ποσού αύξησης της διαρροής που προκαλείται από την αύξηση των ανοχών μεταξύ των δακτυλίων φθοράς. Αυτή η μέθοδος όμως αποδείχθηκε αξιόπιστη μόνο για μια περιοχή περίπου 30% συν ή πλην της σχεδιασθείσας παροχής. Σε χαμηλότερες παροχές, μια ελάττωση του πιεζομετρικού ύψους διαφαίνεται, η οποία μάλλον επηρεάζεται από παραμέτρους διαφορετικές από την διαρροή. Δεν υπάρχουν στοιχεία διαθέσιμα, προς το παρόν, για μεγάλες παροχές.



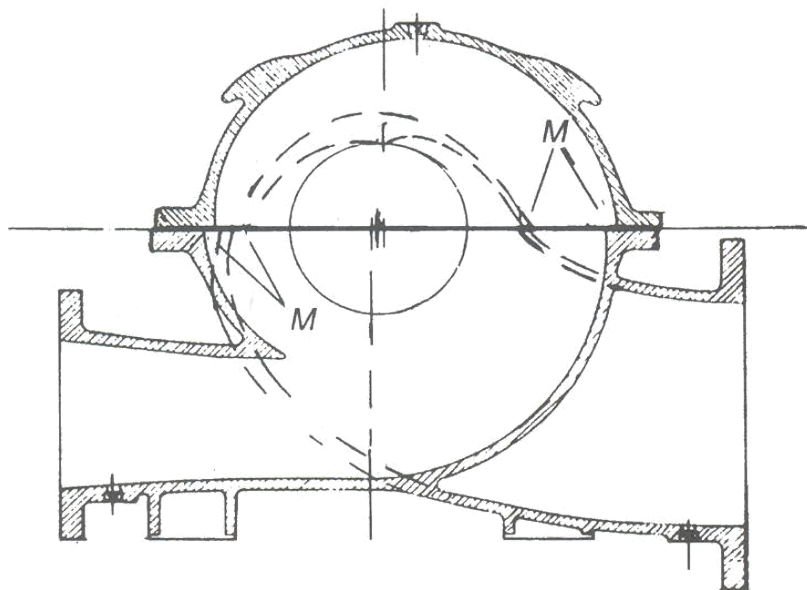
Σχήμα 4.5 Διάκενο σε μονή βαθμίδα, οπίσθιας αναρρόφησης αντλία με κλειστό στροφέιο.



Σχήμα 4.6 Η επίπτωση της διαρκής στο σχήμα της καμπύλης QH.

23. Λανθασμένη χύτευση του κελύφους ή του στροφείου.

Μερικές φορές, μετά από μεγάλη επισκευή μιας αντλίας, μπορεί να συμβεί ανεπιτυχής ευθυγράμμιση των δύο ημίσεων του κελύφους. Τέτοια ανεπιτυχής ευθυγράμμιση καταστρέφει την απόδοση (σχήμα 4.7). Όταν δεν υπάρχει άλλος τρόπος για να διορθωθεί η ανωτέρω βλάβη, η καλύτερη επόμενη λύση είναι να τροχίσουμε τις γωνίες/αιχμές που προεξέχουν στη ροή του νερού. Άλλο πρόβλημα σε αντλίες διαχωριζόμενου κελύφους παρουσιάζεται όταν η φλάντζα που σφραγίζει το ένωμα των δύο ημίσεων του κελύφους, προεξέχει μέσα στη ροή του νερού.



Σχήμα 4.7 Ανεπιτυχές ταίριασμα μεταξύ των δύο ημίσεων μιας αντλίας διαχωρισμένου κελύφους.

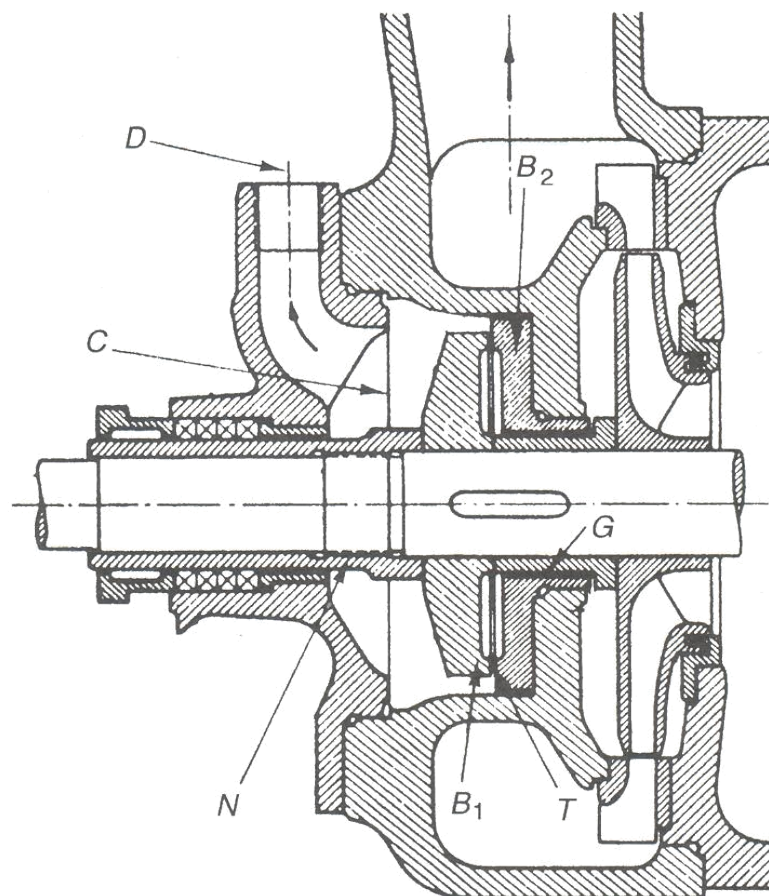
30. Υπερβολική διαρροή από το εξάρτημα υδραυλικής ζυγοστάθμισης.

Ένα σχετικό πρόβλημα που προκύπτει όταν η αντλία είναι εφοδιασμένη με ένα κοινό υδραυλικό εξάρτημα ζυγοστάθμισης (βλέπε σχήμα 4.8). Σε ένα τέτοιο εξάρτημα, υγρό υψηλής πίεσης από την τελευταία βαθμίδα περνά μέσω ενός κυλινδρικού διάκενου G σε ένα χώρο που σχηματίζεται από τις βαθουλωμένες επιφάνειες των δίσκων B1 και B2. Από εκεί, περνά μέσω του αυλακιού στραγγαλισμού T στην κοιλότητα C και εξέρχεται μέσω της σωλήνας αποστράγγισης D, προς τη γραμμή αναρρόφησης. Η απόσταση μεταξύ των δίσκων ζυγοστάθμισης και των επιφανειών του στραγγαλισμού διατηρείται μικρή, ώστε να αναπτυχθεί αρκετή πίεση για να αποφευχθεί η επαφή τους.

Το εξάρτημα ζυγοστάθμισης στο παρακάτω σχήμα προσδιορίζει την αξονική τοποθέτηση των στροφείων. Η καταστροφή του μπορεί να μεταβάλει την αξονική θέση των στροφείων, επηρεάζοντας την απόδοση ή μπορεί να προκαλέσει μηχανική βλάβη ή άλλα προβλήματα. Το εξάρτημα ζυγοστάθμισης μπορεί να αστοχήσει λόγω μιας τρύπας ή πορώδους υλικού των δίσκων B1 ή B2, που μειώνει την πίεση του υγρού που περνά ανάμεσά τους, προκαλώντας επαφή μεταλλική και φθορά. Επίσης, μπορεί να αστοχήσει λόγω εμφράξεως της αποστράγγισης D, αυξάνοντας την πίεση στο χώρο C και προκαλώντας μεταλλική επαφή των B1 και B2. Πιθανόν να

αστοχήσει και από έμφραξη της διόδου G. Αυτό μπορεί να προκληθεί από ανάπτυξη οργανικής σύνδεσης υλικών στην αντλία, η οποία έχει παραμείνει γεμάτη υγρό για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να λειτουργήσει.

Ένα διαφορετικό πρόβλημα εμφανίζεται όταν η διόδος G είναι πολύ φθαρμένη. Αυτό αυξάνει την πίεση στο υγρό που ρέει ανάμεσα στους δίσκους B1 και B2 και έτσι αυξάνεται η απόστασή τους. Αυτό, στη συνέχεια, επιτρέπει περισσότερο υγρό να διαρρέει μέσω του εξαρτήματος ζυγοστάθμισης, προκαλώντας λιγότερο υγρό να εισέρχεται στη γραμμή εκκένωσης. Συνεπώς, σε δεδομένο υλικό πιεζομετρικό ύψος, η αντλία παρέχει λιγότερο υγρό.



Σχήμα 4.8 Τομή εξαρτήματος ζυγοστάθμισης μιας αντλίας πολλαπλών δακτυλιοειδών βαθμίδων.

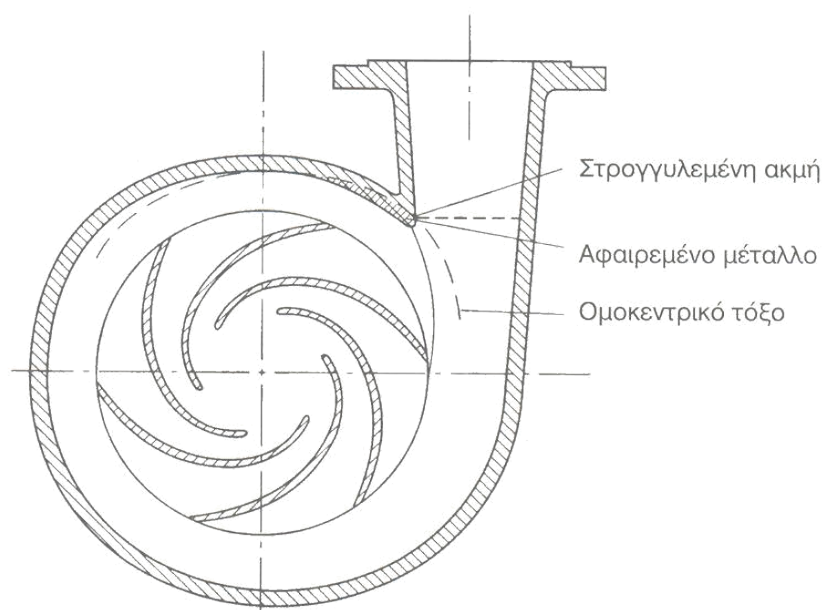
N = περικόχλιο που ασφαλίζει το δίσκο ζυγοστάθμισης στην κατάλληλη θέση επί του άξονα.

50. Βρεχόμενες επιφάνειες στροφείου ή κελύφους πολύ άγριες.

Όταν μια αντλία πρέπει να αποδώσει ένα ορισμένο ποσό υγρού σε ύψος H_e , οφείλει να αναπτύξει ένα πιεζομετρικό ύψος H (δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας) υψηλότερη από την H_e , επειδή μέρος από το πιεζομετρικό ύψος που θα αναπτυχθεί από την αντλία καταναλώνεται από την αντίσταση που προβάλλουν οι σωληνώσεις στη ροή του υγρού. Αυτή η αντίσταση προκαλείται από τριβές μεταξύ του υγρού και τις 'βρεχόμενες' (που έρχονται σε επαφή) επιφάνειες των σωληνώσεων, και από τις αλλαγές της διεύθυνσης της ροής. Επίσης, προκαλείται από αλλαγές στη διάμετρο των σωληνώσεων και στην αντίσταση που αποδίδεται σε διάφορους αρμούς. Ακόμα, όταν οι βρεχόμενες επιφάνειες του στροφείου ή του κελύφους είναι πολύ άγριες αυξάνονται οι τριβές με αποτέλεσμα την αύξηση κατανάλωσης ισχύος για δεδομένη παροχή.

81. Μικρή απόσταση μεταξύ της εξωτερικής διαμέτρου στροφείου και γλωσσιδίου χοάνης.

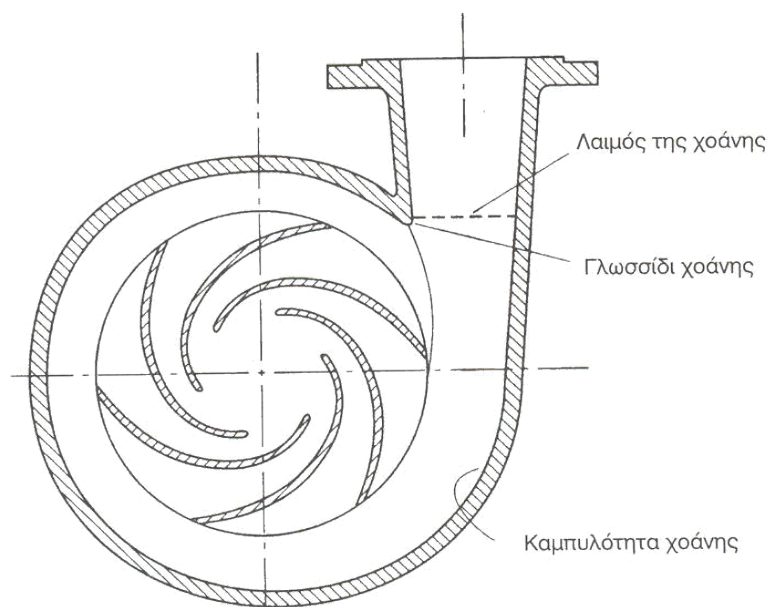
Οποτεδήποτε χοάνη αντλίας υπόκειται σε υπερβολικά ακτινικά φορτία (π.χ. λόγω του υψηλού ειδικού βάρους του αντλούμενου υγρού), είναι δυνατόν να μειωθεί αυτή η υπερβολική δύναμη, τροποποιώντας το σχήμα της καμπύλης της χοάνης (σχήμα 4.9). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με επανακατεργασία του τμήματος της χοάνης που είναι πλησίον του γλωσσιδίου αυτού κάνοντας το τμήμα της χοάνης του κελύφους ομοκεντρικό με το στροφείο.



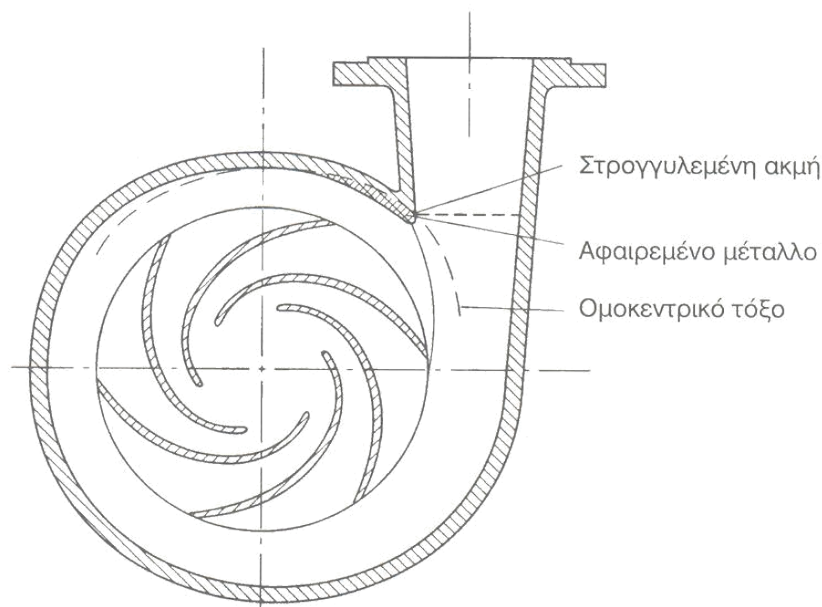
Σχήμα 4.9 Μια επανακατεργασμένη χοάνη για μείωση της ακτινικής ώσης.

82. Λανθασμένο σχήμα γλωσσιδίου χοάνης.

Αντίθετα με την ευρέως διαδεδομένη γνώμη, η γεωμετρία του γλωσσιδίου της χοάνης μπορεί να έχει τεράστιο επίδραση επί της απόδοσης μιας φυγοκεντρικής αντλίας. Προς το παρόν, δεν υπάρχει θεωρία που θα εξηγούσε ικανοποιητικά την αιτία για τόσο μεγάλη επίδραση της γεωμετρίας του γλωσσιδίου επί της απόδοσης. Υπό αυτό το πρίσμα, εξαρτάται από τον ειδικό επί των αντλιών, χρησιμοποιώντας την εμπειρία του, το να διαλέξει το σωστό σχήμα. Υπάρχει όμως ένα παρήγορο γεγονός: στις περισσότερες περιπτώσεις, οποτεδήποτε ένα πρόβλημα οφείλεται σε λανθασμένη γεωμετρία γλωσσιδίου, μπορεί εύκολα να εξαλειφθεί, απλά με το κόψιμο και την αφαίρεση ενός τμήματος του γλωσσιδίου της χοάνης (σχήμα 4.10, 4.11).



Σχήμα 4.10 Ονοματολογία ορισμένων παραμέτρων της χοάνης.

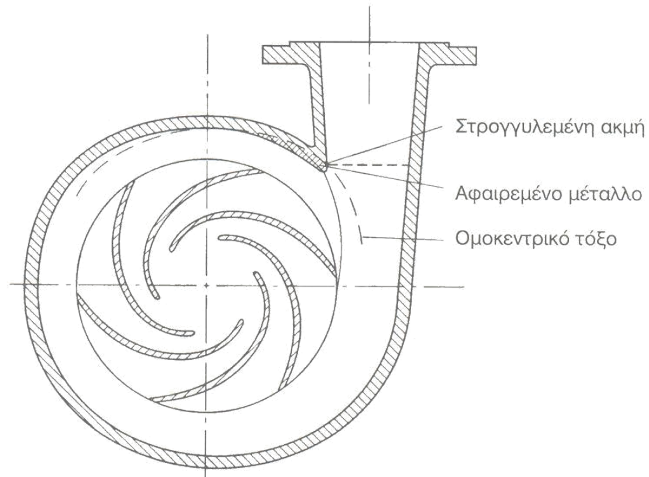


Σχήμα 4.11 Μια επανακατεργασμένη χοάνη για μείωση της ακτινικής ώσης.

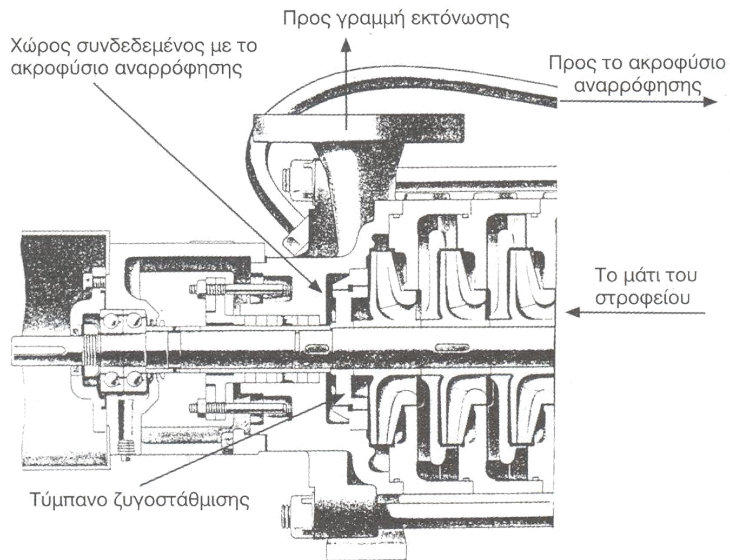
115. Υπερβολικά αξονικά φορτία.

Ο πιο σωστός τρόπος αντιστάθμισης της αξονικής ώσης είναι η λήψη αυτής με έναν ωστικό τριβέα (ρουλεμάν). Τις περισσότερες φορές, είναι επίσης ο πιο αποδοτικός τρόπος. Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, αυτό αυξάνει το κόστος της αντλίας, διότι απαιτεί και μεγαλύτερο-βαρύτερο πλαίσιο του τριβέα. Σε άλλες περιπτώσεις, η αξονική ώση μπορεί να γίνει τόσο μεγάλη, ώστε για την αντιστάθμισή της να χρειάζονται ειδικά ρουλεμάν. Αυτό μπορεί να αυξήσει το κόστος της αντλίας τόσο πολύ, ώστε να γίνουν μη ανταγωνιστικές. Έτσι, χρησιμοποιούνται εναλλακτικές μέθοδοι για τη ζυγοστάθμιση της αξονικής ώσης (σχήματα 4.13 και 4.14). Πολλές φορές τα υπερβολικά αξονικά φορτία είναι αυτά που καταστρέφουν τα ρουλεμάν.

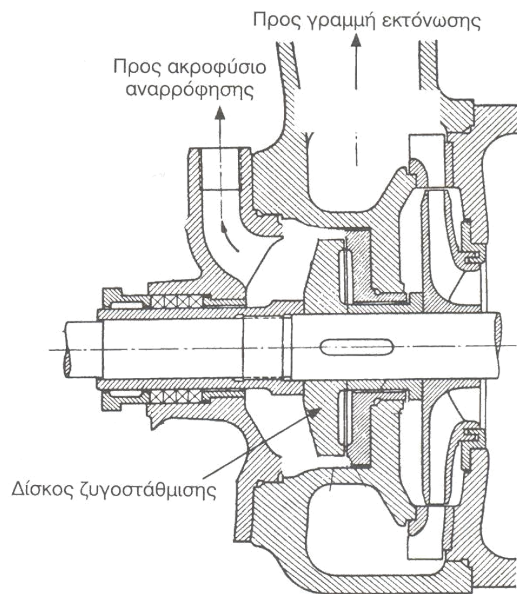
Οποτεδήποτε χοάνη αντλίας υπόκειται σε υπερβολικά ακτινικά φορτία (π.χ. λόγω του υψηλού ειδικού βάρους του αντλούμενου υγρού), είναι δυνατόν να μειωθεί αυτή η υπερβολική δύναμη, τροποποιώντας το σχήμα της καμπύλης της χοάνης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με επανακατεργασία του τμήματος της χοάνης που είναι πλησίον του γλωσσιδίου αυτού κάνοντας το τμήμα της χοάνης του κελύφους ομοκεντρικό με το στροφέιο (σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.12 Μια επανακατεργασμένη χοάνη για μείωση της ακτινικής ώσης.



Σχήμα 4.13 Ζυγοστάθμιση αξονικής ώσης με χρήση τυμπάνου ζυγοστάθμισης.

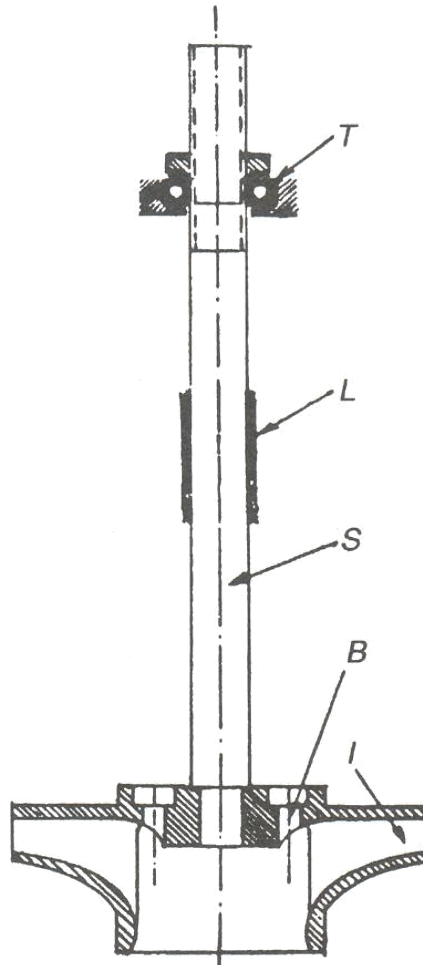


Σχήμα 4.14 Ζυγοστάθμιση αξονικής ώσης με χρήση δίσκου ζυγοστάθμισης.

128. Πολύ μεγάλη ανοχή μεταξύ τριβέως και άξονα ή/και περιβλήματος.

Για ικανοποιητική λειτουργία των τριβέων, οι έδρες τους πρέπει να κατασκευάζονται με μεγάλη ακρίβεια, χωρίς να επιτρέπουν ακτινικό 'τζόγο' (ανοχή) μεταξύ των τριβέων και του κελύφους. Εάν ο προσαρμογέας μεταξύ του γραμμικού τριβέα L (σχήμα 4.15) και η έδρα του είναι πολύ σφιχτοί και ο προσαρμογέας μεταξύ του τριβέα ώσεως T και της έδρας του είναι λιγότερο σφιχτός, το αξονικό φορτίο μπορεί να παραληφθεί από τον πλησιέστερο γραμμικό τριβέα, αντί από τριβέα ώσεως. Αυτό μπορεί να χαλάσει τον γραμμικό τριβέα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ένα παρόμοιο συμβάν μπορεί να λάβει χώρα ακόμη και εάν το κέλυφος είναι κατεργασμένο με τις σωστές ανοχές, αλλά λίγη βρομιά έχει εισέλθει μεταξύ της εξωτερικής αύλακος του γραμμικού τριβέα και της έδρας του.

Για να αποφύγουμε το ανώτερο πρόβλημα, ο γραμμικός τριβέας L πρέπει να είναι ικανός να μετακινηθεί σε αξονική κατεύθυνση. Αλλά, ενώ είναι σημαντικό ο γραμμικός τριβέας να μπορεί να κινηθεί αξονικά, δε θα πρέπει να είναι τόσο χαλαρός ώστε το εξωτερικό του αυλάκι να μπορεί να περιστραφεί γύρο από την έδρα του. Στην πράξη, όμως, τέτοιες περιπτώσεις είναι συνηθείς. Το αποτέλεσμα είναι πάντα η δημιουργία βλάβης στους τριβείς σε μικρό χρονικό διάστημα.



Σχήμα 4.15 Κάθετος άξονας στηριζόμενος από τριβέα γωνιακής επαφής.

129. Συντονισμός με άλλα δομικά τμήματα της αντλίας.

Μια ειδική πηγή θορύβου και ταλάντωσης συνήθως δημιουργείται από συντονισμό. Αυτό συμβαίνει όταν η φυσική συχνότητα του περιστρεφόμενου τμήματος, κελύφους της αντλίας, μεταδότη, πλάκα βάσεως, συνόλου, θεμελίων ή κάθε άλλου κατασκευαστικού στοιχείου του περιβλήματος της αντλίας, συμπίπτει με την ταχύτητα περιστροφής της αντλίας ή με τη χαμηλότερη ταλάντωση της ταχύτητας περιστροφής.

Συντονισμός επίσης δημιουργείται όταν οι συχνότητες ενός ή δύο από αυτά τα στοιχεία συμπίπτουν με τη συχνότητα με την οποία τα πτερύγια του στροφείου περνούν από μπροστά από το γλωσσίδι της χοάνης ή με τη συχνότητα κάθε άλλου περιοδικού φαινομένου που μπορεί να προκύψει κατά την απόδοση της αντλίας.

Το βασικό χαρακτηριστικό του συντονισμού είναι ότι παράγει πολύ πιο έντονες ταλαντώσεις από τη διεγερθείσα πηγή. Επίσης,

αρχίζει με σχετικά χαμηλή ένταση, η οποία αυξάνεται απότομα σε μικρό χρονικό διάστημα. Υπερβολική ταλάντωση προκληθείσα από συντονισμό είναι ιδιαίτερα εμφανής σε μεταδότη μεταβλητής ταχύτητας. Με τέτοιο μεταδότη, ταλάντωση συμβαίνει μόνο σε περιορισμένη 'γκάμα' ταχυτήτων.

Μια δραστική διορθωτική ενέργεια για την τελευταία περίπτωση είναι να δοθεί η δυνατότητα στο μεταδότη, με κάποιο μέσο αυτοματισμού, να αποφευχθεί η λειτουργία του συστήματος πλησίον της ταχύτητας διέγερσης (συντονισμού). Άλλος τρόπος είναι η μεταβολή της φυσικής συχνότητας του στοιχείου που προκαλεί την αντήχηση, αλλάζοντας το σχήμα ή το βάρος του.

Μερικές φορές, ο υπερβολικός θόρυβος, συνεχής ή διακεκομμένος χαμηλός τόνος, μπορεί να προκληθεί από συνδυασμό περιπτώσεων. Σε μια περίπτωση, μια αντλία ανέπτυξε υψηλό επίπεδο θορύβου κατά τη διερχόμενη συχνότητα των πτερυγίων σε παροχή κατά την οποία προηγουμένως λειτουργούσε αθόρυβα. Επιθεώρηση έδειξε ότι οι βίδες των θεμελίων ήταν σφιγμένες λανθασμένα. Μετά από το σωστό σφίξιμο, ο θόρυβος επέστρεψε σε αναμενόμενα επίπεδα.

140. Ηλεκτροχημική διάβρωση από ηλεκτροχημικό δυναμικό των διαφορετικών υλικών από τα οποία τα βρεχόμενα τμήματα της αντλίας είναι κατασκευασμένα.

Ακόμη και όταν μια αντλία είναι κατασκευασμένη από υλικά που είναι συμβατά με το υπό άντληση υγρό, μπορεί να αστοχήσει όταν τα βρεχόμενα υλικά είναι κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά. Όταν δύο διαφορετικά υλικά βυθιστούν σε αγώγιμο υγρό (ηλεκτρολύτης), μπορεί να δημιουργήσουν ένα βολταϊκό κύτταρο. Ηλεκτρολυτική δράση μπορεί να καταστρέψει το τμήμα του λιγότερου 'ευγενούς' υλικού σε μικρό χρονικό διάστημα.

Όταν βλάβη προκληθείσα από ηλεκτρολυτική δράση διαπιστώνεται ή αναμένεται, όλες οι βρεχόμενες επιφάνειες πρέπει να κατασκευάζονται από το ίδιο υλικό. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν ή πρακτικό, χρησιμοποιήστε υλικά με σχεδόν τα ίδια ηλεκτροχημικά δυναμικά (σχήματα 4.77/4.81).

4.2. Προβλήματα που οφείλονται σε σφάλματα εγκατάστασης αντλιών

6. Θύλακες αέρα στην αντλία ή στις σωληνώσεις.

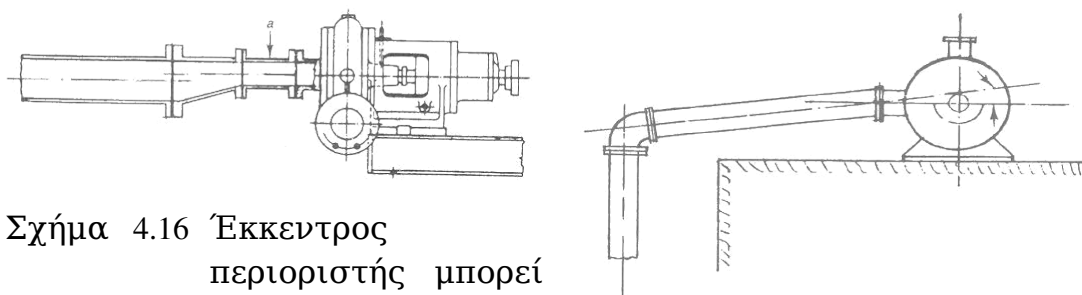
Γραμμή αναρρόφησης. Θύλακες αέρα μπορεί να δημιουργηθούν στη γραμμή αναρρόφησης όταν τμήμα της έχει αρνητική κλίση (σχήμα 4.25). Μπορεί επίσης να δημιουργηθούν όταν υπάρχει κάποια ανωμαλία στο επάνω μέρος της σωλήνωσης (σχήμα 4.26). Τέτοιες περιπτώσεις συμβαίνουν, για παράδειγμα, όταν τμήμα σωλήνωσης αντίθετα προς την ροή είναι εκκεντρικά τοποθετημένο με άλλο τμήμα αυτής δημιουργώντας ένα σκαλοπάτι S στο επάνω μέρος της γραμμής αναρρόφησης (σχήμα 4.18). Μια φλάντζα με μικρότερη εσωτερική διάμετρο και μια φλάντζα που προεξέχει από το πάνω μέρος της σωλήνωσης έχουν την ίδια επίπτωση (σχήμα 4.22). Θύλακες αέρα μπορεί να δημιουργηθούν όταν η γραμμή αναρρόφησης έχει μεγαλύτερη διάμετρο από την είσοδο της αντλίας (σχήμα 4.19). Τέτοια διάταξη είναι πολύ συνήθης σε συστήματα με μεγάλες σε μήκος γραμμές αναρρόφησης και περιορισμένης δυνατότητας NPSH. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, ο αγωγός αναρρόφησης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερης διαμέτρου, ώστε να μειωθούν οι υδραυλικές απώλειες (σχήμα 4.16). Θύλακες αέρα που δημιουργούνται όταν τμήμα της σωλήνωσης αναρρόφησης έχει αρνητική κλίση μπορεί να αποφευχθούν με προσεκτική σχεδίαση και εγκατάσταση της γραμμής αναρρόφησης. Η γραμμή δεν πρέπει να έχει τμήμα με αρνητική κλίση. Στην πράξη όμως, κάποια θετική κλίση πρέπει να προσδίδεται. Γενικά, η γραμμή αναρρόφησης πρέπει να έχει συνεχή ανερχόμενη κλίση όχι λιγότερο του 1% (σχήμα 4.17). Όταν δεν μπορεί να ακολουθηθούν όλα τα μέτρα που απαιτούνται για την αποφυγή θυλάκων αέρα, η δεύτερη καλύτερη διορθωτική ενέργεια είναι η εγκατάσταση απαερώσεων σε όλες τις επηρεαζόμενες περιοχές.

Θύλακες αέρα εντός της αντλίας. Σε αντλίες με μονής βαθμίδας χοάνη, θύλακες αέρα συνήθως δημιουργούνται στην υψηλότερη περιοχή Z του κελύφους (σχήμα 4.20). Κατά την αρχική πλήρωση, το εισερχόμενο υγρό προοδευτικά γεμίζει το κέλυφος, επιτρέποντας στον αέρα να διαφύγει μέσω του ακροφυσίου εκκένωσης N. Όμως, όταν η στάθμη του υγρού φθάνει στο γλωσσίδι T της χοάνης, η οδός διαφυγής του αέρα διακόπτεται και δημιουργείται θύλακας αέρα. Για να εξαλείψουμε τέτοιο θύλακα αέρα, μια βαλβίδα αέρα V (σχήμα

4.23) μπορεί να εγκατασταθεί στο υψηλότερο σημείο του κελύφους και μπορεί να διατηρηθεί ανοιχτή κατά την αρχική πλήρωση. Σε ορισμένες γεωμετρίες αντλιών, είναι επίσης πιθανόν να αποφευχθεί η δημιουργία θύλακος αέρα, συνδέοντας την επηρεαζόμενη ζώνη με το ακροφύσιο εκκένωσης μέσω μιας οπής H (σχήμα 4.20). Όμως, αυτό συνήθως είναι αποτελεσματικό μόνο όταν το ακροφύσιο εκκένωσης έχει κάθετη κατεύθυνση προς τα πάνω. Είναι τελείως άχρηστο όταν το ακροφύσιο εκκένωσης είναι οριζόντιο.

Θύλακες αέρα σε αντλία πολλών βαθμίδων. Μετά από κάθε βαθμίδα, η πίεση του υγρού αυξάνεται σημαντικά, αυξάνοντας την διαλυτότητα του αέρα στο υγρό. Υπό υψηλή πίεση, το ρέον υγρό σταδιακά απορροφά όλο τον αέρα από τον θύλακα αέρα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πίεση μετά τη δεύτερη βαθμίδα μπορεί να το πραγματοποιήσει. Έτσι, είναι σπάνια αναγκαίο να απαερωθούν περισσότερες από τις δύο πρώτες βαθμίδες μιας αντλίας πολλαπλών βαθμίδων (σχήμα 4.21).

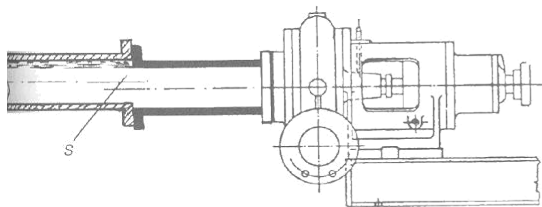
Θύλακες αέρα στη γραμμή εκκένωσης. Θύλακες αέρα στη γραμμή εκκένωσης μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση μιας φυγοκεντρικής αντλίας σε δύο περιπτώσεις. Πρώτον, μπορεί να εμφανισθούν όταν η γραμμή εκκένωσης βρίσκεται χαμηλότερα από την κεντρική γραμμή της αντλίας και η αντλία υπέστη αρχική πλήρωση με τη βαλβίδα εκκένωσης V κλειστή. Σ' αυτή την περίπτωση, αέρας μπορεί να παραμείνει παγιδευμένος μεταξύ της βαλβίδας εκκένωσης V και της βαλβίδας ελέγχου C (σχήμα 4.24). Όταν η βαλβίδα V ανοιχτεί πριν εκκινήσει η αντλία, ο παγιδευμένος αέρας μεταξύ των V και C εισέρχεται στο κέλυφος της αντλίας. Αυτό, στη συνέχεια, επηρεάζει την απόδοση. Θύλακες αέρα μπορούν επίσης να δημιουργηθούν όταν η γραμμή εκκένωσης βρίσκεται ψηλότερα από την αντλία. Σ' αυτή την περίπτωση, παγιδευμένος αέρας στη γραμμή εκκένωσης μπορεί να προκαλέσει διαφορετικά είδη προβλημάτων. Όταν η αντλία εκκινήσει, ένα ξαφνικό κτύπημα μπορεί να ακουστεί, σαν το όλο σύστημα άντλησης να κτυπήθηκε από βαρύ σφυρί. Το κτύπημα μπορεί να είναι ιδιαίτερα έντονο όταν υπάρχει σημαντική αντίθλιψη στο δίσκο της βαλβίδας ελέγχου.



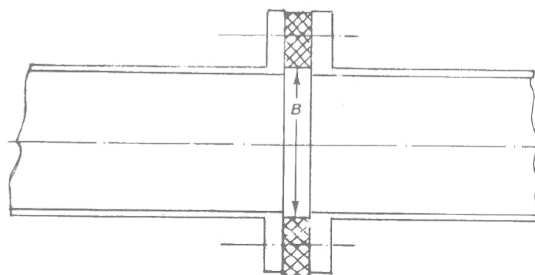
Σχήμα 4.16 Έκκεντρος περιοριστής μπορεί να αποτρέψει

δημιουργία θύλακος
αέρα.

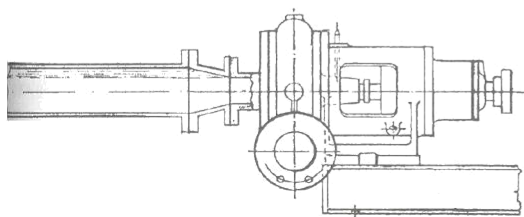
Σχήμα 4.17 Σταθερά
ανερχόμενη γραμμή
αναρρόφησης
ενιαίας διαμέτρου
εξαλείφει τους
θύλακες αέρα.



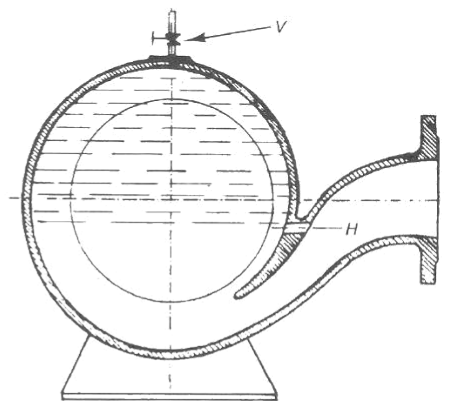
Σχήμα 4.18 Θύλακες
αέρα
δημιουργούμενοι από
σκαλοπάτι σε
σύνδεση
σωλήνωσης.



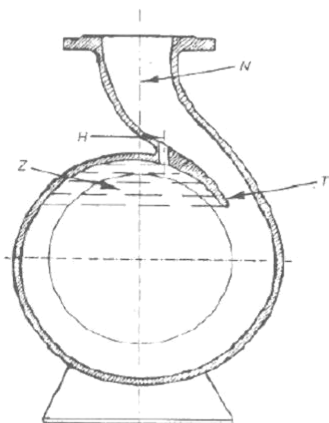
Σχήμα 4.22 Το άνοιγμα της
φλάντζας B πρέπει να
είναι μεγαλύτερο από
τη διάμετρο της
σωλήνωσης.



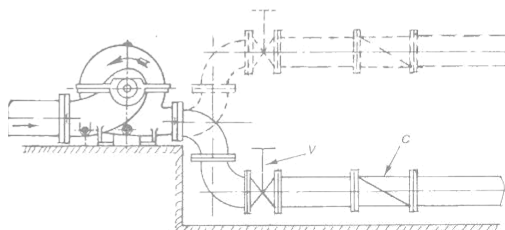
Σχήμα 4.19 Υπερμεγέθης
σωλήνωση
αναρρόφησης μπορεί
να δημιουργήσει
θύλακες.



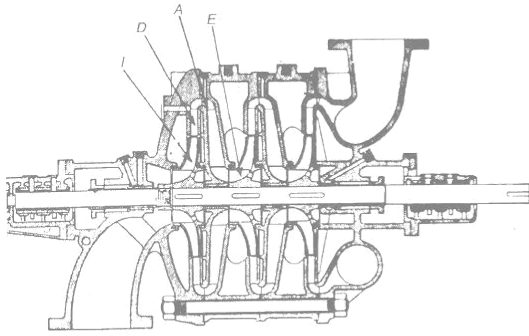
Σχήμα 4.23 Βαλβίδα για την
απαέρωση της
χοάνης.



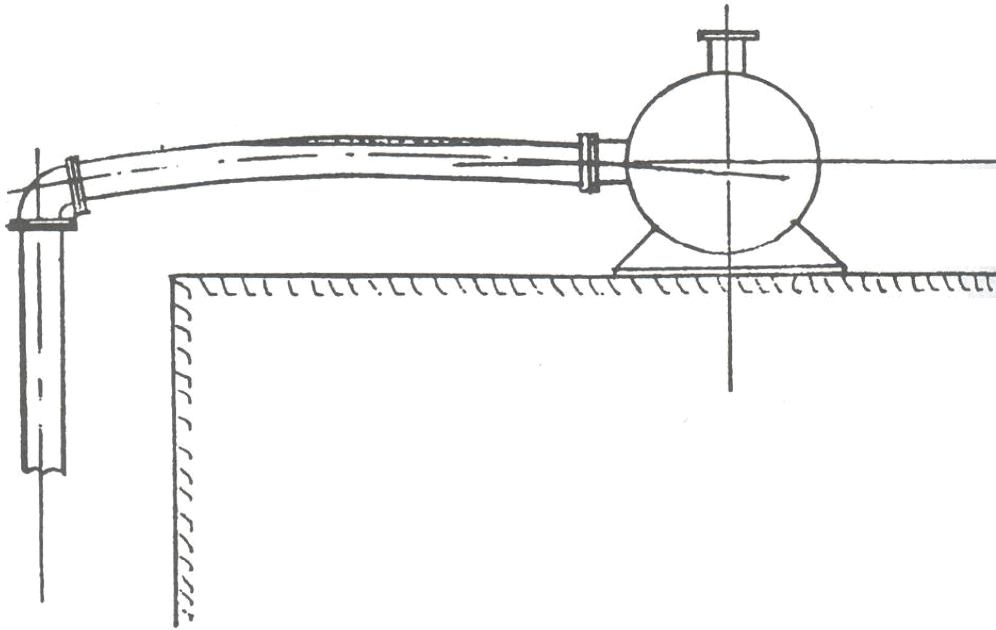
Σχήμα 4.20 Οπή για
την
απαέρωση
της
χοάνης.



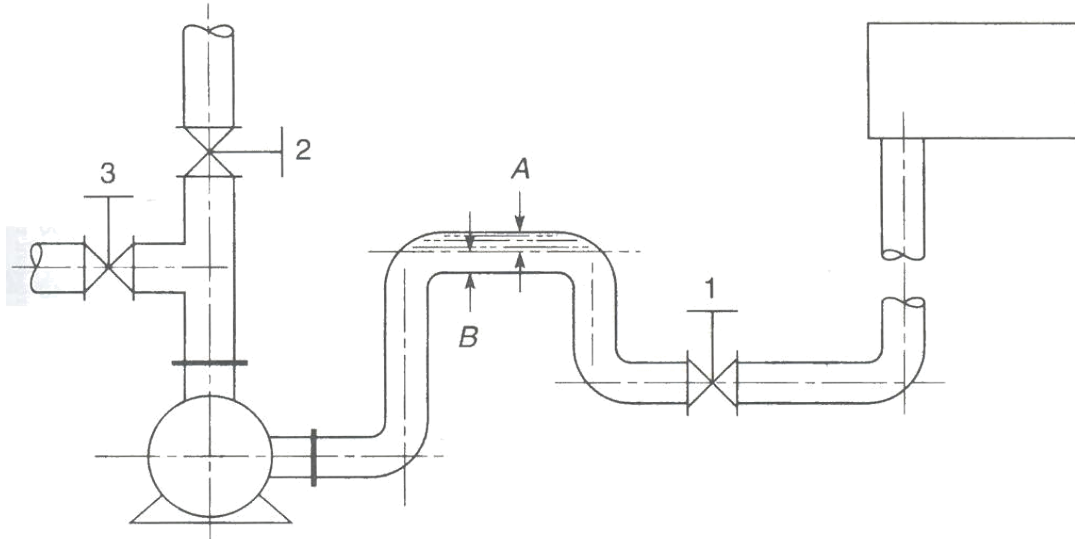
Σχήμα 4.24 Θύλακες αέρα στη
γραμμή εκκένωσης.



Σχήμα 4.21 Θύλακες αέρα σε βαθμίδα πολλαπλών βαθμίδων.



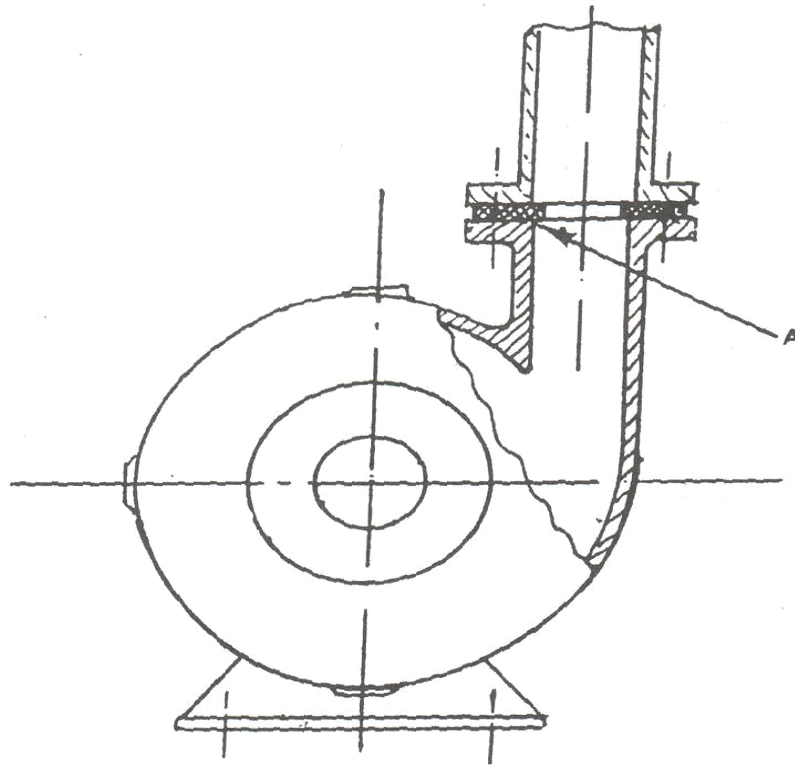
Σχήμα 4.25 Γραμμή αναρρόφησης με αρνητική κλίση.



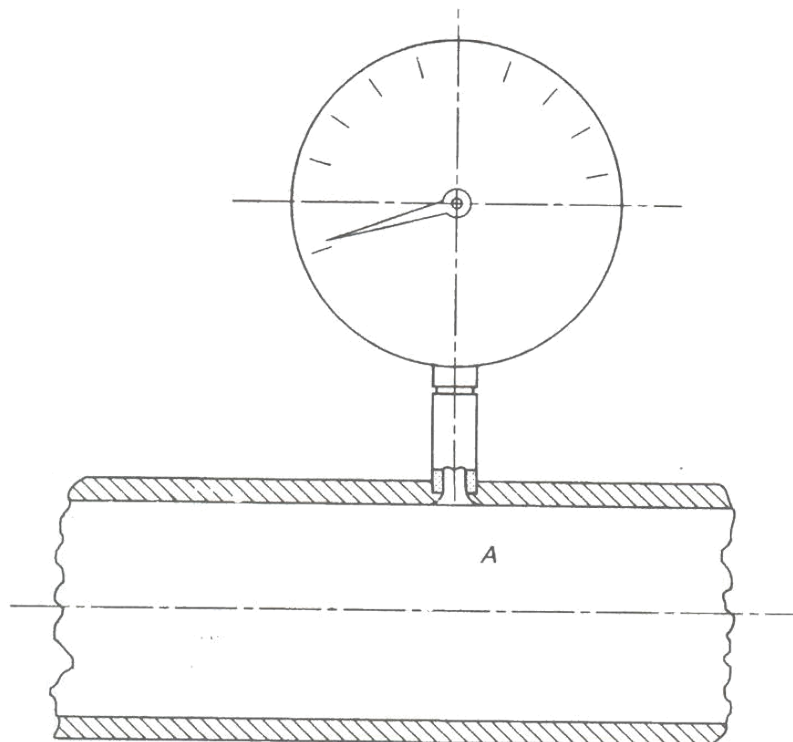
Σχήμα 4.26 Τμήμα σωλήνωσης με το σχήμα αντίστροφου U.

21. Πτερύγια ή αιχμηρά χείλη στη ροή του υγρού.

Σε μερικές περιπτώσεις, μια μικρή προβολή της ‘φλάντζας’ μέσα στη ροή του νερού, στην φλάντζα εκκένωσης A όπως το σχήμα 4.27, μπορεί να μειώσει τις ενδείξεις του οργάνου μέτρησης της πίεσης. Επίσης ένα πολύ σύνηθες λάθος είναι να αφήνονται αιχμηρές άκρες ή ανωμαλίες στις συνδέσεις μεταξύ των σωληνώσεων της αντλίας και των συνδέσεων των σωληνώσεων που οδηγούν στους δείκτες πίεσεως. Για σωστά αποτελέσματα, αυτές οι άκρες πρέπει να ‘στρογγυλευτούν’ προσεκτικά (σχήμα 4.28).



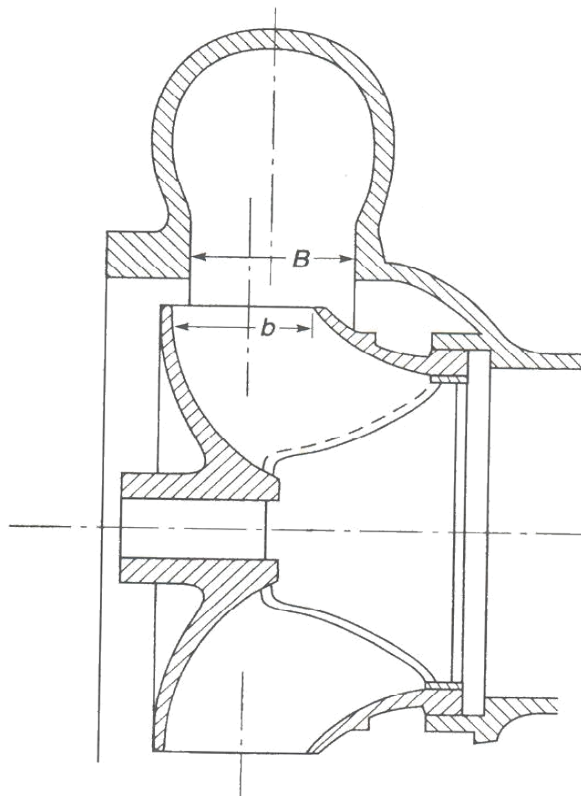
Σχήμα 4.27 Φλάντζα που προεξέχει μέσα στη γραμμή εκκένωσης.



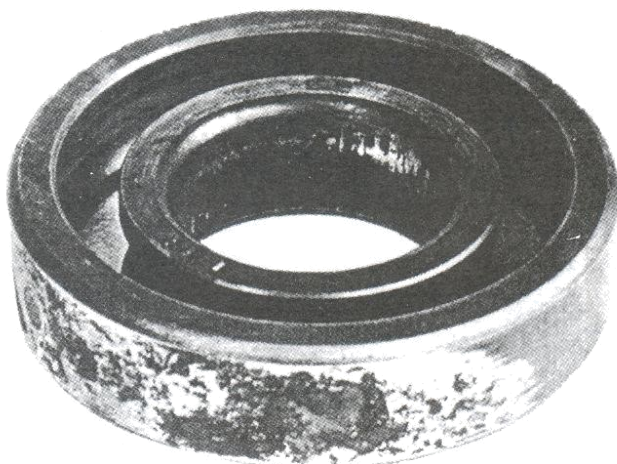
Σχήμα 4.28 Περιοχές στις οποίες οι ενδείξεις πίεσης επηρεάζονται από “ανωμαλίες” (της σωλήνωσης).

24. Λανθασμένη εγκατάσταση του στροφείου.

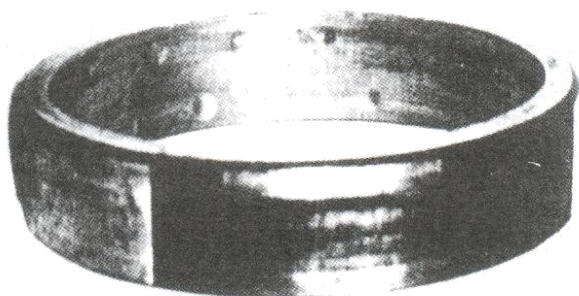
Η αξονική τοποθέτηση του στροφείου καθορίζεται από δύο περικόχλια επί τον άξονα (σχήμα 4.30, 4.31). Όταν συναρμολογείται μια τέτοια αντλία, προσοχή πρέπει να δίδεται ώστε η κεντρική γραμμή του ακροφυσίου του στροφείου να συμπίπτει με την κεντρική γραμμή του κελύφους. Κάθε αποτυχία στο ταίριασμα μεταξύ αυτών των κεντρικών γραμμών μπορεί να επιδράσει δυσμενώς στην απόδοση. Αυτό φαίνεται ότι συμβαίνει ιδιαίτερα όταν το πλάτος B του κελύφους είναι λίγο μεγαλύτερο από το πλάτος b του στροφείου (σχήμα 4.29).



Σχήμα 4.29 Αξονικό μη – ταίριασμα στροφείου και κελύφους.



Σχήμα 4.30 Ξέφτισμα από διάβρωση.



Σχήμα 4.31 Λανθασμένος βαθμός σκληρότητας.

26. Λανθασμένη διάταξη των σωληνώσεων αναρρόφησης ή εκκένωσης.

Όταν μια γραμμή αναρρόφησης περιέχει πολλές κλίσεις-γωνίες, κάθε μια από τις οποίες στρέφει το υγρό στον ίδιο προσανατολισμό, στροβιλισμοί μπορεί να εμφανισθούν στο υγρό. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει αποτελέσματα των δοκιμών που έγιναν σε δεδομένη αντλία. Οι καμπύλες που σημειώνονται με I, αντιπροσωπεύουν την απόδοση μιας αντλίας αναρρόφησης από το άκρον της, 3 ιντσών, στις 1770 στροφές.

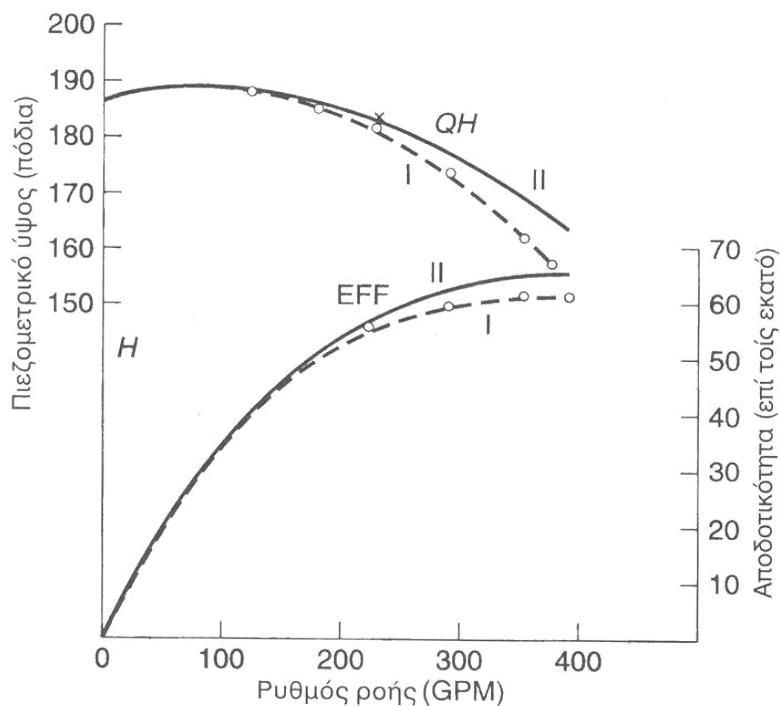
Κατά τη δοκιμή, η γραμμή αναρρόφησης είχε 4 γωνίες και η κάθε μια περιέστρεφε το υγρό σε δεξιόστροφη βίδα. Όταν η δοκιμή τελείωσε, η γραμμή αναρρόφησης επαναδιατάχθηκε έτσι, ώστε δύο από τις γωνίες να συνεχίζουν να στρέφουν το υγρό προς την ίδια διεύθυνση, ενώ οι άλλες δύο να στρέφουν το υγρό προς την αντίθετη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την καμπύλη II (σχήμα 4.32).

Για να αποφευχθούν διαταραχές αυτού του είδους, δεν πρέπει να υπάρχουν γωνίες στη γραμμή αναρρόφησης. Όταν αυτό είναι αδύνατον ή μη πρακτικό, τοποθετήσαμε έναν ευθυγραμμιστή ροής μεταξύ της τελευταίας γωνίας και της αντλίας.

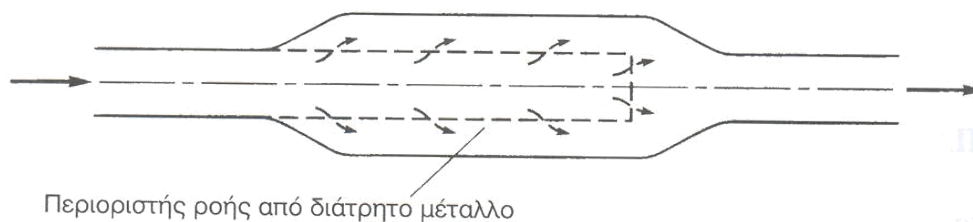
Πολλοί τύποι και είδη ευθυγραμμιστών ροής υπάρχουν (σχήμα 4.33). Η επιλογή ενός δεδομένου ευθυγραμμιστή για συγκεκριμένη εφαρμογή συνήθως εξαρτάται από τον διαθέσιμο χώρο, το διαθέσιμο NPSH και από την ευκολία με την οποία μπορεί να αγοραστεί. Ένας μικρός ευθυγραμμιστής συνήθως προτάσσει σημαντική αντίσταση στη ροή και έτσι απαιτεί μεγαλύτερη διαθέσιμη NPSH. Μεγαλύτεροι ευθυγραμμιστές, όμως, μπορεί να είναι απαγορευτικοί λόγω περιορισμών σε χώρο.

Παρά το γεγονός ότι ένας καλά σχεδιασμένος περιοριστής ροής εξαλείφει πολλά προβλήματα που προκαλούνται από ακατάλληλη διάταξη της γραμμής αναρρόφησης, μπορεί μερικές φορές να είναι

πηγή προβλημάτων, ιδίως όταν το υπό άντληση υγρό περιέχει στερεά υλικά με σκληρή σύσταση. Σε τέτοια περίπτωση, ο ευθυγραμμιστής ροής μπορεί εύκολα να 'βουλώσει' με στερεά υλικά και έτσι ελαττώνεται ή μερικές φορές διακόπτεται τελείως η ροή του αντλούμενου υγρού.



Σχήμα 4.32 Η επίδραση της διάταξης της γραμμής αναρρόφησης στην απόδοση της αντλίας.



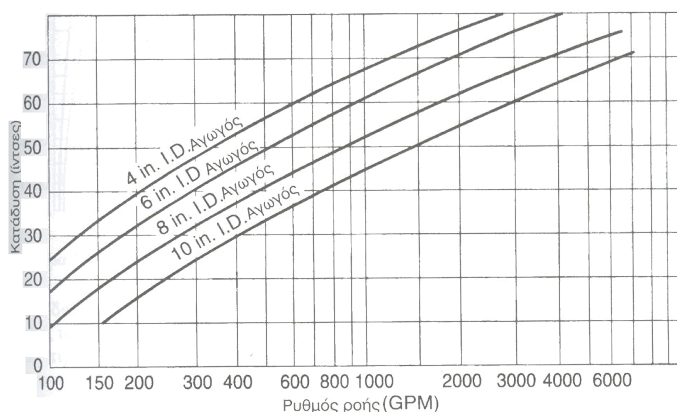
Σχήμα 4.33 Ένας τυπικός περιοριστής ροής.

27. Λαυθασμένη διάταξη της κυστίδος αναρρόφησης.

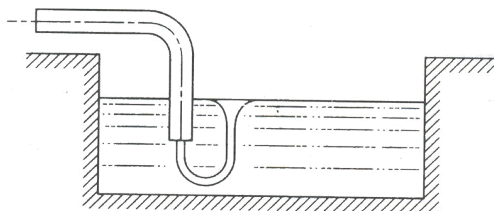
Η ταχύτητα της ροής στην σωλήνα αναρρόφησης έχει καθοριστική επίδραση στην δημιουργία 'χωνιού' αέρα (σχήμα 4.35, 4.36). Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος δημιουργίας 'χωνιών' αέρα και μεγαλύτερη η απαίτηση βυθίσματος προκειμένου να εξαφανισθεί αυτός ο κίνδυνος. Το σχήμα 4.34 παρουσιάζει έμμεσα τη σχέση μεταξύ ταχύτητας και

απαιτούμενου βυθίσματος. Επίσης στο σχήμα 4.37 φαίνονται οι προτεινόμενες διαστάσεις δεξαμενής προκειμένου να αποφεύγονται στροβιλισμοί και το φαινόμενο του ‘χωνιού’. Τέλος μπορεί να τοποθετηθούν διαφράγματα στην δεξαμενή για να διαλυθούν οι στροβιλισμοί (σχήμα 4.38) και να γίνει διαχωρισμός του αέρα που παρασύρθηκε από το εισερχόμενο υγρό (σχήμα 4.39). Όταν χρησιμοποιείται αυτή η διόρθωση, τα ακόλουθα σημεία παρατηρούνται:

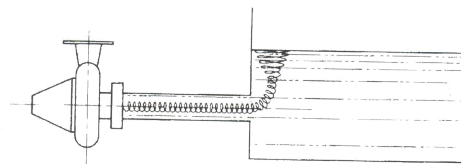
1. Η απόσταση μεταξύ των αναρτημένων δικλίδων (διαφραγμάτων) και του πυθμένα του δοχείου πρέπει να είναι ικανή να επιτρέψει υγρό να περάσει κάτω από τα διαφράγματα με σχετικά χαμηλή ταχύτητα.
2. Οι βυθισμένες δικλίδες (διαφράγματα) πρέπει να σταματούν κάτω από την επιφάνεια του υγρού τόσο, ώστε το υγρό να μπορεί να ρέει με σχετικά μικρή ταχύτητα.
3. Σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει οι βυθισμένες δικλίδες να σταματούν τόσο ψηλά, ώστε να δημιουργούν καταρράκτη. Αυτό πιθανόν να τραβήξει αέρα στο υγρό και να τον μεταφέρει στην αντλία.



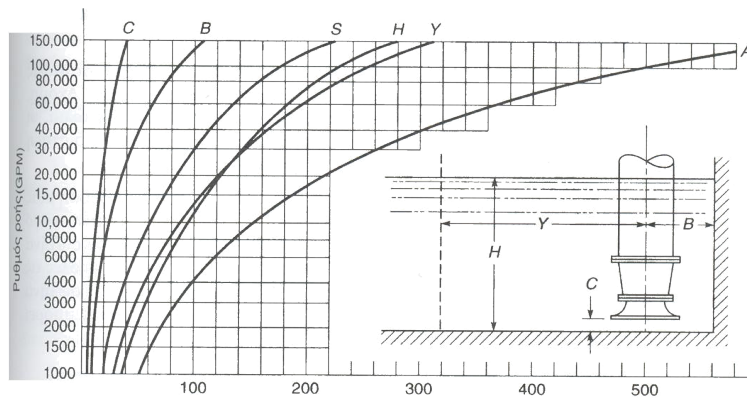
Σχήμα 4.34



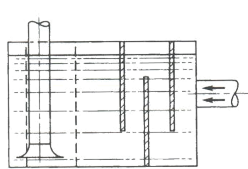
Σχήμα 4.35 Είσοδος του αέρα στη σωλήνα αναρρόφησης.



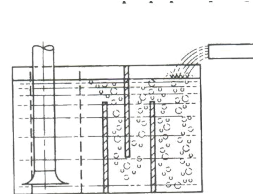
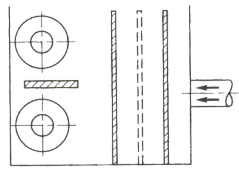
Σχήμα 4.36 “Χωνί” αέρα που δημιουργήθηκε από προπεριστροφή.



Σχήμα 4.37 Προτεινόμενες διαστάσεις δεξαμενής.



Σχήμα 4.38 Διάλυση στροβιλισμών με δικλείδες.



Σχήμα 4.39 Διαχωρισμός αέρα που παρασύρθηκε από το εισερχόμενο υγρό.

36. Αντλία και μεταδότης (κινητήρας) όχι ευθυγραμμισμένα.

Οποτεδήποτε μια αντλία είναι συνδεδεμένη κατ' ευθείαν με τον μεταδότη, κάθε μη ευθυγράμμιση μπορεί να προκαλέσει στην αντλία λειτουργία με θόρυβο και κραδασμούς και υπερθέρμανση στους τριβείς. Σε σοβαρές περιπτώσεις, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο ζημιογόνες καταστάσεις. Για παράδειγμα, οι κραδασμοί μπορεί να χαλαρώσουν περικόχλια, αυξάνοντας έτσι την απευθυγράμμιση και χειροτερεύοντας περισσότερο την κατάσταση. Σε ακραίες περιπτώσεις, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της αντλίας ή ορισμένων τμημάτων αυτής. Η υπερθέρμανση των τριβέων μπορεί επίσης να οδηγήσει σε πρόωρη καταστροφή τους, ακόμη και χωρίς χαλάρωμα των περικοχλίων τους.

Σε σύστημα κίνησης με ιμάντα, μη σωστή ευθυγράμμιση μεταξύ της οδηγού τροχαλίας και των περιστρεφόμενων τροχαλιών μπορεί να προκαλέσει στον ιμάντα να φύγει από την θέση του ή να σπάει συχνά. Μπορεί επίσης να υπερθερμάνει τους τριβείς.

37. Περιστρεφόμενα υλικά τρίβονται σε σταθερά.

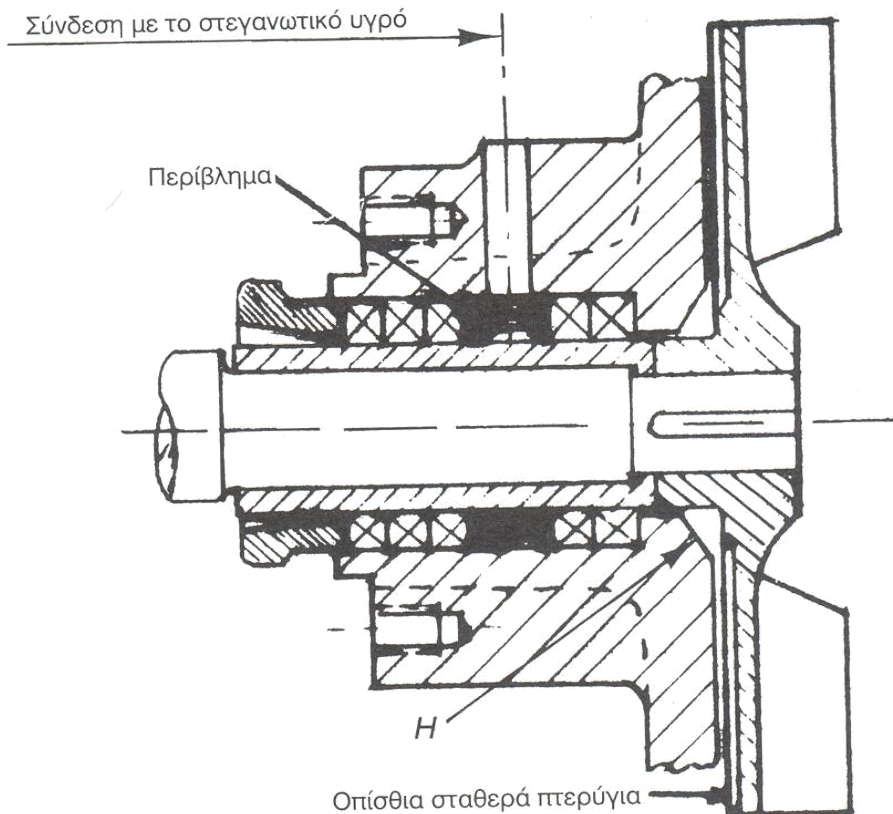
Οι τριβείς (ρουλεμάν) συγκρατούν τα περιστρεφόμενα τμήματα της αντλίας και τα διατηρούν στη σωστή θέση, σχετικά με την θέση άλλων εξαρτημάτων και του μεταδότη. Αστοχία τριβέως μπορεί να αλλάξει τη θέση των περιστρεφόμενων υλικών, τα οποία θα προκαλέσουν παρεμβολές μεταξύ των σταθερών και κινητών εξαρτημάτων της αντλίας που μπορεί να οδηγήσει σε ρωγμές ή διακοπές λειτουργίας αυτών. Επίσης η μη ευθυγράμμιση τμημάτων της αντλίας οδηγεί στη τριβή περιστρεφόμενων με σταθερών υλικών, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και καταστροφή αυτών. Όλες οι παραπάνω περιπτώσεις αναγκάζουν την αντλία να λειτουργεί, ως πρώτο στάδιο, με αυξημένη κατανάλωση ισχύος.

38. Στεγανωτικό υλικό αντικανονικά εγκατεστημένο.

Οι κατασκευαστές συνήθως προσφέρουν την ίδια αντλία με διαφορετικά μηχανικά παρελκόμενα. Για παράδειγμα, η ίδια αντλία μπορεί να εφοδιαστεί είτε με στυπιοθλίπτη ή μηχανικό στεγανωτικό. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα επιλογής πολλών μηχανικών στεγανωτικών. Αυτό, επίσης, μπορεί να προκαλέσει λανθασμένα αποτελέσματα δοκιμών. Ιδίως αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου το στροφείο έχει τρύπες για τη ζυγοστάθμιση της αξονικής δύναμης ή οπίσθια σταθερά πτερύγια (σχήμα 4.40).

Τα διάφορα γεμίσματα πωλούνται σε δύο τύπους. Κομμένα σε συγκεκριμένο μήκος και συνεχόμενο κορδόνι. Οι προφυλάξεις που απαιτούνται κατά την εγκατάσταση των τυποποιημένου μήκους γεμισμάτων είναι οι ακόλουθες: πρέπει να λιπαίνονται αρκετά πριν την εισαγωγή τους στο στυπιοθάλαμο, οι αρμοί κάθε δακτυλίου να έχουν περίπου 90° γωνία σχετικά με γειτονιάζοντες δακτυλίους και ο οπτικός δακτύλιος πρέπει να βρίσκεται στην κανονική του θέση, π.χ. απέναντι από την εισαγωγή του υγρού ψύξης (στεγανοποίησης).

Όταν στεγανοποιητικοί δακτύλιοι κόβονται από συνεχόμενο κορδόνι, πρέπει να κόβονται στο ακριβές απαιτούμενο μήκος. Τα άκρα κάθε δακτυλίου πρέπει να εφάπτονται μεταξύ τους όταν τυλίγονται γύρω από τον άξονα. Τμήματα που είναι μακρύτερα και κοντύτερα θα προκαλούν υπερβολική διαρροή και μπορεί να οδηγήσουν σε διάλυση (αποσύνθεση) του υλικού γεμίσματος.



Σχήμα 4.40 Στεγανοποίηση του στυπιοθλίπτη.

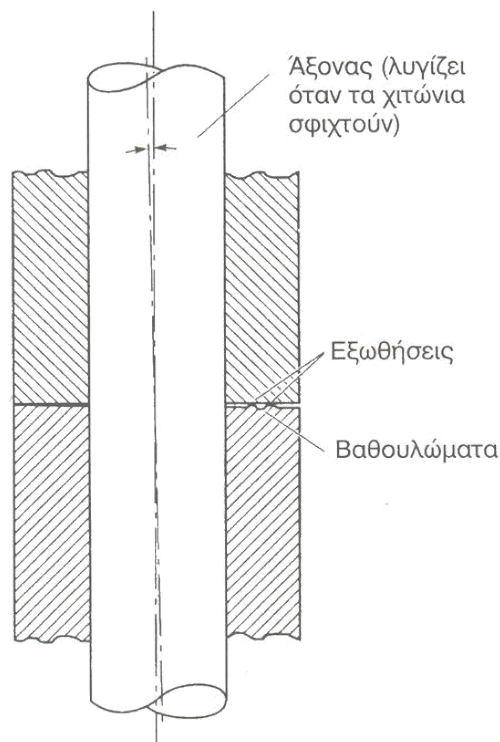
45. Λυγισμένος άξονας.

Όταν μια λεία επιφάνεια κτυπηθεί με σκληρό αντικείμενο, δημιουργείται ένα βαθούλωμα. Αυτό το βαθούλωμα προκαλεί εκτόπιση και ανύψωση ορισμένου υλικού πάνω από την επιφάνεια της επηρεαζόμενης επιφάνειας. Εάν μια άλλη επίπεδη επιφάνεια τοποθετηθεί στο σημείο αυτό, οι δύο αυτές επιφάνειες θα λάβουν μια μη παράλληλη θέση.

Σε μια αντλία, τέτοιες περιπτώσεις δεν είναι σπάνιες. Βαθουλώματα στην πρόσοψη της πλήμνης του στροφείου ή στο σημείο έδρασής της θα δυσκολέψουν το στροφείο στην εναρμονισμένη περιστροφή του προς τον άξονα. Αυτό, στη συνέχεια, θα προκαλέσει τριβή των δακτυλίων τριβής, με αποτέλεσμα την υπερβολική κατανάλωση ισχύος.

Σε μακρύ άξονα που καλύπτεται από χιτώνια, ένα βαθούλωμα στην πλευρά του χιτωνίου μπορεί να λυγίσει τον άξονα όταν τα χιτώνια σφίχτούν μεταξύ τους (σχήμα 4.41). Εάν το έδρανο επί του οποίου ένας τριβέας στηρίζεται, καταστραφεί, ο τριβέας θα υπερθερμανθεί. Παρόμοιες επιπτώσεις θα υπάρξουν όταν ξένο σώμα (ακαθαρσία) παγιδευτεί μεταξύ δύο επίπεδων επιφανειών και όταν

οι επιφάνειες δεν έχουν υποστεί κατεργασία ακριβώς κάθετα προς την κεντρική γραμμή του άξονα.



Σχήμα 4.41 Επίδραση κτυπήματος σε επίπεδη επιφάνεια.

76. Αιχμηρά αντικείμενα στη ροή του υγρού που προκαλούν σπηλαίωση.

Είναι γνωστό εδώ και δεκαετίες ότι μια προεξοχή αιχμηρού αντικειμένου στη ροή υγρού μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση μιας φυγοκεντρικής αντλίας.

Όταν υγρό που έχει έλθει σε επαφή με σταθερό τοίχωμα ρέοντας περνάει από αιχμηρό άκρο, διαχωρίζεται από το τοίχωμα (αποκόλληση), δημιουργώντας ένα κενό διάστημα (υποπίεση) μεταξύ του ρέοντος υγρού και του σταθερού τοιχώματος. Αυτό προκαλεί ορισμένη ποσότητα του υγρού να εξατμισθεί εντός αυτού του κενού διαστήματος και να μεταφερθεί μακριά υπό τη μορφή φυσαλίδων γεμάτων με ατμό. Όταν αυτές οι φυσαλίδες εισέρχονται στη ζώνη υψηλότερων πιέσεων, εκρήγνυνται απότομα, προκαλώντας τυπική ζημιά σπηλαίωσης.

77. Σωλήνωση δημιουργεί τάσεις στην αντλία.

Όταν αποσυναρμολογείτε τμήματα των σωληνώσεων εκκένωσης και αναρρόφησης, πρώτα χαλαρώστε τις βίδες που συγκρατούν τη σωλήνωση με την αντλία. Κάθε κίνηση των φλαντζών δεικνύει τάσεις επιβαλλόμενες από τις σωληνώσεις στην αντλία. Η σωλήνωση που δημιουργεί τάσεις στην αντλία μπορεί να προκαλέσει ανευθυγράμμιση περιστρεφόμενων τμημάτων και αυτά να προκαλούν θόρυβο.

79. Περιστρεφόμενα στοιχεία μη ζυγοσταθμισμένα.

Μια πηγή θορύβου είναι η μη σωστή ευθυγράμμιση της αντλίας και του μεταδότη. Ταλάντωση προκαλούμενη από τη μη σωστή ευθυγράμμιση, συνήθως φανερώνει μια συχνότητα διπλάσια από τη συχνότητα περιστροφής της μονάδας άντλησης. Οποτεδήποτε ισχύς μεταδίδεται από ένα σύνδεσμο με πείρους ή δόντια, η μη ευθυγράμμιση μπορεί να δημιουργήσει ταλάντωση σε συχνότητες οι οποίες είναι πολλαπλάσια του γινομένου του αριθμού των πείρων (ή δοντιών), πολλαπλασιασμένο με τη συχνότητα λειτουργίας της μονάδας.

Τελικά, ταλάντωση μπορεί να προκληθεί από ένα χαλαρό σύνδεσμο ή από αζυγοστάθμητα περιστρεφόμενα τμήματα. Αυτό συνήθως φανερώνεται σε μια συχνότητα που ισούται με τον αριθμό των περιστροφών ανά δευτερόλεπτο. Ταλάντωση επίσης δημιουργείται σ' αυτή τη συχνότητα, όταν ο άξονας είναι στραβός (λυγισμένος) ή από στρωφείο εκκεντρικά κατεργασμένο.

83. Μικρότερες του κανονικού, σωληνώσεις αναρρόφησης ή εκκένωσης προκαλούν σπηλαίωση κάπου στο σύστημα.

Οποτεδήποτε ένα κλειστό κύκλωμα χρησιμοποιείται για να ελεγχθούν οι απαιτήσεις σε NPSH μιας αντλίας, το μέγεθος της γραμμής εκκένωσης μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα των ελέγχων. Κυρίως, όταν ελέγχουμε αντλίες που αναπτύσσουν ένα σχετικά χαμηλό πιεζομετρικό ύψος, η απόλυτη πίεση στη γραμμή εκκένωσης μπορεί να είναι σχετικά χαμηλή. Μια γραμμή εκκένωσης μικρής διαμέτρου μπορεί να ελαττώσει αυτή την πίεση ακόμη περισσότερο, λόγω των υψηλών ταχυτήτων του υγρού. Αυτό, στη συνέχεια, μπορεί να προκαλέσει σπηλαίωση στο υγρό κάπου, κατά τη φορά του ρεύματος στην αντλία και κατά συνέπεια θόρυβο. Όργανα VENTURI τοποθετημένα μέσα στη γραμμή εκκένωσης μπορεί να είναι ευαίσθητα, από αυτή την άποψη.

85. Εσωτερική διάμετρος στροφείου δεν είναι ομόκεντρη με την εξωτερική ή σε απόλυτο επαφή με την επιφάνειά της.

Όταν το τμήμα της αντλίας πέσει σε σκληρή επιφάνεια, υπάρχει πάντα κίνδυνος να υποστεί ζημιά κατά τέτοιο τρόπο, που να επηρεάσει δυσμενώς την απόδοση. Ένας άξονας μπορεί να λυγίσει και έτσι να θερμανθούν οι τριβείς, να προκληθεί φθορά στους δακτυλίους τριβής, να δημιουργήσει θόρυβο και ταλαντώσεις ή αυξημένη κατανόηση ισχύος. Ένα κτύπημα στο στροφείο μπορεί να λυγίσει τους επίτονους προς τα μέσα, ελαττώνοντας το πλάτος της υδάτινης οδού του στροφείου, με αποτέλεσμα τη μειωμένη απόδοση της αντλίας. Η πιο άμεση οδός για την επανάκτηση της απόδοσης μιας αντλίας η οποία έχει υποστεί ζημιά τέτοιου είδους είναι το 'ίσιωμα' των επιτόνων του στροφείου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις από τη μείωση του πλάτους της υδάτινης οδού του στροφείου μπορεί να αντισταθμισθεί αυξάνοντας την επιφάνεια του λαιμού της χοάνης.

88. Λαυθασμένος σχεδιασμός βάσης στήριξης ή θεμελίων.

Οι περισσότερες κατασκευαστικές εργασίες απαιτούν να γίνουν ορισμένες προπαρασκευές στο πεδίο εργασίας. Αυτές ίσως περιλαμβάνουν εκσκαφές ή επιχωματώσεις, ή και τα δύο. Το έτοιμο πεδίο εργασίας αργότερα υφίσταται το συνδυασμένο βάρος των κατασκευών και του περιεχομένου τους, καθώς και τη δράση των στοιχείων (π.χ. βρόχινο νερό). Ανάλογα με τη φύση των προπαρασκευαστικών εργασιών και της ποιότητας αυτών, καθώς και της φύσης του δαπέδου, ολόκληρη η κατασκευή μπορεί να 'καθίσει' σωστά, να γείρει προς την μια πλευρά ή να 'ξεχαρβαλωθεί' κατά κάποιο τρόπο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει θόρυβο, απορύθμιση της ευθυγράμμισης μεταξύ της αντλίας και του μεταδότη ή μεταξύ της αντλίας και των σωληνώσεων, αναπτύσσοντας έτσι υπερβολικές τάσεις στην αντλία. Σε ακραίες περιπτώσεις, αυτές οι τάσεις μπορεί εύκολα να οδηγήσουν σε σπάσιμο ορισμένων εξαρτημάτων της αντλίας.

Μια συχνή διορθωτική ενέργεια για να αποφευχθεί τούτο, είναι η σύνδεση της αντλίας και των σωληνώσεών της με εύκαμπτα συστήματα. Τέτοια συστήματα διατίθενται στο εμπόριο έτοιμα.

89. Συντονισμός μεταξύ ταχύτητας λειτουργίας αντλίας και φυσικής συχνότητας σωληνώσεων.

Μια ειδική πηγή θορύβου και ταλάντωσης συνήθως δημιουργείται από συντονισμό. Αυτό συμβαίνει όταν η φυσική συχνότητα του περιστρεφόμενου τμήματος, κελύφους της αντλίας, μεταδότη, πλάκα βάσεως, συνόλου, θεμελίων ή κάθε άλλου κατασκευαστικού στοιχείου του περιβλήματος της αντλίας, συμπίπτει με την ταχύτητα περιστροφής της αντλίας ή με τη χαμηλότερη ταλάντωση της ταχύτητας περιστροφής.

Συντονισμός επίσης δημιουργείται όταν οι συχνότητες ενός ή δύο από αυτά τα στοιχεία συμπίπτουν με τη συχνότητα με την οποία τα πτερύγια του στροφείου περνούν από μπροστά από το γλωσσίδι της χοάνης ή με τη συχνότητα κάθε άλλου περιοδικού φαινομένου που μπορεί να προκύψει κατά την λειτουργία της αντλίας.

Το βασικό χαρακτηριστικό του συντονισμού είναι ότι παράγει πολύ πιο έντονες ταλαντώσεις από τη διεγερθείσα πηγή. Επίσης, αρχίζει με σχετικά χαμηλή ένταση, η οποία αυξάνεται απότομα σε μικρό χρονικό διάστημα. Υπερβολική ταλάντωση προκληθείσα από συντονισμό είναι ιδιαίτερα εμφανής σε μεταδότη μεταβλητής ταχύτητας. Με τέτοιο μεταδότη, ταλάντωση συμβαίνει μόνο σε περιορισμένη 'γκάμα' ταχυτήτων.

Μια δραστική διορθωτική ενέργεια για την τελευταία περίπτωση είναι να δοθεί η δυνατότητα στο μεταδότη, με κάποιο μέσο αυτοματισμού, να αποφευχθεί η λειτουργία του συστήματος πλησίον της ταχύτητας διέγερσης (συντονισμού). Άλλος τρόπος είναι η μεταβολή της φυσικής συχνότητας του στοιχείου που προκαλεί την διέγερση, αλλάζοντας το σχήμα ή το βάρος του.

90. Συντονισμός μεταξύ ταχύτητας λειτουργίας αντλίας και φυσικής συχνότητας βάσεως στήριξης ή θεμελίων.

Μερικές φορές, ο υπερβολικός θόρυβος μπορεί να προκληθεί από συνδυασμό περιπτώσεων. Σε μια περίπτωση, μια αντλία ανέπτυξε υψηλό επίπεδο θορύβου κατά τη διερχόμενη συχνότητα των πτερυγίων σε παροχή κατά την οποία προηγουμένως λειτουργούσε αθόρυβα. Επιθεώρηση έδειξε ότι οι βίδες των θεμελίων ήταν σφιγμένες λανθασμένα. Μετά από το σωστό σφίξιμο, ο θόρυβος επέστρεψε σε αναμενόμενα επίπεδα.

97. Περιστρεφόμενα τμήματα γυρίζουν εκτός κέντρου.

Μια πηγή θορύβου είναι η μη σωστή ευθυγράμμιση της αντλίας και του μεταδότη. Ταλάντωση προκαλούμενη από τη μη σωστή ευθυγράμμιση, συνήθως φανερώνει μια συχνότητα διπλάσια από τη συχνότητα περιστροφής της μονάδας άντλησης. Οποτεδήποτε ισχύς μεταδίδεται από ένα σύνδεσμο με πείρους ή δόντια, η μη ευθυγράμμιση μπορεί να δημιουργήσει ταλάντωση σε συχνότητες οι οποίες είναι πολλαπλάσια του γινομένου του αριθμού των πείρων (ή δοντιών), πολλαπλασιασμένο με τη συχνότητα λειτουργίας της μονάδας.

Τελικά, ταλάντωση μπορεί να προκληθεί από ένα χαλαρό σύνδεσμο ή από αζυγοστάθμητα περιστρεφόμενα τμήματα. Αυτό συνήθως φανερώνεται σε μια συχνότητα που ισούται με τον αριθμό των περιστροφών ανά δευτερόλεπτο. Ταλάντωση επίσης δημιουργείται σ' αυτή τη συχνότητα, όταν ο άξονας είναι στραβός (λυγισμένος) ή από στροφείο εκκεντρικά κατεργασμένο. Τα παραπάνω μπορεί να δημιουργήσουν διαρροή στο στυπιοθλίπτη.

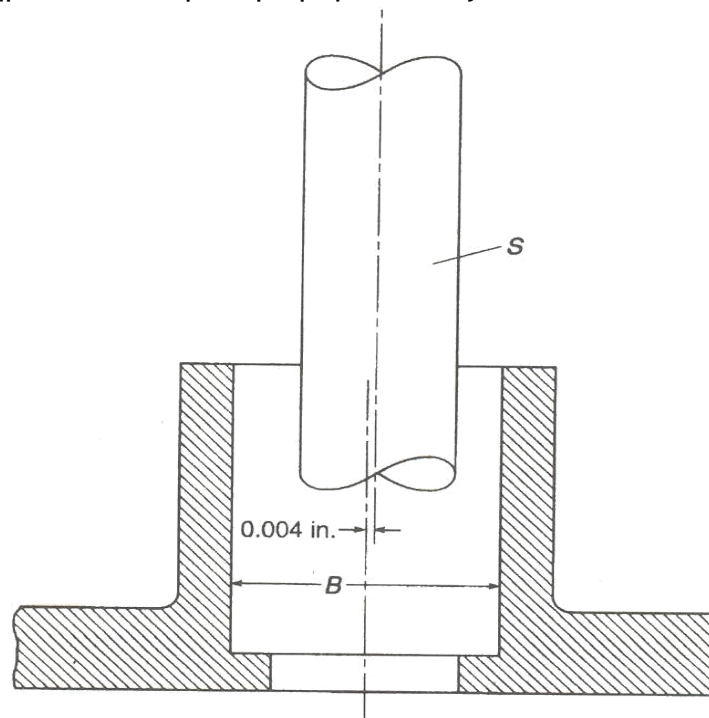
106. Ο χώρος στο στυπιοθλίπτη όπου βρίσκεται η γόμωση είναι έκκεντρος προς τον άξονα.

Ένα ειδικό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε σε αντλία που η εσωτερική διάμετρος του στυπιοθαλάμου Β (σχήμα 4.42) ήταν έκκεντρα σχετικά με την κεντρική γραμμή των αξόνων κατά 0.004 in μόνο. Καθώς ο χώρος μεταξύ του άξονα και της εσωτερικής διαμέτρου γεμίστηκε με μαλακό υλικό στεγανοποίησης, μερικοί νόμισαν ότι τόσο μικρή εκκεντρότητα δε θα είχε δυσμενές επιπτώσεις στη λειτουργία της αντλίας, ιδιαίτερα όταν ο άξονας (2 in διάμετρο) θα λειτουργούσε σε 1470 στροφές ανά λεπτό μόνο.

Στην πραγματικότητα, όμως, η εκκεντρικότητα έκανε τον άξονα να λειτουργεί ως μηχανή λείανσης, τροχίζοντας αργά το υλικό στεγανοποίησης σε ρυθμό τριών (3) δακτυλίων κάθε 4 ώρες και μετατρέποντάς το σε αλοιφή. Αυτή η αλοιφή στη συνέχεια πιεζόταν προς τα έξω από το κενό του καλύμματος του στυπιοθλίπτη, αφήνοντας τον στυπιοθάλαμο κενό και αναποτελεσματικό.

Όταν το κάλυμμα του στυπιοθαλάμου αντικαταστάθηκε με ένα άλλο ομόκεντρο, το τρόχισμα σταμάτησε. Μια πιθανή εξήγηση γι' αυτό το μυστήριο είναι ότι η εκκεντρικότητα προκάλεσε το υλικό στεγανοποίησης να συμπιέζει την μια πλευρά του άξονα περισσότερο από την άλλη. Αυτό, στη συνέχεια, μπορεί να είχε ως

αποτέλεσμα, ένα είδος πλαστικής ροής του υλικού στεγανοποίησης υπό την επήρεια του περιστρεφόμενου άξονα.



Σχήμα 4.42 Αιτία τρόχισης του υλικού στεγανοποίησης.

107. Επιφάνεια στεγανοποίησης δεν είναι κάθετη στον άξονα της αντλίας.

Προβλήματα συμβαίνουν όταν οι επιφάνειες δεν είναι απόλυτα κάθετες προς τον άξονα περιστροφής. Κατά τη λειτουργία, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία αποκόλληση των επιφανειών στεγανοποίησης στην μια πλευρά του στεγανωτικού και επαναφορά στο κανονικό στην αντίθετη πλευρά. Η επίδραση είναι διπλή αφού ορισμένο υγρό διαρρέει και φθείρει (παρασύρει) σωματίδια από τις στεγανωτικές επιφάνειες, οδηγώντας έτσι στην πρόωρή τους φθορά, ενώ βρομιά μπορεί να εισχωρήσει μεταξύ των στεγανωτικών επιφανειών.

Η έλλειψη 'καθετότητας' των επιφανειών στεγανοποίησης μπορεί να προκληθεί από σειρά λαθών σε άλλα εξαρτήματα της αντλίας, συμπεριλαμβανομένου και ενός λυγισμένου άξονα, φθαρμένων τριβών, βρομιάς μεταξύ των συνεργαζόμενων επιφανειών των εξαρτημάτων της αντλίας, ανομοιόμορφου σφιξίματος περικοχλίων-βιδών, τάσης προκαλούμενες από τις σωληνώσεις και άλλα.

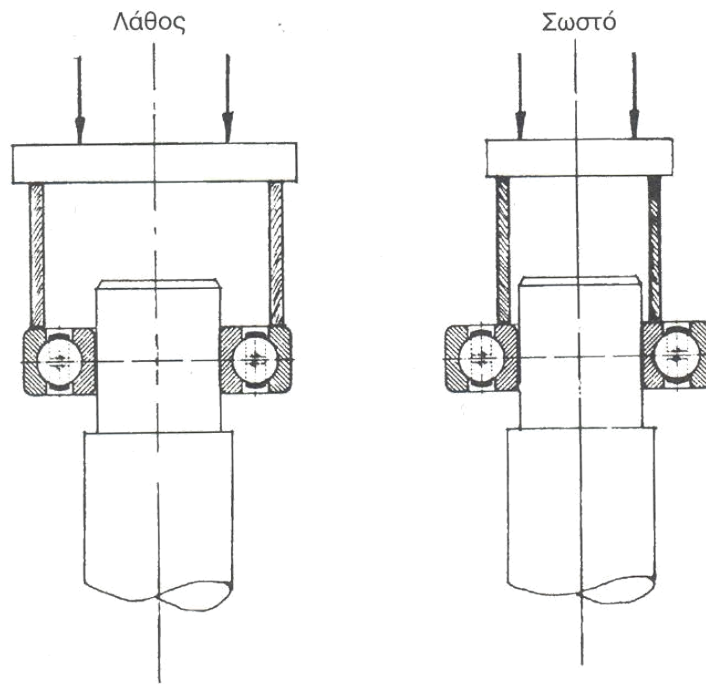
Συμπτώματα παρόμοια με εκείνα που προκαλούνται από έλλειψη ευθύτητας μπορεί να προκληθούν από ταλάντωση, η οποία στη συνέχεια μπορεί να προκληθεί από σειρά αιτιών, όπως απώλεια

ζυγοστάθμισης λόγω ύπαρξης στερεού αντικειμένου μεταξύ των σταθερών πτερυγίων του στροφείου, μη ευθυγράμμιση της αντλίας και του μεταδότη, συντονισμός της ταχύτητας λειτουργίας της αντλίας και της φυσικής συχνότητας της βάσης στήριξης ή των θεμελίων.

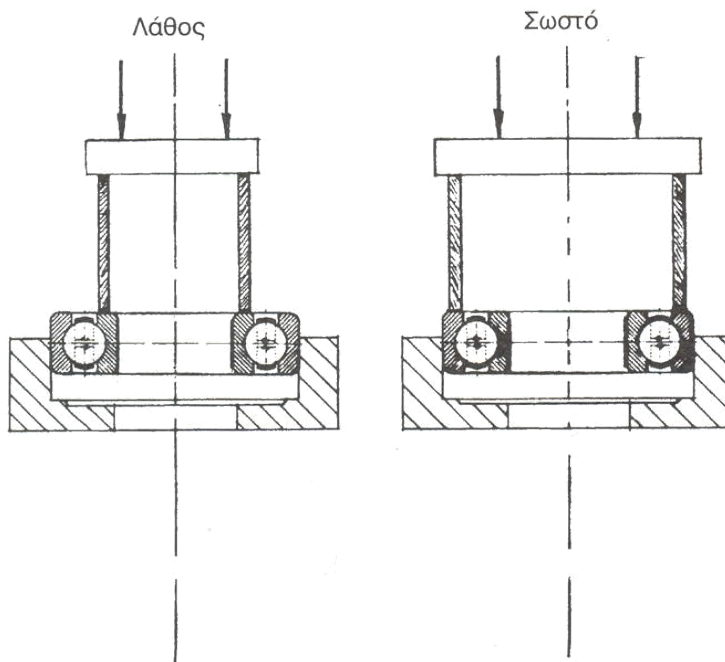
120. Ακατάλληλη εργασία κατά την εγκατάσταση των τριβέων.

Πριν την εγκατάσταση, οι κυλινδρικοί τριβείς πρέπει να επιθεωρούνται για γρατσουνιές, δείγματα σκουριάς ή υπερβολικών ανοχών μεταξύ των αυλακιών και των σφαιριδίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι λιγότερο δαπανηρό να απορριφθεί ένας ύποπτος τριβέας πριν την εγκατάσταση, από την αποσυναρμολόγηση της αντλίας αργότερα λόγω αστοχίας τριβέως.

Ένας κυλινδρικός τριβέας συνήθως έχει έναν προσαρμογέα εφαρμογής είτε με τον άξονα (σχήμα 4.43) είτε με το κέλυφος (σχήμα 4.44). Όταν ο προσαρμογέας εφαρμογής είναι επί του άξονα, ο τριβέας δεν πρέπει να πιέζεται στη θέση του εφαρμόζοντας πίεση στο εξωτερικό του αυλάκι. Αντίστοιχα, όταν ο προσαρμογέας εφαρμογής είναι στο κέλυφος, μόνο το εξωτερικό αυλάκι πρέπει να πιέζεται κατά την εγκατάσταση. Κατά την συναρμολόγηση, προσοχή πρέπει να δίδεται ώστε οι επιφάνειες των στεφανιών (αυλακιών) του τριβέα να μετακινούνται παράλληλα προς την επιφάνεια ζευγαρώματος του άξονα ή του κελύφους. Κάθε ‘φρακάρισμα’ τριβέως, ενώ τοποθετείται στη θέση του, μπορεί να δημιουργήσει ζημιά σε αμφότερα τα αυλάκια (στεφάνια), καθώς και στα κυλιόμενα στοιχεία.



Σχήμα 4.43 Εγκατάσταση τριβέως με εσωτερικό προσαρμογέα εφαρμογής.



Σχήμα 4.44 Εγκατάσταση τριβέως με εξωτερικό προσαρμογέα εφαρμογής.

147. Υπερβολικές τάσεις προκαλούμενες στο κέλυφος από τις βίδες των θεμελίων.

Οι βάσεις των θεμελίων και οι στερεώσεις της σωλήνωσης είναι πηγές πιέσεων. Κάθε θεμέλιο ή κατασκευή συνεχώς αλλάζει τη θέση του, επειδή το έδαφος από κάτω αλλάζει θέση, ιδίως τον πρώτο χρόνο της κατασκευής. Την περίοδο αυτή, οποιαδήποτε κενά σημεία της γης που δημιουργήθηκαν από τις εκσκαφές, γεμίζουν πάλι με χώμα. Ακόμη και αργότερα, κλιματολογικές και άλλες δυνάμεις επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία.

Συχνά, η κατάσταση μπορεί να διορθωθεί με περιοδικό ξεβίδωμα των βιδών που συνδέουν την αντλία και τον μεταδότη κίνησης στην πλάκα έδρασης και ευθυγράμμισης του συστήματος. Σε σοβαρότερες περιπτώσεις, καινούργιες τρύπες πιθανόν να χρειαστεί να γίνουν στην πλάκα έδρασης. Μερικές φορές, η μόνη διόρθωση είναι η αντικατάσταση τμημάτων της όλης σωλήνωσης.

148. Κακός χειρισμός της αντλίας κατά την εγκατάσταση.

Ένα σπασμένο κέλυφος μπορεί να προκληθεί από εξωτερικό κτύπημα από στερεό αντικείμενο ή από απότομο κτύπημα του νερού. Επίσης, μπορεί να προκληθεί από μεγάλο φάσμα παροδικών αιτιών, όπως το θερμικό κτύπημα. Ακόμα, ένα κέλυφος μπορεί να ραγίσει από εσωτερική πίεση, λόγω κακής ποιότητας υλικών από τα οποία κατασκευάστηκε ή υπολείμματα θερμικών τάσεων που υπάρχουν μέσα στο υλικό του κελύφους ως αποτέλεσμα ελλιπούς θερμικής κατεργασίας.

Τελικά, ένα κέλυφος μπορεί να υποστεί βλάβη ή ακόμη και να καταστραφεί τελείως από χημικό φάγωμα, σπηλαιώση ή απόξεση από στερεά σωματίδια που υπάρχουν εντός του αντλούμενου υγρού.

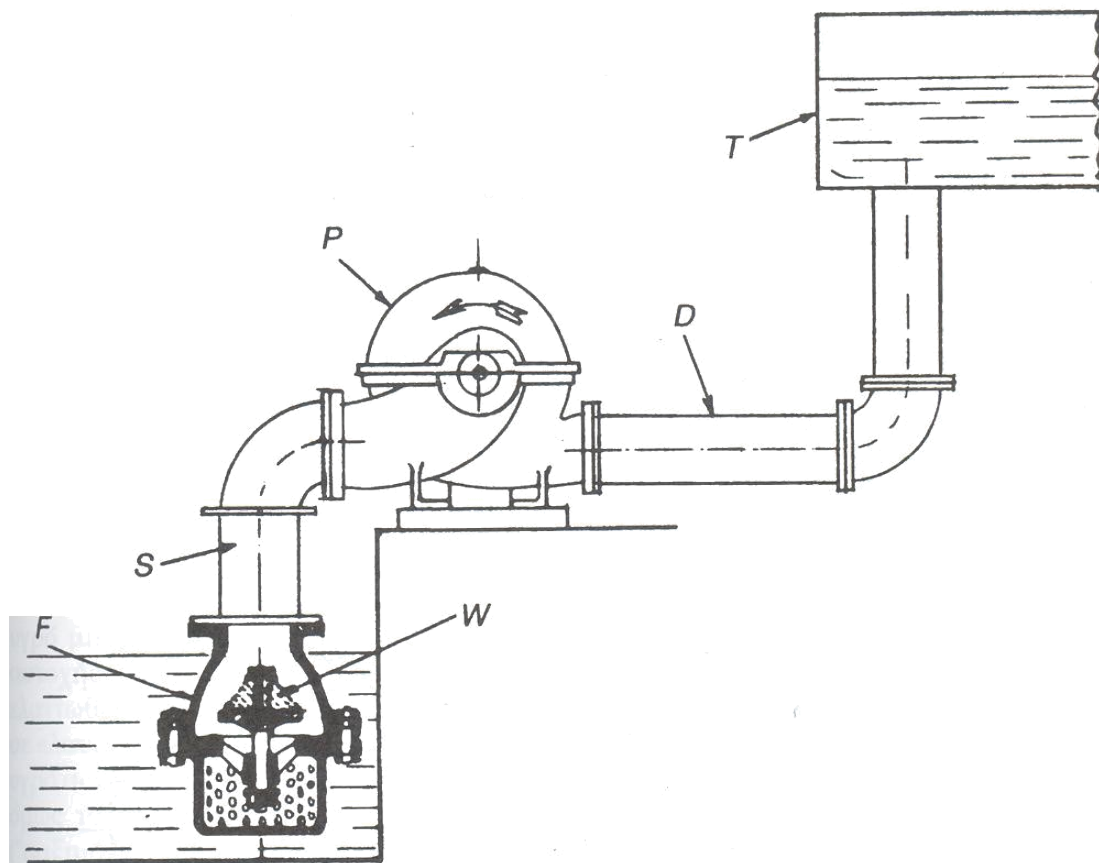
151. Κτύπημα πίεσης.

Όταν η αντλία σταματήσει, το υγρό στο σύστημα συνεχίζει να ρέει για μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό το χρονικό διάστημα, η βαλβίδα ποδός παραμένει ανοικτή και νέο υγρό εισέρχεται στο σύστημα, αντικαθιστώντας το υγρό που εκκενώθηκε στη δεξαμενή. Στο τέλος αυτής της χρονικής περιόδου, το υγρό σταματά και αντιστρέφει την κατεύθυνσή του.

Η βαλβίδα ποδός συνήθως αποτελείται από έναν απλό επίπεδο δίσκο. Όταν το ρέον προς τα πίσω υγρό αποκτήσει σημαντική ταχύτητα, αναπτύσσεται λιμνάζουσα πίεση στο επάνω μέρος της βαλβίδας του δίσκου και ελαττώνει την πίεση στο κάτω μέρος της. Κατά συνέπεια, η βαλβίδα-δίσκος πιέζεται με δύναμη (κτυπιέται)

στην έδρα της, κλείνοντας απότομα τη ροή. Αυτή η πράξη του 'κτυπήματος' δημιουργεί ένα ισχυρό κύμα πίεσης ακόμη και στις μικρές σε μήκος σωληνώσεις. Τέτοιο έντονο κύμα πίεσης μπορεί εύκολα να σπάσει το κέλυφος της αντλίας.

Ένας από τους συνηθεις τρόπους για να αποφευχθεί η συγκέντρωση υψηλών κρουστικών πιέσεων είναι η προφόρτιση του δίσκου της βαλβίδας ποδός με ένα βάρος W ή με ένα ελατήριο (σχήμα 4.45). Η δύναμη που ασκείται από την προφόρτιση πρέπει να είναι ικανή να κλείσει την βαλβίδα ποδός, πριν το επιστρέφον υγρό αποκτήσει σημαντική ταχύτητα. Όμως, η βαλβίδα ποδός μπορεί να προφορτισθεί μόνο όταν υπάρχει αρκετό διαθέσιμο NPSH για να υπερνικηθεί η αυξημένη αντίσταση της βαλβίδος ποδός, ώστε να αποφευχθεί η σπηλαιώση.



Σχήμα 4.45 Προφορτισμένη δικλείδα αναρρόφησης.

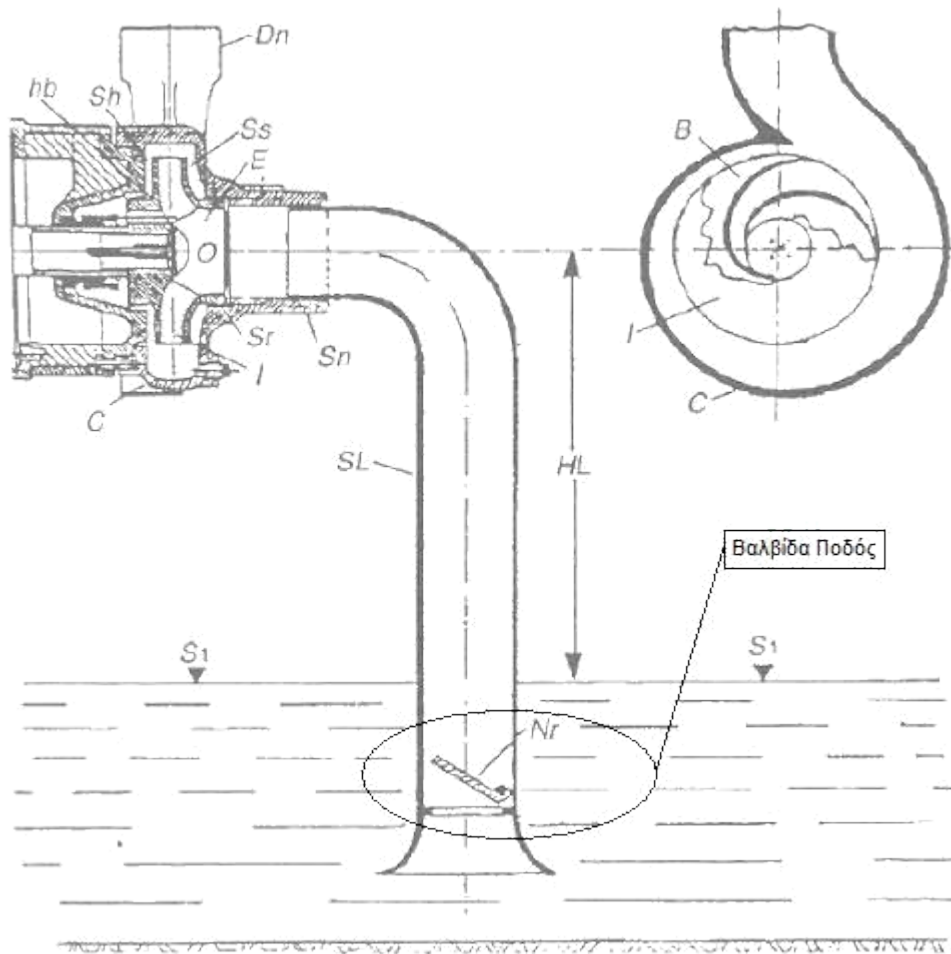
152. Ανομοιόμορφο σφίξιμο βιδών.

Οι βίδες στις φλάντζες πρέπει να σφίγγονται χιαστή. Με οποιοδήποτε άλλο τρόπο σφιχτούν οι βίδες υπάρχει μεγάλη πιθανότητα διαρροής από τις φλάντζες.

4.3. Προβλήματα που οφείλονται σε σφάλματα λόγω κακής συντήρησης

8. Η βαλβίδα ποδός κόλλησε στην έδρα της ή έφραξε.

Η βαλβίδα ποδός χρησιμοποιείται προκειμένου να κρατάει τη γραμμή αναρρόφησης και την αντλία με υγρό όταν αυτή δεν λειτουργεί. Πολλές φορές όταν η αντλία έχει καιρό να λειτουργήσει η βαλβίδα ποδός κολλάει στην έδρα της με ινώδη συνήθως υλικά. Προκειμένου η αντλητική εγκατάσταση να λειτουργεί σωστά η επιλογή της βαλβίδας ποδός πρέπει να είναι προσεκτική (σχήμα 4.46).



Σχήμα 4.46

9. Φίλτρο καλυμμένο με στερεά υλικά, συνήθως ινώδη.

Όταν η αντλία δεν αποδίδει υγρό ή αποδίδει λιγότερο από το αναμενόμενο είναι πιθανό το φίλτρο που βρίσκεται στη σωλήνα αναρρόφησης να έχει γεμίσει με ινώδη υλικά. Αυτό συνήθως συμβαίνει σε καινούργιες γεωτρήσεις όπου δεν έχουν κατασταλάξει τα στερεά υλικά ή όταν η σωλήνα αναρρόφησης βρίσκεται πολύ κοντά στον πυθμένα της γεώτρησης.

39. Στεγανωτικό υλικό, λανθασμένου τύπου.

Ένα από τα προβλήματα που εμφανίζονται στους γεμισμένους στυπιοθαλάμους είναι η επιλογή του είδους του υλικού γεμίσματος. Μέχρι πρότινος, το πιο δημοφιλές είδος γεμίσματος ήταν ο αμίαντος. Ακόμα και σήμερα, αυτό το γέμισμα θεωρείται από πολλούς το πιο χρήσιμο και οικονομικό. Όμως, επειδή η χρήση

τέτοιου υλικού πιθανόν να προκαλέσει προβλήματα υγείας, υποκατάστατα χρησιμοποιούνται με αυξανόμενη συχνότητα. Τα περισσότερα που έχουν καλές προοπτικές υποκατάστατα-υλικά είναι τα νήματα γραφίτου, υαλοβάμβακας και συνθετικές ύλες.

Ακόμη και όταν ένα υποκατάστατο υλικό του αμιάντου χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε μια εφαρμογή, συνήθως απαιτεί ειδικό χειρισμό. Για παράδειγμα, γέμισμα που περιέχουν συνθετικές ουσίες και κατασκευάζονται από άλλα θερμοπλαστικά υλικά συνήθως απαιτούν περισσότερη ψύξη από γέμισμα αμιάντου. Επίσης, απαιτούν ειδική περίοδο 'στρωσίματος', όπου η αντλία πρέπει να σταματά και να εκκινεί σε συχνά διαστήματα, μέχρι το γέμισμα του στυπιοθαλάμου να αποδώσει σωστά. Σε περίπτωση που χρειάζεται αλλαγή το στεγανωτικό υλικό καλό είναι να γνωρίζουμε την άποψη του κατασκευαστή.

40. Φθαρμένοι ή κατεστραμμένοι τριβείς.

Μερικές αιτίες αστοχιών τριβέων είναι οι παρακάτω:

1. Μη ικανοποιητική ή λανθασμένη λίπανση, μόνιμως προκαλεί ζημιά στις συνεργαζόμενες επιφάνειες. Το πρώτο δείγμα μη ικανοποιητικής λίπανσης μπορεί να είναι ο αποχρωματισμός των κινούμενων επιφανειών. Όταν κινηθούν χωρίς λίπανση, η ζημιά προχωρά γρήγορα σε αστοχίες που δε διαφέρουν από αστοχίες κόπωσης. Σε περισσότερο άσχημο βαθμό, 'ξέφτισμα' μπορεί να δημιουργηθεί (σχήμα 4.47).
2. Ακατάλληλη στεγανοποίηση του κιβωτίου του τριβέως μπορεί να επιτρέψει σε βρωμιά ή νερό να αναμειχθεί με το λιπαντικό ή να κάνει το λιπαντικό να διαρρεύσει από το κιβώτιο.
3. Η αστοχία μπορεί να οφείλεται σε ακτινικά ή αξονικά φορτία ή και στα δύο. Σε ακτινικά φορτία ιδίων κατευθύνσεων, το αυλάκι της περιστρεφόμενης στεφάνης θα δείξει δείγματα φθοράς στο κέντρο, κατά μήκος όλης της περιφέρειας. Η σταθερή στεφάνη, όμως, θα δείξει δείγματα μόνο σε μικρό τμήμα της περιφέρειας, στο σημείο όπου έχει υποστεί τη φόρτιση. Σε περίπτωση καθαρής αξονικής φόρτισης, τα δείγματα φθοράς εμφανίζονται στην αντίθετη πλευρά κάθε στεφάνης και προεκτείνονται καθ' όλη την επιφάνεια του αυλακιού. Στην ίδια περίπτωση, το πλάτος των σημαδιών φθοράς είναι σταθερό. Σε συνδυασμένες αξονικές και ακτινικές φορτίσεις, το πλάτος των σημαδιών φθοράς στη σταθερή στεφάνη είναι μεγαλύτερο προς την κατεύθυνση του στοιχείου της ακτινικής φόρτισης. Στις φυγοκεντρικές αντλίες, οι πιο συνήθεις αιτίες

πρόωσης αστοχίας τριβέων λόγω κόπωσης είναι οι μεγάλες ταχύτητες, οι υπερβολικά τεντωμένοι ιμάντες, η μεγάλη πίεση αναρρόφησης και το μεγάλο πιεζομετρικό ύψος.

4. Κακές τεχνικές εγκαταστάσεις συχνά αναγνωρίζονται από τριβέα που θερμαίνεται ή λειτουργεί με θόρυβο μετά την εγκατάσταση. Εσωτερικά, τέτοιος τριβέας συχνά παρουσιάζει μεμονωμένα δείγματα φθοράς, ενώ, όταν είναι ακίνητος, δείχνει να είναι σε τέλεια κατάσταση.

5. Μια πολύ σφιχτή προσαρμογή συχνά αναγνωρίζεται εξωτερικά διότι είναι πολύ πιο δύσκολο να περιστραφεί ο άξονας με το χέρι, απ' ό,τι με κανονικό προσαρμογέα. Μια πολύ σφιχτή προσαρμογή έχει ως αποτέλεσμα να θερμανθούν οι τριβείς και να προκληθεί πρόωρη αστοχία λόγω κόπωσης. Μπορεί επίσης να εμφανίσει δείγματα 'μουτζούρας' που δημιουργήθηκε κατά την εγκατάσταση (σχήμα 4.49).

6. Πολύ χαλαροί προσαρμογείς συνήθως φαίνονται από φθορά ή δείγματα ξεφτίσματος στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού δακτυλίου ή στην εσωτερική πλευρά του εσωτερικού δακτυλίου. Πολύ συχνά, πολύ χαλαρός προσαρμογέας επίσης προκαλεί αποχρωματισμό και φθορά των εδρών των τριβέων (σχήμα 4.50).

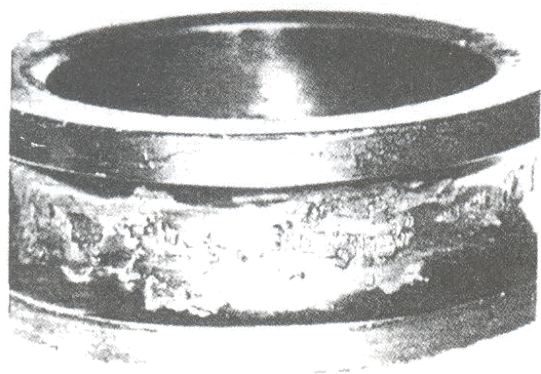
7. Προβλήματα στεγανωτικά στον άξονα ή στο κέλυφος συχνά φαίνονται από υπερβολική τοπική φθορά ή ρωγμές στα αυλάκια των τριβέων.

8. Οι επιπτώσεις της μη σωστής ευθυγράμμισης είναι συχνά παρόμοιες με τα αποτελέσματα της υπερβολικής φόρτισης των τριβέων.

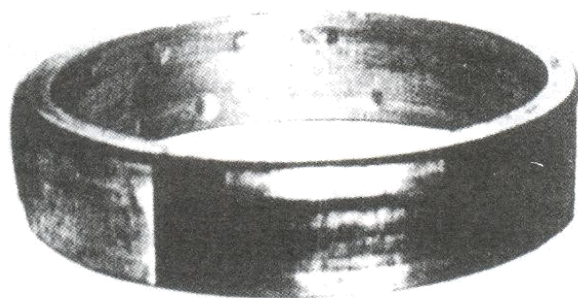
9. Οι ταλαντώσεις που μεταδίδονται στους τριβείς από άλλες πηγές όταν η αντλία δεν λειτουργεί, μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία. Κατά την ακινησία, κάθε 'μπίλια' του τριβέα είναι σε συνεχή επαφή με το ίδιο σημείο των αυλακιών του. Όταν αυτός ο τριβέας υποστεί σημαντικές ταλαντώσεις για μεγάλο χρόνο, ένα φαινόμενο γνωστό ως λανθασμένος βαθμός σκληρότητας μπορεί να συμβεί. Αυτό σημαίνει ότι κυκλικές δαντελώσεις δημιουργούνται στα αυλάκια στα σημεία όπου έρχονται σε επαφή με τις 'μπίλιες' (σχήμα 4.48).

10. Διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να προκαλέσει 'λακκάκια' στα αυλάκια ή στα κυλιόμενα στοιχεία ή και τα δύο. Τέτοιες περιπτώσεις είναι γνωστό ότι έχουν προέλθει από ηλεκτρική επισκευή (π.χ. συγκόλληση) η οποία έγινε στην περιοχή της αντλίας.

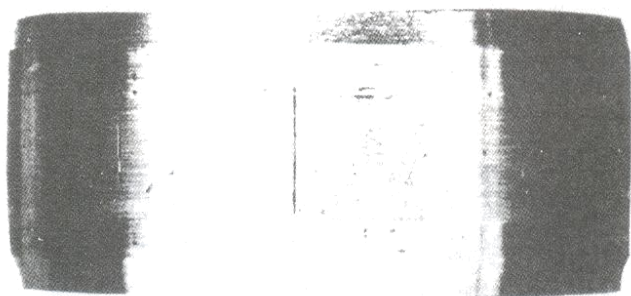
Όλα τα παραπάνω αυξάνουν την κατανάλωση ισχύος από την αντλία.



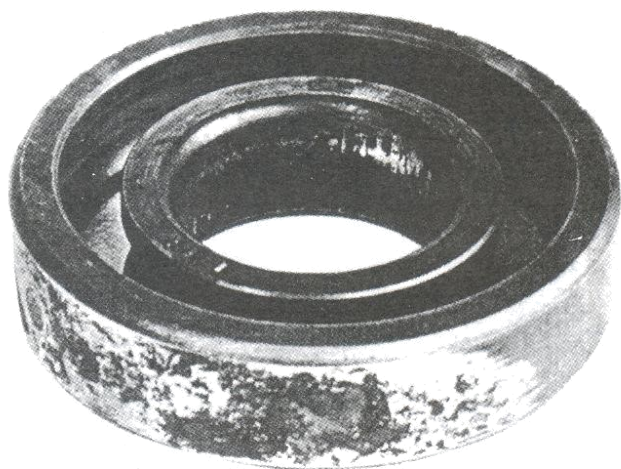
Σχήμα 4.47 “Ξέφτισμα” προκληθέν από μη ικανοποιητική λίπανση.



Σχήμα 4.48 Λανθασμένος βαθμός σκληρότητας.



Σχήμα 4.49 “Μουτζούρωμα” προκληθέν από εγκατάσταση σε κέλυφος με πολύ σφικτό προσαρμογέα εφαρμογής.



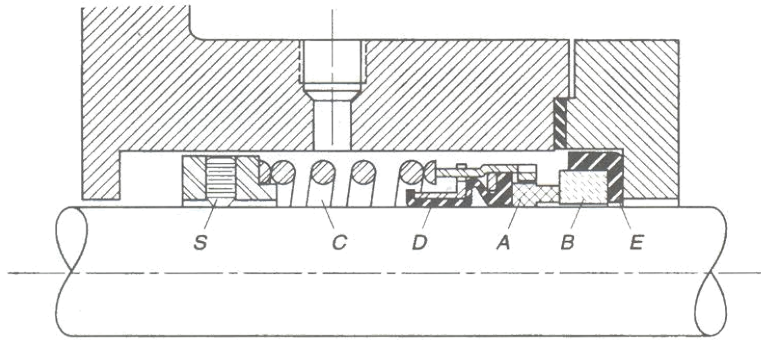
Σχήμα 4.50 Ξέφτισμα από διάβρωση.

41. Το μηχανικό στεγανωτικό εξασκεί υπερβολική πίεση στην έδρα.

Μια πηγή προβλήματος στεγανοποίησης είναι η υπερβολική πίεση. Για να αποφύγουμε τη διαρροή, το περιστρεφόμενο τμήμα του στεγανωτικού διατηρείται σε επαφή με το σταθερό τμήμα του μέσω ελατηρίου ή σειρά ελατηρίων (σχήμα 4.49). Αυτά τα ελατήρια πρέπει να συμπιεστούν σε προκαθορισμένο ποσό δύναμης. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση δακτυλίου στον άξονα σε προκαθορισμένη απόσταση από το επίπεδο στεγανοποίησης. Οποτεδήποτε αυτός ο δακτύλιος (κολάρο) τοποθετηθεί πολύ κοντά, το ελατήριο εξασκεί υπερβολική πίεση στις στεγανωτικές επιφάνειες. Αυτό στη συνέχεια, μπορεί να προκαλέσει αυξημένη κατανάλωση ισχύος, που οδηγεί σε υπερθέρμανση. Αυξημένη θερμοκρασία μπορεί να μετατρέψει τη λεπτή μεμβράνη λίπανσης μεταξύ των επιφανειών στεγανοποίησης σε ατμό, ο οποίος καταστρέφει τις λιπαντικές ιδιότητες της υγρής μεμβράνης και επιφέρει ζημιά στο στεγανωτικό. Η υπερθέρμανση μπορεί επίσης να κάνει τα πλαστικά τμήματα του στεγανωτικού εύθραυστα. Αυτό, επίσης, οδηγεί σε πρόωρη φθορά του στεγανωτικού.

42. Κάλυμμα στυπιοθλίπτη πολύ σφιχτό.

Ένα μηχανικό στεγανωτικό αποτελείται απαραίτητα από δύο δακτυλίους (βλέπε σχήμα 4.51), Α και Β, οι οποίοι λειτουργούν στηριζόμενοι ο ένας επί του άλλου. Η στεγανωτική επιφάνεια του αποκαλούμενου βασικού (περιστρεφόμενου) δακτυλίου Α (η οποία συνήθως κατασκευάζεται από σκληρότερο υλικό) είναι γενικά στενότερη από εκείνη του δευτερεύοντος δακτυλίου Β. Επί πλέον των στεγανωτικών δακτυλίων, ένα μηχανικό στεγανωτικό έχει και δύο δευτερεύοντα στεγανωτικά: στεγανωτικό D σφραγίζει το περιστρεφόμενο υλικό από τον άξονα και στεγανωτικό Ε σφραγίζει το σταθερό δακτύλιο από την έδρα του. Ένα δευτερεύον στεγανωτικό μπορεί να αποτελείται από παρέμβυσμα σχήματος Ο, τύμπανο ή κάθε άλλο κατάλληλο εξάρτημα. Όταν το κάλυμμα του στεγανωτικού είναι πολύ σφιχτό, η αντλία καταναλώνει περισσότερη ισχύ και υπερθερμαίνεται.



Σχήμα 4.51 Βασικά εξαρτήματα ενός μηχανικού στεγανωτικού.

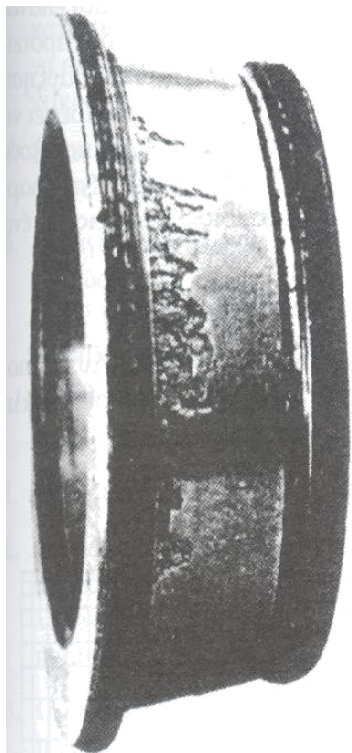
43. Ακατάλληλη λίπανση των τριβών.

Μη ικανοποιητική λίπανση προκαλεί ταχεία χειροτέρευση της κατάστασης των τριβών. Παρόμοια, η υπερβολική λίπανση μπορεί να μικρύνει τη ζωή ενός τριβέα. Πολύ λιπαντικό δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες στους τριβείς και έτσι επιταχύνεται ο ρυθμός οξείδωσης του λιπαντικού.

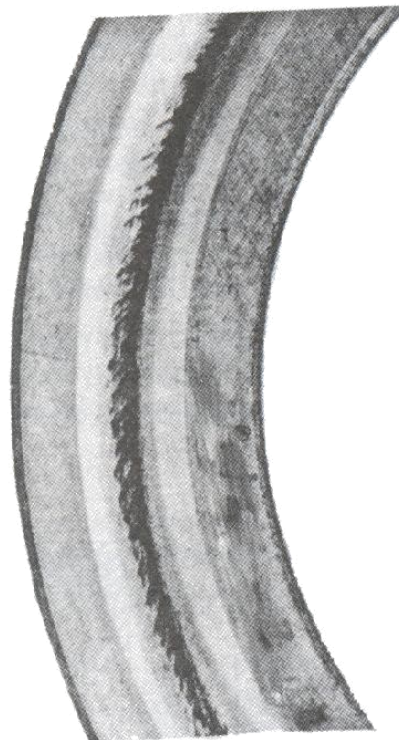
Αστοχίες από μη σωστή λίπανση διαπιστώνονται με έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους τρόπους:

1. Απουσία λιπαντικού στο κιβώτιο των τριβών.
2. Νερό στο λιπαντικό και στο κιβώτιο των τριβών.
3. Αποχρωματισμός των αυλακιών και των σφαιριδίων (κυλίνδρων).
4. Μουντζούρα-κηλίδα (π.χ. σειρές από καμπυλωτές συστάδες γραμμάτων σημαδιών στα αυλάκια, σχήμα 4.53).
5. Λεκέδες (π.χ. σειρά από μεμονωμένες και μη κανονικές δαντελώσεις κατανεμημένες στην περιφέρεια των αυλακιών, σχήμα 4.52).
6. Σε ακραίες περιπτώσεις, η θερμότητα που παράγεται λόγω της απουσίας λίπανσης μπορεί να προκαλέσει σε μερικά σφαιρίδια (κυλίνδρους) να κολλήσουν στο αυλάκι.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές αντλιών προσφέρουν δυνατότητα λίπανσης με γράσο ή λάδι. Από τον χρήστη εξαρτάται ποιο είδος είναι το κατάλληλο ανάλογα με τη χρήση. Μη σωστή επιλογή λιπαντικού μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη βλάβη.



Σχήμα 4.52 “Λεκές” προκληθείς από πλευρική φόρτιση του τριβέα.



Σχήμα 4.53 “Μουτζούρωμα” σε κυλινδρικούς τριβείς ώσεως.

52. Διακοπή της γραμμής εκκένωσης.

Η γραμμή εκκένωσης, δηλαδή η σωλήνωση από την έξοδο της αντλίας και μετά, υπάρχει πιθανότητα να έχει φράξει. Αυτό μπορεί να συμβεί από κάτι που τράβηξε η αντλία ή από στερεοποίηση άμμου και ινώδη υλικών. Επίσης η πτώση θερμοκρασίας οδηγεί στην αύξηση του ιξώδους του υγρού και πιο σπάνια στη στερεοποίηση του υγρού με αποτέλεσμα η αντλία να μην αποδίδει. Εάν η αντλία χρησιμοποιείται για πρώτη φορά και καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει πρόβλημα με τη γραμμή εκκένωσης τότε ενδέχεται να υπάρχει τυφλή φλάντζα. Τέλος υπάρχει περίπτωση κάποια βάνα στη γραμμή εκκένωσης να είναι κλειστή. Όλες οι παραπάνω καταστάσεις οδηγούν στην αύξηση κατανάλωση ισχύς από την αντλία για το λόγο ότι αναγκάζεται να λειτουργεί υπό μεγαλύτερη πίεση.

99. Κλωβός στεγανωτικού λαυθασμένα τοποθετημένος.

Για να εξαλειφθούν τα προβλήματα που προκαλούνται από φθορά, μόνο το σωστό είδος στεγανωτικού πρέπει να χρησιμοποιείται (προτιμητέο το είδος που συνιστά ο κατασκευαστής) και το καπάκι του στυπιοθλίπτη δεν πρέπει να σφίγγεται αρκετά ώστε να αποφεύγεται διαρροή από τον στυπιοθάλαμο. Τις περισσότερες φορές, μια διαρροή 100 σταγόνων/ανά λεπτό μειώνει σημαντικά τη φθορά στον άξονα.

100. Χιτώνιο άξονος φθαρμένο ή "φαγωμένο" στη στεναγοποίηση.

Στο άκρο μιας αντλίας, μηχανική φθορά συνήθως συμβαίνει στους δακτυλίους τριβείς και στο στυπιοθλίπτη. Στο στυπιοθλίπτη, η φθορά είναι αποτέλεσμα πρόκλησης απαγωγής σωματιδίων μετάλλου από τον περιστρεφόμενο άξονα. Η φθορά μπορεί να είναι ιδιαίτερα σοβαρή όταν το κάλυμμα του στυπιοθλίπτη είναι πολύ σφιχτό ή όταν δεν υπάρχει αρκετή ροή μεταξύ του άξονα και του στεγανωτικού. Η μηχανική φθορά φαίνεται από χαρακώσεις στην περιφέρεια του άξονα, συχνά συνοδευόμενες από σκούρα αποχρωμάτωση λόγω υπερθέρμανσης. Σε ακραίες περιπτώσεις, ο άξονας μπορεί να φαγωθεί τόσο πολύ από το στεγανωτικό, ώστε να σπάσει.

Στους δακτυλίους τριβείς, η φθορά μπορεί να προκληθεί από υψηλές ταχύτητες του ρέοντος υγρού μεταξύ των επιφανειών σφράγισης, συνδυασμένη με την υψηλή περιφερειακή ταχύτητα των δακτυλίων σφράγισης ή μπορεί να προκύψει από μεταλλική επαφή μεταξύ των σταθερών και κινητών τμημάτων. Φθορά από συνδυασμένη δράση ροής του υγρού και σχετικής ταχύτητας των περιστρεφόμενων τμημάτων έχει τη μορφή αυξημένων ανοχών.

103. Βρομιά ή αμμοχάλικο στο υγρό στεγανοποίησης.

Η βρομιά είναι ο χειρότερος εχθρός των μηχανικών στεγανωτικών. Για την αποτελεσματική στεγανοποίηση, οι επιφάνειες των μηχανικών στεγανωτικών πρέπει να είναι περισσότερες λείες από 0.00002 in. Κάθε ίχνος βρομιάς παγιδευμένης μεταξύ των στεγανωτικών επιφανειών, εκτός από διαρροή, θα οδηγήσει και σε πρόωρη φθορά (αποσύνθεση) των στεγανωτικών.

108. Το μηχανικό στεγανωτικό έχει ξεραθεί.

Η ελλιπής λίπανση των συνεργαζόμενων επιφανειών προκαλούμενη από υπερβολική πίεση ή υπερθέρμανση δημιουργεί σημαντική φθορά στις στεγανωτικές επιφάνειες. Αυτό, πάλι, μπορεί να είναι το αποτέλεσμα ακατάλληλης τοποθέτησης του περιστρεφόμενου στεγανωτικού επί του άξονα, ακατάλληλης ψύξης ή κακής επιλογής στεγανωτικού.

111. Λάθος τύπος μηχανικού στεγανωτικού.

Τα πιο συνήθη προβλήματα με τα μηχανικά στεγανωτικά είναι: μικρή διάρκεια ζωής, διαρροή, υπερθέρμανση, υψηλή κατανάλωση ισχύος και διαρροή αέρα στην αντλία. Τέτοια στεγανωτικά σχεδιάζονται σε μεγάλες ποικιλίες σχημάτων και μεγεθών. Μερικά προβλήματα αφορούν μόνο σε ειδικούς τύπους ή 'μάρκες' στεγανωτικών. Είναι λοιπόν απαραίτητο να συμβουλευόμαστε τον κατασκευαστή όταν ένα είδος στεγανωτικού συνεχώς αστοχεί.

112. Μη ευθυγραμμισμένα εσωτερικά στεγανωτικά υλικά, εμποδίζουν την κανονική συνεργασία του στεγανωτικού και της έδρας του.

Προβλήματα συμβαίνουν όταν οι επιφάνειες δεν είναι απόλυτα κάθετες προς τον άξονα περιστροφής. Κατά τη λειτουργία, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία αποκόλληση των επιφανειών στεγανοποίησης στην μια πλευρά του στεγανωτικού και επαναφορά στο κανονικό στην αντίθετη πλευρά. Η επίδραση είναι διπλή αφού ορισμένο υγρό διαρρέει και φθείρει (παρασύρει) σωματίδια από τις στεγανωτικές επιφάνειες, οδηγώντας έτσι στην πρόωρή τους φθορά, ενώ βρομιά μπορεί να εισχωρήσει μεταξύ των στεγανωτικών επιφανειών.

Η έλλειψη 'καθετότητας' των επιφανειών στεγανοποίησης μπορεί να προκληθεί από σειρά λαθών σε άλλα εξαρτήματα της αντλίας, συμπεριλαμβανομένου και ενός λυγισμένου άξονα, φθαρμένων τριβών, βρομιάς μεταξύ των συνεργαζόμενων επιφανειών των εξαρτημάτων της αντλίας, ανομοιόμορφου σφιξίματος περικοχλίων-βιδών, τάσης προκαλούμενες από τις σωληνώσεις και άλλα.

Συμπτώματα παρόμοια με εκείνα που προκαλούνται από έλλειψη ευθύτητας μπορεί να προκληθούν από ταλάντωση, η οποία στη συνέχεια μπορεί να προκληθεί από σειρά αιτιών, όπως απώλεια ζυγοστάθμισης λόγω ύπαρξης στερεού αντικειμένου μεταξύ των σταθερών πτερυγίων του στροφείου, μη ευθυγράμμιση της αντλίας και του μεταδότη, συντονισμός της ταχύτητας λειτουργίας της αντλίας και της φυσικής συχνότητας της βάσης στήριξης ή των θεμελίων.

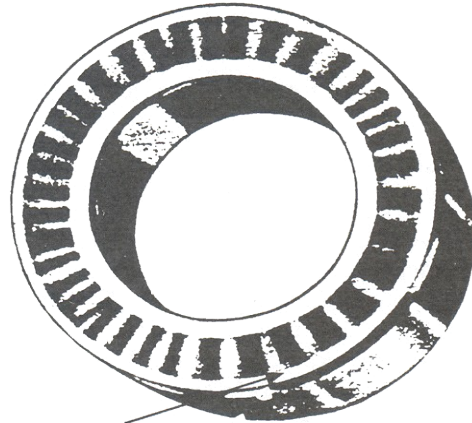
113. Διαρροή μεταξύ της έδρας του στεγανωτικού και του καπακιού του στυπιοθλίπτη, λόγω λαθασμένου παρεμβάσματος ή δακτυλίου Ο.

Εάν ένα στεγανωτικό έχει σταθερή διαρροή όταν ο άξονας περιστρέφεται ή είναι σταθερός, μηχανική παραμόρφωση του δευτερεύοντος δακτυλίου μπορεί να είναι η αιτία (σχήματα 4.54, 4.55, 4.59). Μερικές φορές, δύο μεγάλες κηλίδες επαφής θα εμφανισθούν στην στεγανωτική επιφάνεια του δευτερεύοντος δακτυλίου (σχήμα 4.56) και οι επιφάνειες του βασικού δακτυλίου μπορεί επίσης να υποστούν βλάβη.

Η μηχανική παραμόρφωση μπορεί επίσης να προκαλέσει και άλλα ίχνη στην επιφάνεια του στεγανωτικού δακτυλίου. Μερικές φορές εμφανίζει επαφή σε απόσταση μεγαλύτερη από 180 μοίρες επί της επιφάνειας του δευτερεύοντος δακτυλίου (σχήμα 4.57) και καμιά (καθόλου) επαφή στην υπόλοιπη στεγανωτική επιφάνεια. Σε άλλες περιπτώσεις, εμφανίζει περισσότερες από μια ή δύο κηλίδες επαφής στον δευτερεύοντα δακτύλιο (σχήμα 4.58).

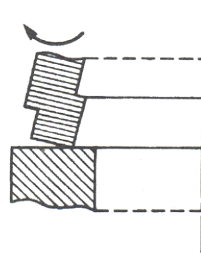
Μερικές πιθανές αιτίες μηχανικής παραμόρφωσης είναι:

1. Παραμόρφωση της πλάκας του πώματος του στυπιοθλίπτη λόγω ανομοιομορφίας ή υπερβολικής ροπής εφαρμοσθείσης στις βίδες της πλάκας του καπακιού (πώματος).
2. Η επιφάνεια του πώματος του στυπιοθλίπτη που εφάπτεται με τον δευτερεύοντα δακτύλιο δεν είναι επίπεδη.
3. Χαρακιές και ρινίσματα στην επιφάνεια του πώματος του στυπιοθλίπτη που έρχεται σε επαφή με τον δευτερεύοντα δακτύλιο.

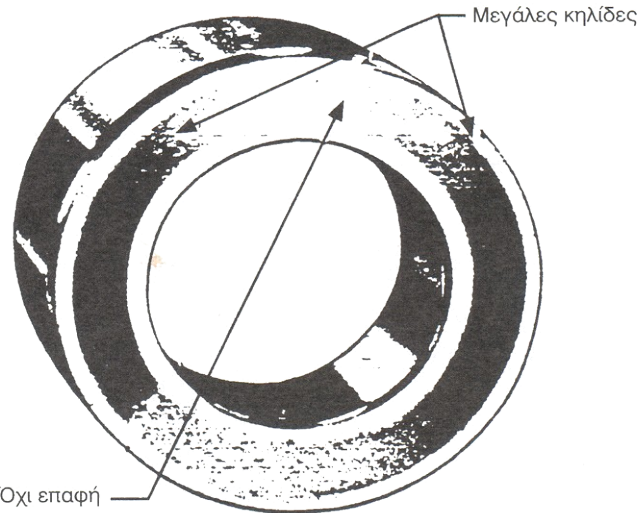


Αναχαίτηση θερμοκρασίας

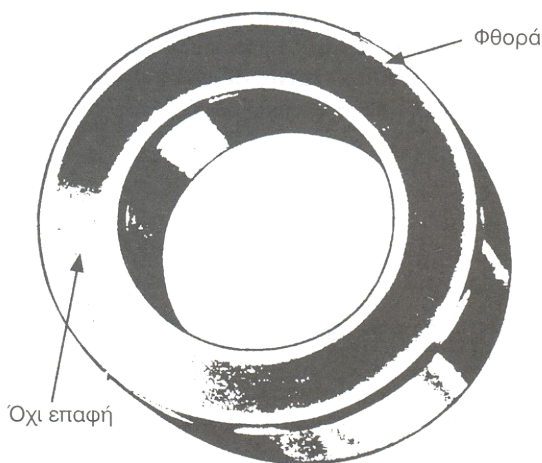
Σχήμα 4.54 Ρωγμές αναχαίτισης θερμοκρασίας σε στάσιμο δακτύλιο.



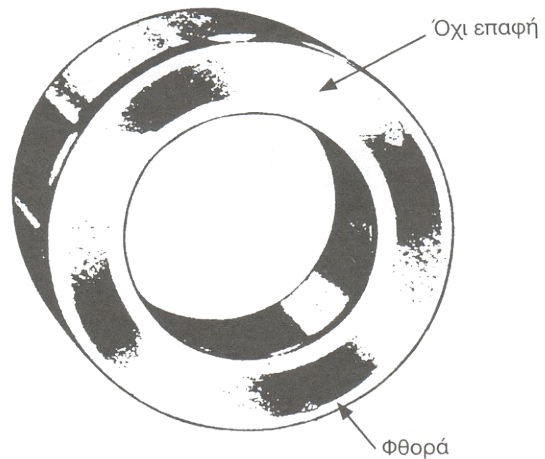
Σχήμα 4.55 Θερμική παραμόρφωση του βασικού δακτυλίου.



Σχήμα 4.56 Δύο μεγάλες κηλίδες σε δευτερεύοντα δακτύλιο.

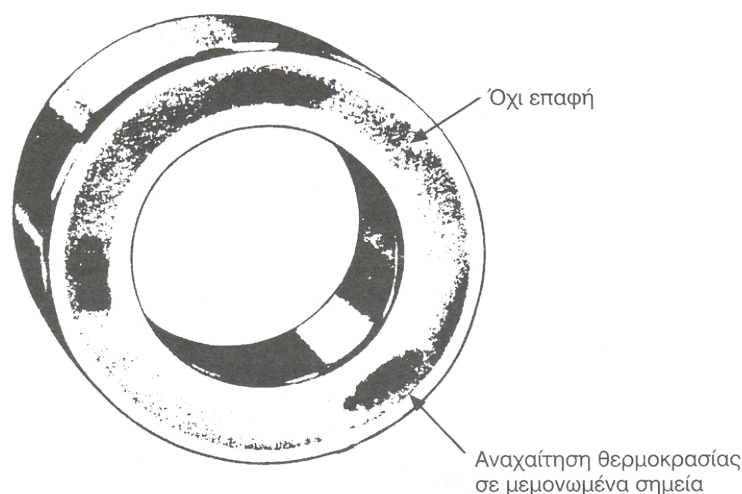


Σχήμα 4.57 Επαφή σε περισσότερο από 180° μίρες απόσταση,



Σχήμα 4.58 Πολλαπλές κηλίδες επαφής σε σταθερό δακτύλιο.

δευτερεύοντος
δακτυλίου.



Σχήμα 4.59 Σημάδια αναχαίτισης θερμοκρασίας σε μεμονωμένες κηλίδες.

121. Βρομιά στους τριβείς.

Μια από τις σπουδαιότερες προφυλάξεις που απαιτούνται τη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση των κυλινδρικών τριβέων είναι η καθαριότητα. Αμφότερα, ο τριβέας και το κέλυφός του, πρέπει προσεκτικά να επιθεωρηθούν για ίχνη βρομιάς. Εάν πρέπει να αποσυναρμολογηθούν για πολλές ώρες ή για μικρότερο χρονικό διάστημα σε περιβάλλον με σκόνη, πρέπει να καλύπτονται με κερωμένο χαρτί.

Πριν από την επανεγκατάσταση, η καθαριότητα τριβέως πρέπει να ελέγχεται οπτικά και περιστρέφοντάς τον αργά με το χέρι. Ένας καθαρός τριβέας σε καλή κατάσταση πρέπει να περιστρέφεται ομαλά, χωρίς ίχνος αλλαγής της απαλότητας της κίνησής του. Δε θα πρέπει επίσης να δείχνει δείγματα ξεθωριάσματος ή σκουριάς.

Πριν την εγκατάσταση, οι κυλινδρικοί τριβείς πρέπει να επιθεωρούνται για γρατσουνιές, δείγματα σκουριάς ή υπερβολικών ανοχών μεταξύ των αυλακιών και των σφαιριδίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι λιγότερο δαπανηρό να απορριφθεί ένας ύποπτος τριβέας πριν την εγκατάσταση, από την αποσυναρμολόγηση της αντλίας αργότερα λόγω αστοχίας τριβέως.

4.4. Προβλήματα που οφείλονται στη λανθασμένη λειτουργία των αντλιών

1. Η αντλία δεν υπέστη αρχική πλήρωση.

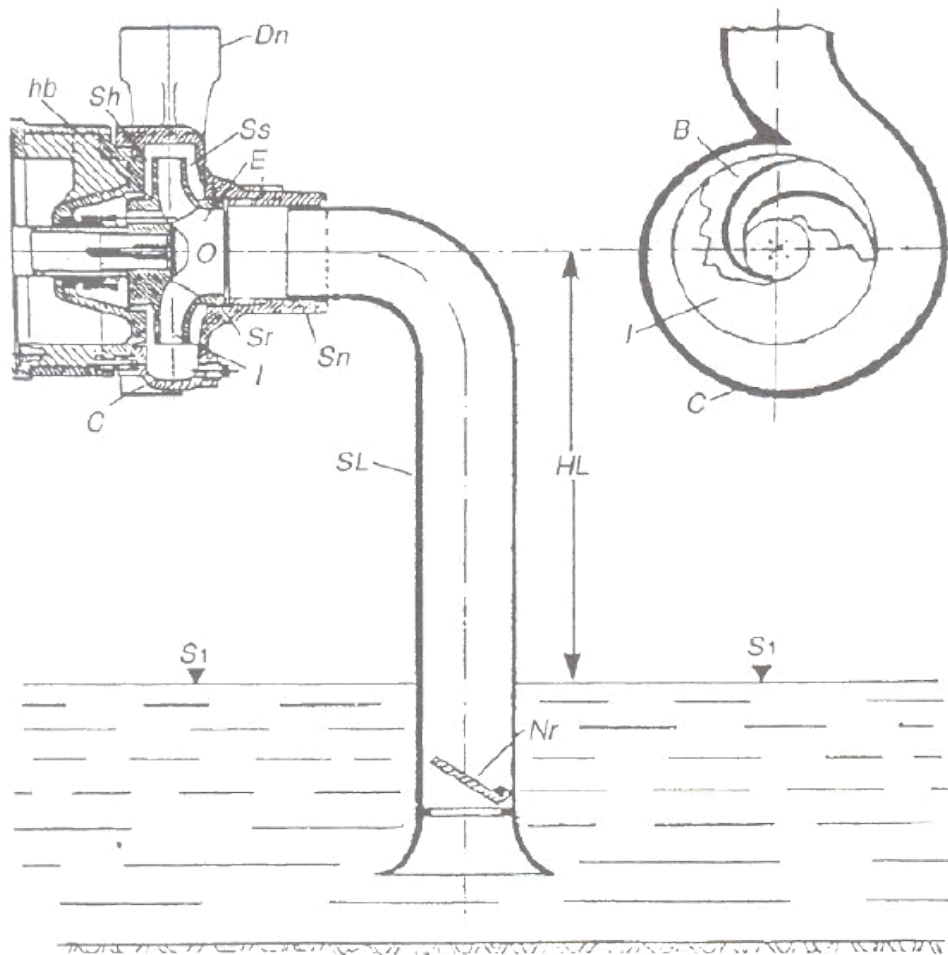
Σαν γενικός κανόνας, μια φυγοκεντρική αντλία δεν μπορεί να ξεκινήσει την άντληση εάν δεν υποστεί "αρχική πλήρωση". Πριν από την εκκίνηση, η αντλία και η γραμμή αναρρόφησης πρέπει να γεμίσουν τελείως με το υγρό που πρόκειται να αντληθεί. Η αρχική πλήρωση είναι στενά συνδεδεμένη με τη λειτουργία της φυγοκεντρικής αντλίας.

Αρχικά ας υποθέσουμε ότι το σύστημα έχει υποστεί "αρχική πλήρωση" (σχήμα 4.60). Η αντλία θα αναπτύξει συνολικό πιεζομετρικό ύψος ως $H_t = H_d + H_s$. Το H_d είναι το απαιτούμενο πιεζομετρικό ύψος για να υπερνικηθεί η αντίσταση στη γραμμή εξόδου (εκκένωσης) και H_s το απαιτούμενο πιεζομετρικό ύψος για να υπερνικηθεί η αντίσταση στη γραμμή αναρρόφησης και να επιταχυνθεί το υγρό. Το πιεζομετρικό ύψος χρησιμοποιείται για να μειωθεί η πίεση στην κεντρική γραμμή O-O της αντλίας κατά ένα ποσό ίσον με γH_s . Αυτή η μείωση της πίεσης πρέπει να είναι ικανή για να υπερνικηθεί η πίεση γHL που απαιτείται για να σηκωθεί το νερό κατά ύψος HL , καθώς επίσης να παρέχει ικανή πίεση για να υπερνικηθεί η αντίσταση λόγω τριβής εντός του αγωγού αναρρόφησης και να επιταχυνθεί το υγρό που ρέει δια μέσου της γραμμής αναρρόφησης SL . Όταν η αντλία υποστεί "αρχική πλήρωση", η πτώση πίεσης στον άξονα O-O ισούται με γH_s , όπου γ είναι το ειδικό βάρος του υπό άντληση υγρού.

Τώρα υποθέσατε ότι η αντλία δεν υφίσταται "αρχική πλήρωση" πριν από την εκκίνησή της. Είναι γεμάτη με αέρα. Όταν ξεκινήσουμε την αντλία, πάλι θα αναπτυχθεί το ίδιο συνολικό πιεζομετρικό ύψος $H_t = H_d + H_s$. Όμως αυτή τη φορά, η πτώση πίεσης στον άξονα O-O είναι το μέγεθος της ίδιας υδροστατικής πίεσης H_s , πολλαπλασιασμένη με το ειδικό βάρος του αέρα.

Ανάλογα με την θερμοκρασία, πίεση και προυπάρχουσα υγρασία, το ειδικό βάρος του αέρα είναι περίπου 600 με 650 φορές μικρότερο από αυτό του νερού. Συνεπώς η μείωση στη διαφορά πιέσεως θα είναι τώρα 600 με 650 φορές μικρότερη από εκείνη όταν η αντλία υποστεί "αρχική πλήρωση". Τέτοια πτώση σπάνια είναι ικανή για να σηκωθεί το νερό κατά ύψος HL .

Για το λόγο αυτό, η "αρχική πλήρωση" της αντλίας καθίσταται αναγκαία.



Σχήμα 4.60

7. Φραγμένη γραμμή αναρρόφησης.

Η γραμμή αναρρόφησης, δηλαδή η σωλήνωση μέχρι την είσοδο της αντλίας, υπάρχει πιθανότητα να έχει φράξει. Αυτό μπορεί να συμβεί από κάτι που τράβηξε η αντλία ή από στερεοποίηση άμμου και ινώδους υλικού. Επίσης η πτώση θερμοκρασίας οδηγεί στην αύξηση του ιξώδους του υγρού και πιο σπάνια στη στερεοποίηση του υγρού με αποτέλεσμα η αντλία να μην αποδίδει υγρό λόγω της γραμμής αναρρόφησης. Τέλος εάν η αντλία χρησιμοποιείται για πρώτη φορά και καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει πρόβλημα με τη γραμμή αναρρόφησης τότε ενδέχεται να υπάρχει τυφλή φλάντζα ή κάποια βάννα μπορεί να είναι κλειστή.

11. Η πίεση εκκένωσης που απαιτείται από το σύστημα είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη αναπτυσσόμενη από την αντλία.

Η πίεση εκκένωσης είναι η συνολική πίεση που δημιουργεί η αντλία ώστε να υπερνικηθεί η πίεση, η υψομετρική διαφορά, το πιεζομετρικό ύψος ταχύτητας και οι απώλειες λόγω τριβών και ιξώδους εντός της γραμμής εξόδου (εκκένωσης, κατάθλιψης).

Κάθε αντλία συνοδεύεται από ένα διάγραμμα παροχής-πίεσης (χαρακτηριστική αντλίας) και είναι κατασκευασμένη για να λειτουργεί σύμφωνα με αυτό το διάγραμμα (σχήμα 4.63).

Η αντίσταση του υγρού αυξάνεται με τις συνδέσεις, τις καμπύλες και τις βαλβίδες του συστήματος. Οι μικρότερες σωληνώσεις σε διάμετρο έχουν μεγαλύτερες αντιστάσεις.

Για να γίνει σωστά μια αντλητική εγκατάσταση πρέπει να γίνει μελέτη που θα υπολογίζεται το σημείο λειτουργίας. Το σημείο λειτουργίας είναι η τομή της χαρακτηριστικής της σωλήνωσης και της χαρακτηριστικής της αντλίας. Συνεπώς εξαρτάται τόσο από την διαμόρφωση της αντλητικής εγκατάστασης όσο και από την αντλία. Από την χαρακτηριστική του ολικού βαθμού απόδοσης (η , Q) της αντλίας και για το σημείο λειτουργίας, δηλ. την διακινούμενη παροχή Q , προκύπτει η τιμή του ολικού βαθμού απόδοσης η με τον οποίο θα λειτουργεί η αντλία (σχήμα 4.61, 4.62). Από αυτόν η μηχανική ισχύς N την οποία απορροφά η αντλία από τον κινητήρα της είναι $N = \gamma H Q / \eta$, όπου:

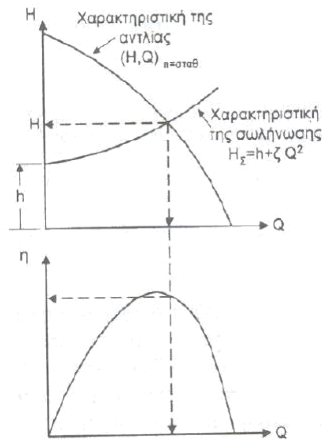
γ : ειδικό βάρος του υγρού σε Nt/m^3 και είναι $\gamma = \rho g$, όπου ρ η πυκνότητα του υγρού σε $kg(\mu\acute{\alpha}\zeta\alpha\varsigma)/m^3$ και $g \approx 9,81 \text{ m/sec}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας.

H : ολικό ύψος σε $m\Sigma Y$

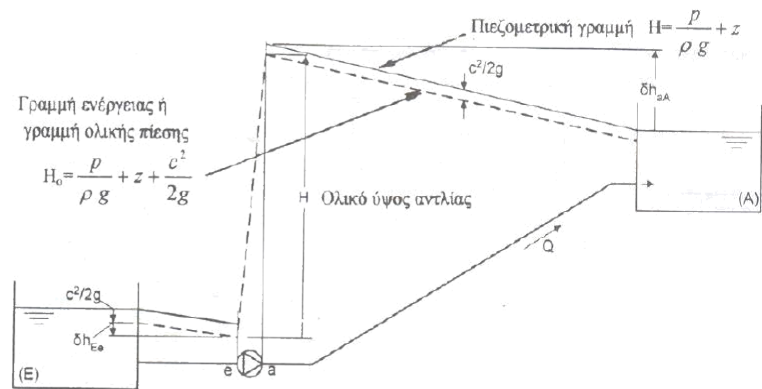
Q : παροχή σε m^3/sec

η : ολικός βαθμός απόδοσης που είναι αδιάστατος

N : μηχανική ισχύς σε $Watt$



Σχήμα 4.61 Σημείο λειτουργίας
ς
αντλητικής
εγκατάστα
σης



Σχήμα 4.62 Μεταβολή της ολικής πίεσης και της πιεζομετρικής γραμμής κατά μήκος της σωλήνωσης απλής αντλητικής εγκατάστασης.

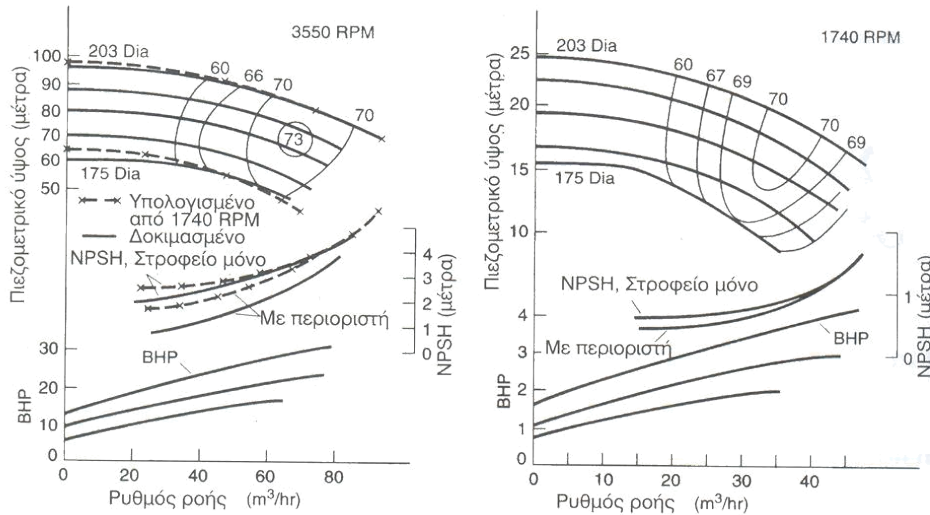
12. Ταχύτητα λειτουργίας, πολύ χαμηλή.

Στη θεωρία, όταν η ταχύτητα μιας αντλίας τροποποιηθεί από N_1 σε N_2 , η παροχή της αλλάζει από $Q = Q_1$, ακολουθώντας την εξίσωση $Q_2 = Q_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$.

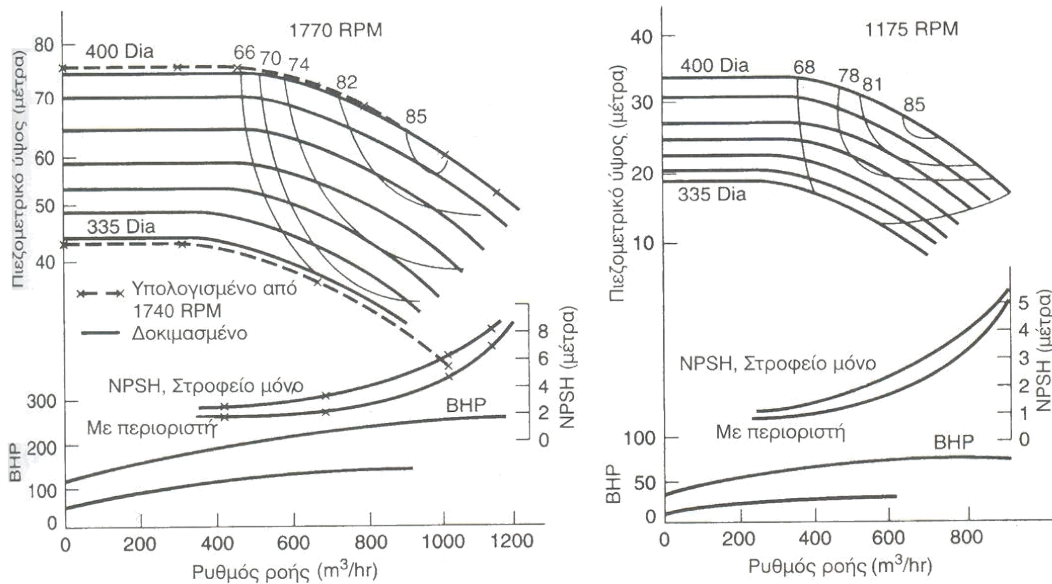
Το πιεζομετρικό ύψος H_2 στη νέα ταχύτητα N_2 και τη νέα παροχή Q_2 , αυξάνεται από το πιεζομετρικό ύψος H_1 που η αντλία ανέπτυξε σε $N = N_1$ και $Q = Q_1$, στη νέα τιμή σύμφωνα με τον τύπο

$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2.$$

Αναφορικά με τον βαθμό απόδοσης, τούτο μάλλον παραμένει το ίδιο για τις δύο αντίστοιχες παροχές όταν οι μεταβολές στρωφών είναι μικρές (σχήμα 4.63, 4.64).



Σχήμα 4.63 Απόδοση της ίδιας αντλίας σε δύο διαφορετικές ταχύτητες.



Σχήμα 4.64 Απόδοση της ίδιας αντλίας σε δύο διαφορετικές ταχύτητες.

14. Διαθέσιμο NPSH, ανεπαρκές.

Το καθαρό θετικό πιεζομετρικό ύψος αναρρόφησης (NPSH) είναι η διαφορά μεταξύ του ολικού διαθέσιμου απόλυτου πιεζομετρικού ύψους που είναι διαθέσιμο στην είσοδο της αντλίας και του πιεζομετρικού ύψους που αντιστοιχεί στην πίεση ατμού του αντλούμενου υγρού. Υπολογίζεται από μετρήσεις της απολύτου

πίεσης στην είσοδο της αντλίας και του πιεζομετρικού ύψους ταχύτητας του υπό άντληση υγρού, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$N.P.S.H. = (P_s - P_u)/\gamma + C^2/2g$$

όπου:

P_s = απόλυτη πίεση αναρρόφησης στην είσοδο της αντλίας

P_u = πίεση ατμών του υγρού στη θερμοκρασία άντλησης

C = ταχύτητα του υγρού στην περιοχή μετρήσεων

g = επιτάχυνση βαρύτητας

γ = ειδικό βάρος υγρού

Όταν κάποιος ασχολείται με φυγοκεντρικές αντλίες, υπάρχουν δύο τιμές της N.P.S.H. : η διαθέσιμη N.P.S.H. και η ελάχιστη απαιτούμενη N.P.S.H. που προσδιορίζεται από την παραπάνω εξίσωση και αντιπροσωπεύει την πραγματική πίεση αναρρόφησης στην είσοδο της αντλίας.

Η ελάχιστη απαιτούμενη N.P.S.H. είναι η τιμή της διαθέσιμης πίεσης αναρρόφησης που μια συγκεκριμένη αντλία χρειάζεται προκειμένου να λειτουργήσει ικανοποιητικά σε μια δεδομένη ταχύτητα. Λαμβανομένου υπόψη ότι το μέγεθος της διαθέσιμης N.P.S.H. προσδιορίζεται από την παραπάνω εξίσωση, η ελάχιστη απαιτούμενη N.P.S.H. δεν μπορεί να υπολογιστεί ξεκάθαρα. Η ελάχιστη απαιτούμενη N.P.S.H. είναι η τιμή του διαθέσιμου πιεζομετρικού ύψους αναρρόφησης, που η αντλία χρειάζεται για να λειτουργήσει ικανοποιητικά. Όμως, ο υπολογισμός του κατά πόσο η αντλία λειτουργεί ικανοποιητικά, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το έργο για το οποίο η συγκεκριμένη αντλία επιλέχθηκε.

Σπάνια μια αντλία λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα ροής ή σταθερό πιεζομετρικό ύψος ή υπό σταθερές συνθήκες αναρρόφησης. Συνήθως, μια αντλία πρέπει να λειτουργήσει 'μέσα' σε μεγάλη ποικιλία πιεζομετρικών υψών, χωρητικότητων και τιμές διαθέσιμης N.P.S.H. Ανάλογα με τις συνθήκες υπό τις οποίες η αντλία πρέπει να λειτουργήσει, μια αντλία η οποία είναι κατάλληλη για μια εφαρμογή μπορεί να είναι τελείως ακατάλληλη για άλλη.

Την καμπύλη N.P.S.H. την δίνει ο κατασκευαστής της αντλίας.

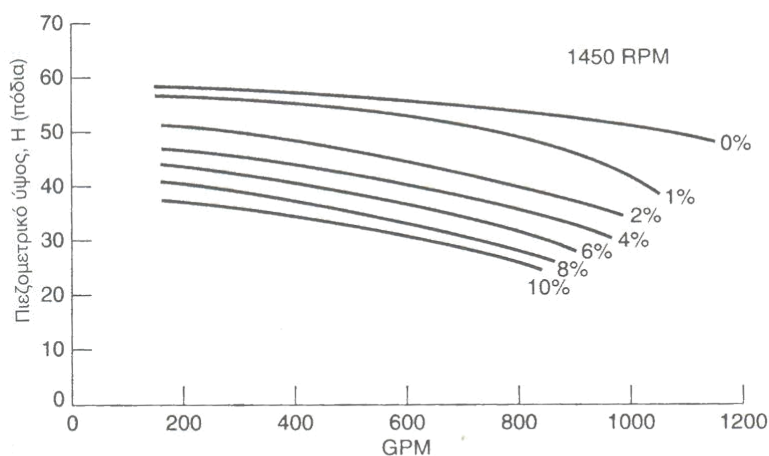
15. Υπερβολικά ποσά αερίων ή αέρα παγιδευμένα στο υγρό.

Οι πιο συνήθεις πηγές ελεύθερου αέρα είναι οι ακόλουθες:

1. Αέρας εισέρχεται σε μια χαμηλής πίεσεως περιοχή του συστήματος άντλησης δια μέσω μιας τρύπας, ρωγμής ή άλλης διακοπής στην περιοχή μεταξύ χαμηλής πίεσης και ατμοσφαιρικού αέρα.
2. Αέρας (ή αέριο) μπορεί να υπάρχει διαλυμένος εντός του αντλούμενου υγρού. Η διαλυτότητα των αερίων στα υγρά ελαττούται με την αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού και με τη μείωση της πίεσεως. Συνεπώς, ο αέρας είναι ικανός να ξεχωρίσει από το διάλυμα κατά τη φάση εισόδου στον ομφαλό του στροφείου, όπου συνήθως η πίεση είναι μικρότερη.
3. Φυσαλίδες αέρα μπορεί να εμφανισθούν στο νερό που περιέχει σαπισμένα ή οργανικά ένζυμα. Επίσης, μπορεί να προκληθούν με χημικές κατεργασίες που συνεχίζουν να λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της άντλησης από την αντλία.

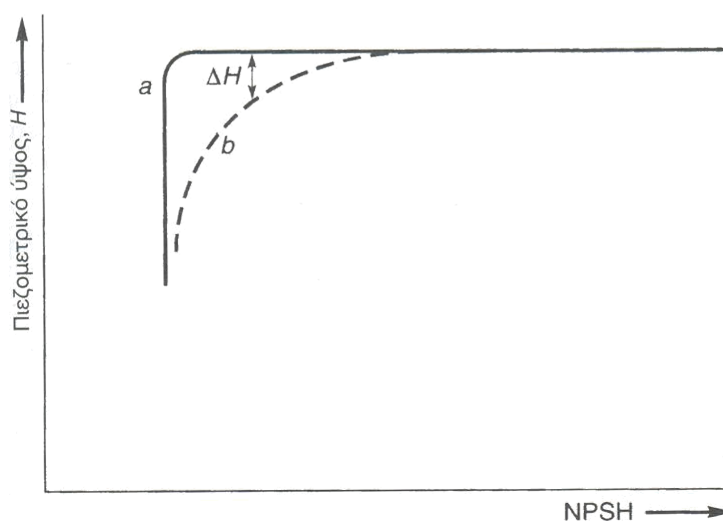
Το σχήμα 4.65 δείχνει την απόδοση μιας αντλίας που χειρίζεται ένα μείγμα από αέρα και νερό. Τα ποσοστά που εμφανίζονται πλησίον κάθε καμπύλης υποδηλώνουν το ογκομετρικό ποσοστό του περιεχομένου σε ελεύθερο αέρα εντός του υγρού. Όταν το ογκομετρικό ποσοστό αυξήθηκε υπεράνω του 10%, η αντλία έχασε την αρχική της πλήρωση και σταμάτησε να παρέχει υγρό.

Όταν η γραμμή αναρρόφησης δεν είναι αεροστεγής και η εσωτερική πίεση είναι χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής πίεσης, αέρας εισέρχεται στην αντλία. Ο ρυθμός που αυτό συμβαίνει αυξάνεται με την μειωμένη διαθέσιμη NPSH. Αυξημένη διαρροή αέρα, αυξάνει την πτώση ΔΗ του πιεζομετρικού ύψους που αναπτύχθηκε από την αντλία. Κατά συνέπεια, το σχήμα 4.66 της καμπύλης H – NPSH αλλάζει από α σε b.



Σχήμα 4.65 Η επίδραση του ελεύθερου αέρα εντός υγρού, επί της απόδοσης μιας αντλίας 6 in. που έχει ειδική ταχύτητα

2270 R.P.M. (στροφές το λεπτό), G.P.M. (Γαλόνια ανά λεπτό).



Σχήμα 4.66 Η επίδραση του αέρα στην καμπύλη H-NPSH.

17. Τα όργανα μέτρησης δεν είναι σωστά διακριβωμένα ή είναι λάθος τοποθετημένα.

Σε μια αντλητική εγκατάσταση χρησιμοποιούνται όργανα μέτρησης ούτως ώστε να έχουμε ενδείξεις για την παροχή, το πιεζομετρικό ύψος και την κατανάλωση ενέργειας.

Η παροχή συνήθως μετράται με όργανο ροής. Το ροόμετρο πρέπει να εγκατασταθεί σε θέση που να εξασφαλίζει ότι το υγρό που το διαπερνά έχει ενιαία κατανομή ταχύτητας. Αυτό απαιτεί ένα ορισμένο μήκος ευθειών αγωγών μπροστά και μετά από το όργανο. Το ελάχιστο μήκος αυτών των αγωγών και η συχνότητα των ελέγχων διακρίβωσης συνήθως προσδιορίζονται σε κάθε εγκεκριμένο κώδικα δοκιμών. Αυτές οι προφυλάξεις δεν εξαλείφουν την εμφάνιση λανθασμένων μετρήσεων. Η πιο κοινή αιτία είναι στερεά υλικά να εισέρχονται στο ροόμετρο και να παρακωλύεται η ροή. Άλλη αιτία που συναντάται συνήθως σε κλειστά κυκλώματα είναι η σπηλαίωση εντός του ροομέτρου όταν η παροχή μετράται με όργανο Venturi ή από το στόμιο υπολογίζεται έμμεσα, μέσω διαφορικού μανομέτρου. Αυτή η σωλήνωση που οδηγεί από το μανόμετρο στο ροόμετρο απαιτεί ειδική μεταχείριση. Κάθε χαλαρότητα ή διαρροή θα έχει ως συνέπεια τα λανθασμένα αποτελέσματα. Όταν το ροόμετρο βρίσκεται στη γραμμή αναρρόφησης και η πίεση εκεί είναι χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική, η σωλήνωση πρέπει να είναι γεμάτη αέρα. Επίσης δεν

πρέπει να εισέλθει υγρό στη σωλήνωση κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Τέλος οι λαυθασμένες ενδείξεις συνήθως προκαλούνται από βρωμιά που εισέρχεται στη σωλήνωση και φράζει τις διόδους και τις συνδέσεις.

Το συνολικό πιεζομετρικό ύψος που αναπτύσσεται από μια αντλία είναι το σύνολο των πιεζομετρικών υψών που απαιτούνται από το υγρό για να γίνουν τα ακόλουθα:

- να υπερνικηθεί η διαφορική πίεση σε αμφότερες τις πλευρές της αντλίας,
- να υπερνικηθεί το πιεζομετρικό ύψος ενάντια στο οποίο η αντλία πρέπει να αποδώσει και
- να αντισταθμίσει τις υδραυλικές απώλειες στη σωλήνωση.

Λόγω της αντίστασης στην γραμμή αναρρόφησης, η πίεση αναρρόφησης συνήθως μετράται σε μικρή απόσταση, αντίθετα από το ρεύμα της αντλίας. Όμως, για ακρίβεια, η ροή του υγρού πρέπει να είναι αξονοσυμμετρική στα σημεία μέτρησης της πίεσεως. Συχνά, αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν, πριν από το σημείο, υπάρχει μακρύ ευθύ τμήμα σωλήνωσης με ενιαία διάμετρο ή από μικρότερο τμήμα σωλήνωσης πριν από το οποίο υπάρχει ευθυγραμμιστής. Τα αποτελέσματα μπορεί να επηρεασθούν από αέρα που εισέρχεται στη γραμμή αναρρόφησης ή από πυρήνες χαμηλής πίεσης που αναπτύσσεται στο κέντρο της γραμμής αναρρόφησης.

Εισερχόμενη ενέργεια είναι η ενέργεια που καταναλώνεται από την ίδια την αντλία. Στη περίπτωση αντλίας που είναι κατ' ευθείαν συνδεδεμένη με ηλεκτρικό 'μοτέρ', αυτή η ενέργεια ισούται με την εξερχόμενη από το μεταδότη κίνηση. Αυτό σημαίνει, ότι ισούται με την ενέργεια που εισέρχεται στο 'μοτέρ', πολλαπλασιαζόμενη με την αποδοτικότητα του μεταδότη κίνησης. Ένα δυναμόμετρο, θεωρείται ως ο πλέον αξιόπιστος τρόπος για να μετράται η ισχύς. Ακόμη, όμως, ανακριβείς μετρήσεις μπορεί να συμβούν. Οι πλέον κοινές αιτίες είναι βρωμιά και ακατάλληλη λίπανση των τριβών που υποστηρίζουν – κρατούν το πλαίσιο του μοτέρ, ανακριβής ευθυγράμμιση ή χαλασμένοι τριβείς, μπλεγμένες αρθρώσεις των μοχλών όπου τα βάρη είναι συνδεδεμένα, το βάρος των καλωδιώσεων που παρέχουν το ρεύμα στο μοτέρ εξασκώντας πρόσθετη ροπή στο πλαίσιο του μοτέρ, και ακαμψία των ηλεκτρικών καλωδίων, αποφεύγοντας έτσι την περιστροφή του μοτέρ.

19. Ιξώδες του υγρού μεγαλύτερο από εκείνο για το οποίο η αντλία σχεδιάστηκε.

Ιξώδες ονομάζεται η αντίσταση ενός ακίνητου υγρού στο να ρεύσει. Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που απαιτείται για να κάνουμε το υγρό να κυλήσει (ρεύσει). Το ιξώδες γενικά εκφράζεται ως η δύναμη που απαιτείται για να μετακινηθεί ένα επίπεδο μοναδιαίας επιφάνειας υγρού πάνω από ένα άλλο επίπεδο ίσης επιφάνειας, σε ένα δευτερόλεπτο.

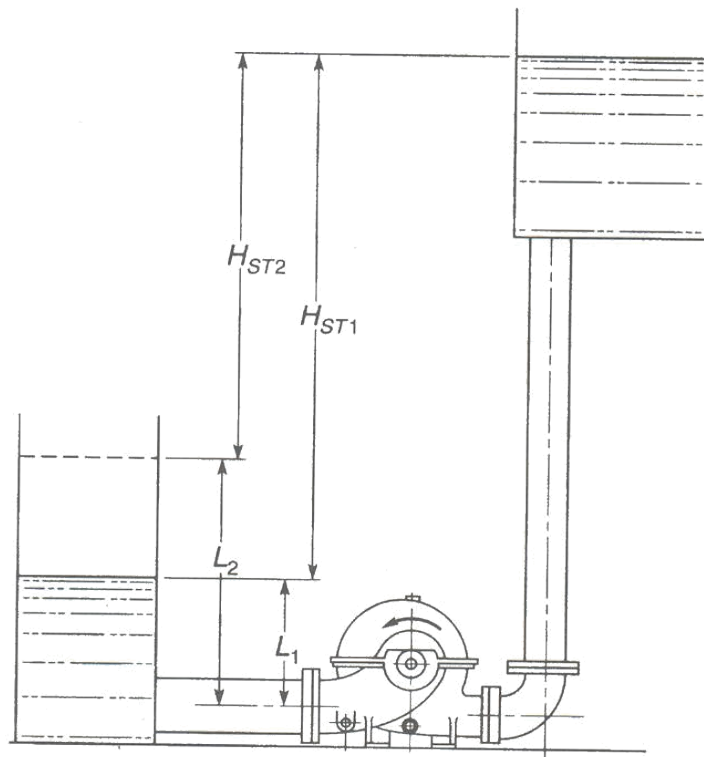
Το ιξώδες υγρού ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Πολύ ιξώδη υγρά συνήθως προθερμαίνονται πριν χρησιμοποιηθούν με αντλία. Ορισμένα προληπτικά μέτρα είναι αναγκαία, εάν η αντλία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί διακεκομμένα. Αρχικά, για να αποφευχθεί ξαφνική ψύξη του υγρού σε κάθε επανεκκίνηση (όταν το υγρό έρχεται σε επαφή με εξαρτήματα της αντλίας τα οποία ψύχθηκαν με την παρέλευση χρόνου), ίσως να χρειασθεί να διατηρηθεί η αντλία ζεστή, ακόμη και αν δε λειτουργεί. Όταν η λειτουργία της αντλίας πρόκειται να διακοπεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, το υγρό πρέπει να αφαιρεθεί πριν η θερμοκρασία του ελαττωθεί και αυξηθεί το ιξώδες του πέραν των ανεκτών ορίων.

25. Αντλία σπηλαιώνει επειδή λειτουργούσε μακριά από την καμπύλη πιεζομετρικού ύψους-δυνατότητας.

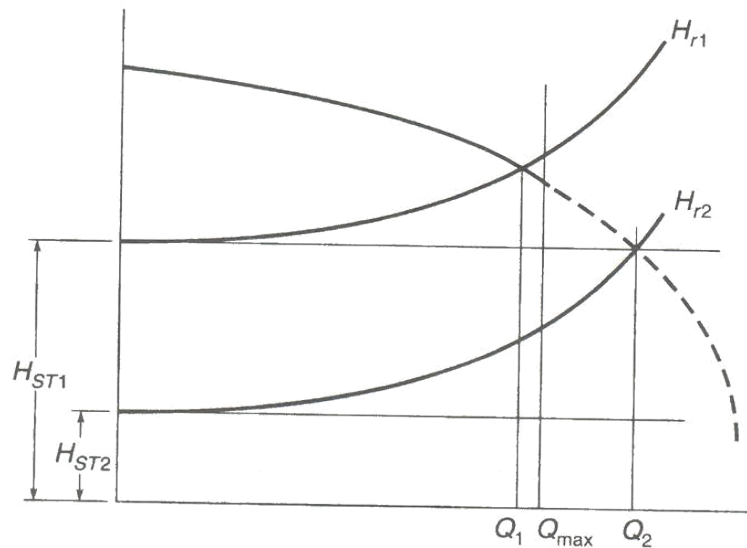
Η αντλία που φαίνεται στο σχήμα 4.67 λειτουργεί με εμφανή δείγματα σπηλαιώσης όταν η στάθμη του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης ήταν στο L2. Καθώς το υγρό αφαιρείτο από τη δεξαμενή και η στάθμη του χαμήλωνε, η σπηλαιώση έγινε λιγότερη έντονη. Τελικά, όταν η στάθμη πλησίασε τη χαμηλότερή της θέση, L1, η σπηλαιώση εξαφανίσθηκε τελείως.

Αυτή η παράξενη συμπεριφορά οφείλεται στο γεγονός ότι οι απαιτήσεις σε NPSH μιας αντλίας αυξάνονται δραστικά στις πολύ υψηλές παροχές. Η καμπύλη ικανότητας πιεζομετρικού ύψους της υπόψιν αντλίας και η καμπύλη αντίστασης του συστήματος παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω. Σ' αυτήν την παράσταση, Q_{max} είναι η μέγιστη παροχή για την οποία σχεδιάσθηκε να λειτουργεί η αντλία. Όταν το υγρό στη δεξαμενή ήταν στη χαμηλότερή του στάθμη, η αντλία λειτουργεί με στατικό πιεζομετρικό ύψος H_{st1} . Η συνολική καμπύλη αντίστασης του συστήματος παρουσιάσθηκε με την καμπύλη H_{r1} και η αντλία λειτουργούσε χωρίς πρόβλημα. Όταν η στάθμη ανέβηκε στην

υψηλότερή της θέση, το στατικό πιεζομετρικό ύψος έπεσε σε H_{st2} . Η συνολική καμπύλη αντίστασης παρουσιάζεται από την καμπύλη H_r2 . Η τομή αυτής της καμπύλης αντίστασης με την καμπύλη των QH της αντλίας, πραγματοποιήθηκε όταν η παροχή ήταν Q_2 , η οποία είναι χαρακτηριστικά υψηλότερη από Q_{max} . Σε αυτή την παροχή, οι απαιτήσεις σε NPSH της αντλίας είναι τόσο υψηλές, ώστε ακόμη και η αύξηση στο διαθέσιμο NPSH (με την διαφορά $H_{st1}-H_{st2}$) δεν είναι ικανή να απωθήσει την σπηλαιώδη (σχήμα 4.68).



Σχήμα 4.67 Η επίπτωση του αυξημένου καθαρού πιεζομετρικού ύψους αναρρόφησης (NPSH) επί του ολικού πιεζομετρικού ύψους.



Σχήμα 4.68 Η επίδραση της μεταβολής του στατικού πιεζομετρικού ύψους επί της παροχής.

31. Στάθμη υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης χαμηλότερη από την αρχικά προδιαγεγραμμένη.

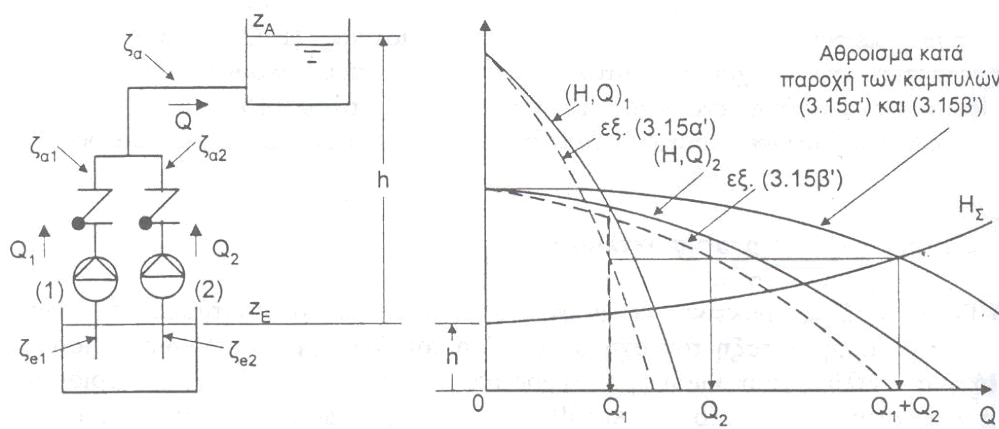
Κάθε φυγοκεντρική αντλία είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί σε ένα ορισμένο εύρος πιεζομετρικού ύψους και παροχής. Όταν η στάθμη του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης είναι χαμηλότερη από την αρχικά προδιαγεγραμμένη υπάρχει περίπτωση η αντλία να λειτουργεί έξω από το εύρος που έχει σχεδιαστεί να καλύπτει, με αποτέλεσμα είτε να αποδίδει λιγότερο υγρό είτε και καθόλου. Γι' αυτό το λόγο όταν γίνεται μελέτη ενός αντλητικού έργου θα πρέπει να συνυπολογίζεται και η αυξομείωση της στάθμης του υγρού στη δεξαμενή αναρρόφησης.

32. Σε σύστημα πολλών αντλιών, η λειτουργία μιας αντλίας μπορεί να επηρεάσει την λειτουργία των άλλων.

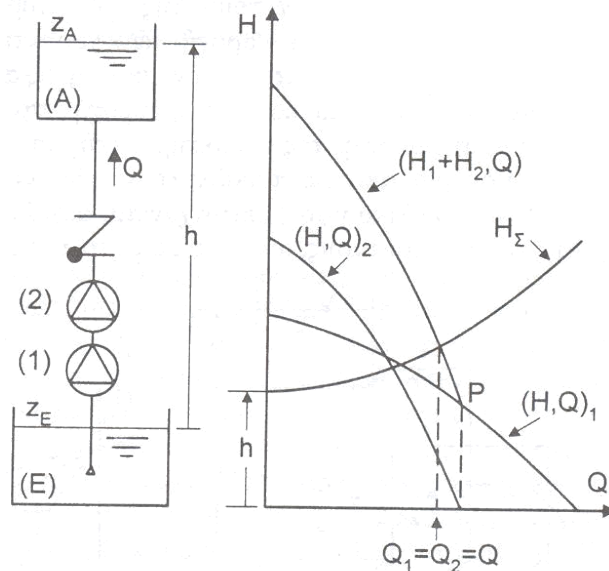
Όταν αρκετές αντλίες λειτουργούν σε σειρά (σχήμα 4.70, 4.71), μια ή περισσότερες μπορεί να αστοχήσουν, όταν προκληθεί βλάβη ή σταματήσει αντλία αντίθετη προς τη ροή. Διακοπή λειτουργίας σε αντλία αντίθετη προς τη ροή ελαττώνει την πίεση στην είσοδο της επόμενης αντλίας, προκαλώντας σπηλαίωση. Εάν υπάρχουν και άλλες αντλίες πιο κάτω, και αυτές επίσης μπορεί να αστοχήσουν. Η πρώτη αντλία, ίδιας κατεύθυνσης με την ροή, δεν είναι ικανή να αναπτύξει το απαιτούμενο πιεζομετρικό ύψος λόγω της σπηλαίωσης στην αντλία αντίθετης προς την ροή. Άλλο είδος βλάβης μπορεί να

συμβεί σε σύστημα όπου σημαντικό μέρος του απαιτούμενου πιεζομετρικού ύψους οφείλεται στην τριβή. Σ' αυτή την περίπτωση, το υγρό μπορεί να συνεχίσει να ρέει με μειωμένη παροχή, ακόμη και αν μια αντλία αστοχήσει και το συνολικό πιεζομετρικό ύψος που αναπτύσσεται από τις αντλίες ελαττωθεί. Αυτό μπορεί να συμβεί διότι η αντίσταση του συστήματος είναι μικρότερη σε ελαττωμένες παροχές. Επειδή οι αντλίες έχουν σειριακή διάταξη, το αντλούμενο υγρό συνεχίζει να ρέει μέσω της ελεύθερα περιστρεφόμενης αντλίας, περιστρέφοντας όμως το στροφείο της. Αυτό στη συνέχεια μπορεί να 'λασκάρει' τα περικόχλια που συνδέουν τα περιβλήματα και το στροφείο στην κανονική αξονική θέση, προκαλώντας σοβαρή ζημιά στα περιστρεφόμενα τμήματα της αντλίας.

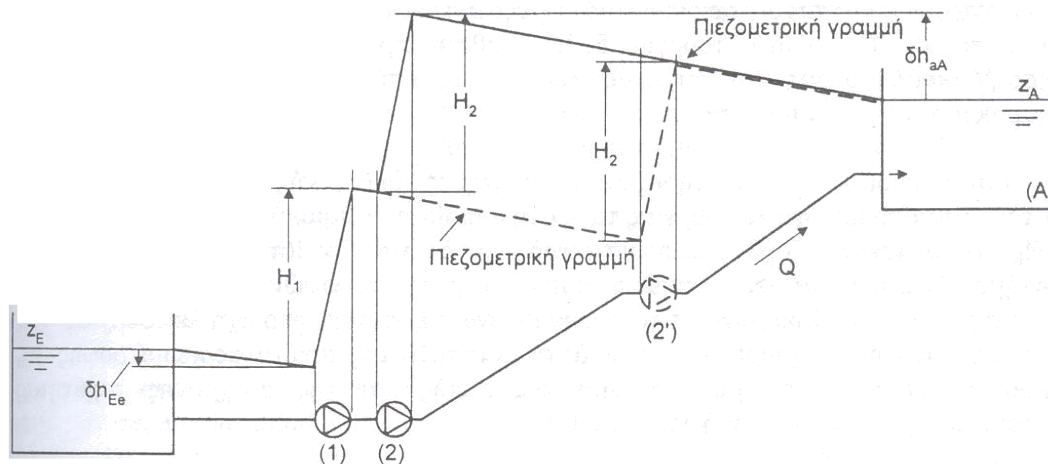
Οποτεδήποτε τα ακροφύσια αναρρόφησης διαφόρων αντλιών συνδεθούν σε έναν συλλέκτη-αγωγό, αέρας που διαρρέει σε μια αντλία μπορεί επίσης να εισέλθει και στις άλλες αντλίες. Αυτό επηρεάζει την απόδοση όλων των αντλιών. Άλλο είδος προβλήματος μπορεί να συμβεί όταν υπάρχει διακοπή στην σωλήνωση εκκένωσης κάποιας αντλίας. Αυτό μειώνει την πίεση εξαγωγής και αυξάνει σημαντικά την παροχή στην οποία η επηρεασθείσα αντλία λειτουργεί. Το πρώτο άμεσο αποτέλεσμα μιας τέτοιας διακοπής μπορεί να είναι σπηλαίωση της εν λόγω αντλίας. Έμμεσα, όμως, τέτοια αύξηση στην παροχή επίσης μειώνει το διαθέσιμο NPSH των άλλων αντλιών του συστήματος. Συνεπώς, τέτοια διακοπή μπορεί επίσης να δημιουργήσει σπηλαίωση στις υπόλοιπες αντλίες. Τέλος, υπάρχουν ειδικές περιπτώσεις όπου δύο αντλίες με φθίνουσες καμπύλες προκαλούν αστάθεια, όταν λειτουργούν παράλληλα. Γι' αυτό ο σχεδιασμός της αντλητικής εγκατάστασης πρέπει να είναι προσεκτικός (σχήμα 4.69).



Σχήμα 4.69 Σχηματική διάταξη παράλληλα συνδεδεμένων αντλιών. Καθορισμός του σημείου λειτουργίας της εγκατάστασης.



Σχήμα 4.70 Εν σειρά λειτουργία αντλιών.



Σχήμα 4.71 Πιεζομετρική γραμμή σε αντλητική εγκατάσταση με δύο εν σειρά συνδεδεμένες αντλίες.

46. Ανομοιόμορφη θερμική διαστολή διαφορετικών εξαρτημάτων του συστήματος άντλησης.

Τα εξαρτήματα που συνήθως υπερθερμαίνονται σε μια αντλία είναι οι ένσφαιροι τριβείς (ρουλεμάν), θήκη ρουλεμάν, στυπιοθάλαμος και μηχανικά στεγανωτικά.

Συνήθεις αιτίες υπερθέρμανσης είναι τα λάθη χειρισμού, εγκατάστασης, συναρμολόγησης και κατεργασίας. Επί πλέον, όταν

τα ρουλεμάν ή τα τετραγωνικά παρεμβύσματα απαιτούν ψύξη, η υπερθέρμανση μπορεί να προκληθεί από ελλειπείς διατάξεις ψύξεως.

Η υπερθέρμανση είναι επικίνδυνη, διότι μπορεί να ξεκινήσει μια σειρά αντιδράσεων ή σειρές αντιδράσεων. Υπερθέρμανση των ρουλεμάν μπορεί να καταστρέψει τις ιδιότητες λίπανσης του λιπαντικού μέσου. Αυτό πιθανόν θερμάνει τα ρουλεμάν ακόμη περισσότερο, οδηγώντας σε οξείδωση και 'κάψιμο' των επιφανειών και ολική καταστροφή αυτών. Η υπερθέρμανση των ρουλεμάν επίσης θα υπερθερμάνει και διαστείλει ορισμένα εξαρτήματα της θήκης των ρουλεμάν. Αυτό ίσως βγάλει εξαρτήματα από την ευθυγράμμιση, με συνέπεια τα αποτελέσματα της απευθυγράμμισης και τελικά θα οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας.

Ένα υπερθερμασμένο παρέμβυσμα ή μηχανικό στεγανωτικό παρέμβασμα μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφη διαστολή διαφόρων εξαρτημάτων της αντλίας. Αυτό στη συνέχεια μπορεί να προκαλέσει 'κάψιμο' της επιφάνειας του άξονα που έρχεται σε επαφή με το παρέμβυσμα. Μπορεί επίσης να καταστρέψει τις συζευγμένες επιφάνειες των μηχανικών παρεμβυσμάτων. Και στις δύο περιπτώσεις, η δυνατότητα στεγανοποίησης του στυπιοθαλάμου θα ελαττωθεί και πιθανόν θα προκαλέσει διαρροή υγρού ή θα επιτρέψει να εισέλθει αέρας στην αντλία.

Άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται όταν αντλούμε θερμά υγρά είναι ότι αλλαγές στην θερμοκρασία προκαλούν διαστολή και συστολή των σωληνώσεων. Αυτό ίσως επιφέρει υψηλές πιέσεις στο κέλυφος της αντλίας. Οι επιβαλλόμενες δυνάμεις ίσως προκαλέσουν και απορύθμιση της αντλίας με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης. Για το λόγο αυτό, η ευθυγράμμιση πρέπει να ελέγχεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και μετά από την θέρμανση.

47. Λανθασμένες μετρήσεις ισχύος.

Όλες οι μέθοδοι μέτρησης ισχύος συνεπάγονται ένα ορισμένο ποσοστό λάθους και χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια δοκιμών στα πεδία εργασίας. Μόνο μια αντλία που είναι άμεσα συνδεδεμένη σε διακριβωμένο μοτέρ εγγυάται ένα βαθμό ακρίβειας και είναι κατάλληλη για πιστοποιημένη δοκιμή πεδίου εργασίας. Όμως και πάλι, λάθη μπορεί να συμβούν. Τα πιο κοινά λάθη είναι οι λερωμένες-βρόμικες επαφές του μετρητού ισχύος, ένα ή περισσότερα καλώδια που οδηγούν στον μετρητή ισχύος να μην έχουν συνδεθεί καλά οι επαφές τους, ένα σπασμένο καλώδιο μεταξύ του μετρητή ισχύος και του κύριου συστήματος (ηλεκτρικού) και

αντικανονική σύνδεση του μετρητή ισχύος με τη γραμμή ηλεκτρικής ισχύος.

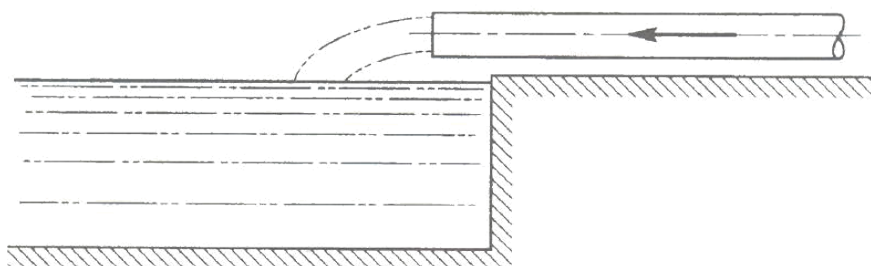
49. Δεν προθερμάνθηκε το υγρό ώστε να διατηρηθεί το ιξώδες κάτω από ορισμένα όρια.

Ιξώδες ονομάζεται η αντίσταση ενός ακίνητου υγρού στο να ρεύσει. Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που απαιτείται για να κάνουμε το υγρό να κυλήσει (ρεύσει). Το ιξώδες γενικά εκφράζεται ως η δύναμη που απαιτείται για να μετακινηθεί ένα επίπεδο μοναδιαίας επιφάνειας υγρού πάνω από ένα άλλο επίπεδο ίσης επιφάνειας, σε ένα δευτερόλεπτο.

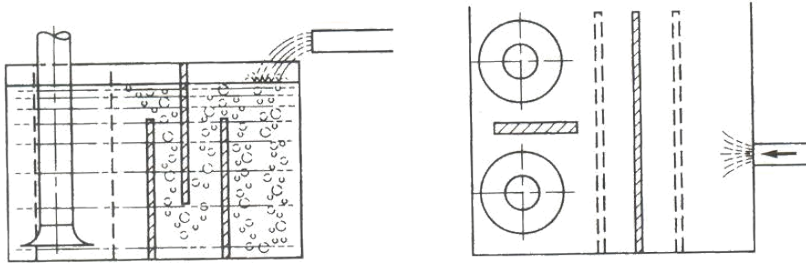
Το ιξώδες υγρού ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Πολύ ιξώδη υγρά συνήθως προθερμαίνονται πριν χρησιμοποιηθούν με αντλία. Ορισμένα προληπτικά μέτρα είναι αναγκαία, εάν η αντλία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί διακεκομμένα. Αρχικά, για να αποφευχθεί ξαφνική ψύξη του υγρού σε κάθε επανεκκίνηση (όταν το υγρό έρχεται σε επαφή με εξαρτήματα της αντλίας τα οποία ψύχθηκαν με την παρέλευση χρόνου), ίσως να χρειασθεί να διατηρηθεί η αντλία ζεστή, ακόμη και αν δε λειτουργεί. Όταν η λειτουργία της αντλίας πρόκειται να διακοπεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, το υγρό πρέπει να αφαιρεθεί πριν η θερμοκρασία του ελαττωθεί και αυξηθεί το ιξώδες του πέραν των ανεκτών ορίων.

72. Πτώση υγρού στη δεξαμενή από μεγάλο ύψος παρασύρει αέρα στην αντλία.

Ιδιαίτερα βλαβερά συμπτώματα μπορεί να προκληθούν από τον σωλήνα εισόδου που είναι τοποθετημένος επάνω από την επιφάνεια του υγρού (σχήμα 4.72), στη δεξαμενή αναρρόφησης. Το νερό που πέφτει, παρασύρει αέρα στην δεξαμενή, και από εκεί μεταφέρεται στον σωλήνα αναρρόφησης (σχήμα 4.73).



Σχήμα 4.72 Υγρό που αδειάζεται σε δεξαμενή αναρρόφησης από σημείο πάνω από την στάθμη του νερού, μπορεί να “τραβήξει” αέρα στη δεξαμενή.



Σχήμα 4.73 Διαχωρισμός αέρα που παρασύρθηκε από το εισερχόμενο υγρό.

78. Αντλία λειτουργούσα την κρίσιμη ταχύτητα.

Σπηλαιώση. Όταν οι γεμάτες ατμό φυσαλίδες ενός σπηλαιωμένου υγρού φθάσουν σε μια κλίμακα υψηλότερης πίεσης, σπάνε απότομα, δημιουργώντας έτσι θόρυβο. Δεν είναι πάντα δυνατόν να διαχωριστεί ο θόρυβος που προκαλείται από σπηλαιώση και εκείνος που προκαλείται από άλλες αιτίες, όμως ένας στεγνός θόρυβος σε σπασίμο από το άκρο αναρρόφησης της αντλίας πιθανόν να προέρχεται από σπηλαιώση. Αυτό είναι ιδιαίτερα πιθανό όταν η αντλία λειτουργεί σε χαμηλές τιμές N.P.S.H. ή σε πολύ χαμηλές παροχές.

Αντλίες με υψηλή ειδική ταχύτητα μπορεί να προκαλέσουν μεγάλο πρόβλημα όταν λειτουργούν σε μερική δυνατότητα παροχής με χαμηλό διαθέσιμο N.P.S.H. Σε ακραίες καταστάσεις, το όλο σύστημα άντλησης μπορεί να λειτουργήσει με πολύ θόρυβο και ταλάντωση.

80. Υπερβολικές ακτινικές δυνάμεις σε περιστρεφόμενα εξαρτήματα.

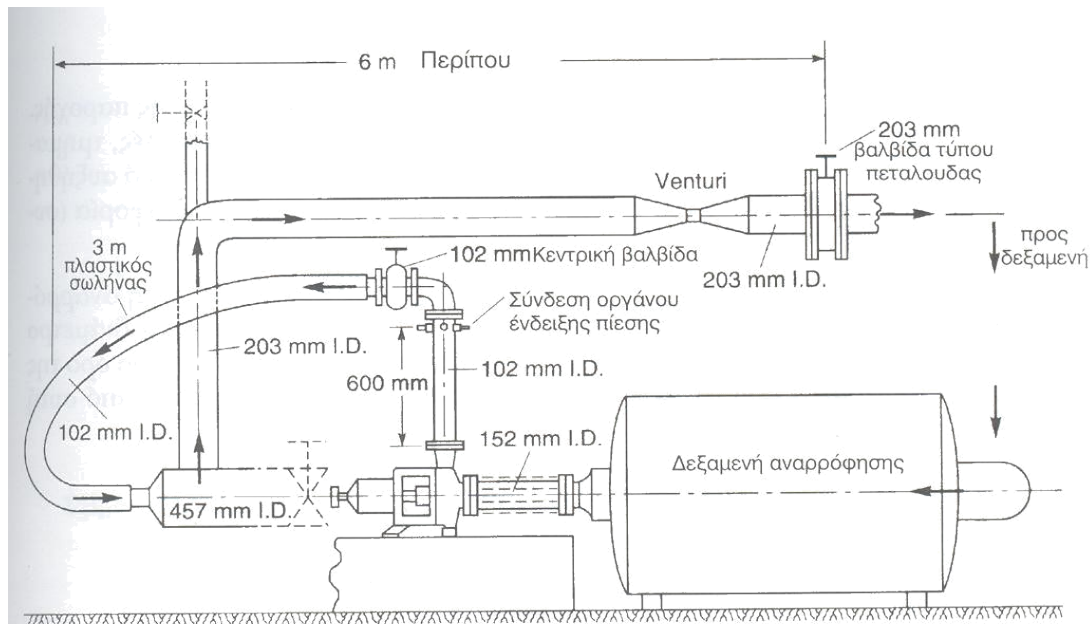
Ταλαντώσεις προκαλούμενες από μηχανικές πηγές μπορεί να παράγουν σπηλαιώση στο υγρό. Αυτό στη συνέχεια δημιουργεί μια δευτερεύουσα πηγή θορύβου και ταλάντωσης, που μπορεί να είναι περισσότερο έντονη από τη βασική πηγή. Ακτινικές δυνάμεις σε μια αντλία με μονή χοάνη μπορεί επίσης να παράγουν θόρυβο. Αυτές οι δυνάμεις γίνονται μεγάλες, σε μέτριες ροές και λυγίζουν τον άξονα σε κάθε περιστροφή του. Αυτές οι ακτινικές δυνάμεις υπόκεινται σε

διακυμάνσεις με συχνότητα κατά την οποία τα πτερύγια περνούν μπροστά από το γλωσσίδι της χοάνης.

Σε ορισμένες απρόβλεπτες περιπτώσεις, αυτό μπορεί να προκαλέσει, σε όλο το σύστημα άντλησης, ταλάντωση. Η απλούστερη και πιο δραστική μέθοδος για να εξαλειφθεί η πηγή της ταλάντωσης που ξεκίνησε από ακτινικές δυνάμεις είναι να λειτουργήσει η αντλία μόνο σε παροχές που προτείνει ο κατασκευαστής.

84. Χαλαρός δίσκος βαλβίδος στο σύστημα.

Υπάρχει περίπτωση κάποια βαλβίδα που ρυθμίζει την παροχή για κάποιες τιμές της διαθέσιμης NPSH να προκαλεί σπηλαίωση. Αυτό δημιουργείται από το δίσκο της εισόδου της βαλβίδας. Όταν παρεμβαίνει στο ρέον υγρό, ο εν λόγω δίσκος μπορεί να ταλαντούται ιδίως σε μεγάλες ροές, προκαλώντας σπηλαίωση. Στη θέση τελείως ανοικτή, ο δίσκος της βαλβίδος φεύγει από την οδό του ρέοντος υγρού και αυτό μπορεί να σταματήσει τις ταλαντώσεις που δημιουργούν θόρυβο. Στο σχήμα 4.74 η βαλβίδα των 102 mm για κάποιες παροχές προκαλούσε θόρυβο.



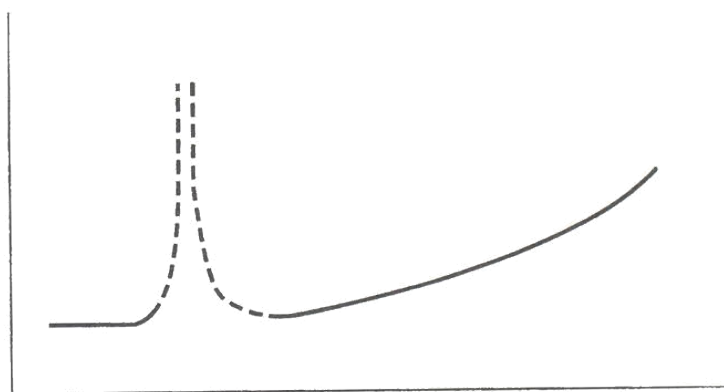
Σχήμα 4.74 Το κύκλωμα δοκιμής της περιπτώσεως σχήματος 13-12 (I.D. = εξωτερική διάμετρος).

87. Η αντλία λειτουργεί σε χαμηλές παροχές.

Σε πολύ χαμηλές παροχές, μια εναλλαγή συμβαίνει μεταξύ του υγρού που έχει ήδη εισέλθει στο στροφείο και του υγρού που πλησιάζει την αντλία μέσω της σωλήνωσης αναρρόφησης. Μέρος από το υγρό που έχει ήδη ενεργοποιηθεί από τα σταθερά πτερύγια του στροφείου επιστρέφει στην σωλήνα αναρρόφησης. Εκεί αναμειγνύεται με το εισρεόμενο υγρό και μεταφέρει μέρος της ενέργειας που έχει απορροφήσει όταν είχε ενεργοποιηθεί από τα σταθερά πτερύγια του στροφείου. Αυτή η εναλλαγή ενέργειας θέτει το εισρεόμενο υγρό σε κυκλική κίνηση και αυξάνει το ολικό του ενεργειακό περιεχόμενο στην περιφέρεια της εσωτερικής διαμέτρου της σωλήνωσης. Ως αποτέλεσμα, έχουμε τη δημιουργία θορύβου.

Μερικές φορές, οι αστάθειες που προκαλούνται από την εμφάνιση και εξαφάνιση της επανακυκλοφορίας δεν γίνονται αντιληπτές από την καμπύλη της QH, αλλά εμφανίζονται ως απότομο ‘ξέσπασμα’ στην καμπύλη των απαιτήσεων NPSH (σχήμα 4.75). Σήμερα, λίγα πράγματα γνωρίζουμε για το πώς η επανακυκλοφορία προκαλεί ‘ξέσπασμα’ στις απαιτήσεις NPSH. Φαίνεται να έχει σχέση με το γεγονός ότι η δράση του στροφείου στο γύρω (περιβάλλον) υγρό είναι κυκλική, προκαλούμενη από τον πεπερασμένο αριθμό των πτερυγίων του στροφείου. Συμπτωματικά, η συχνότητα τέτοιας δράσης μπορεί να προκαλέσει συντονισμό με άλλη κυκλική δράση στην αντλία, που θα έχει ως αποτέλεσμα το ‘ξέσπασμα’.

Επί πλέον, αντλία που λειτουργεί με πολύ χαμηλή παροχή μπορεί να θερμάνει την μονάδα άντλησης, η οποία στην συνέχεια θα προκαλέσει σπηλαιώση.



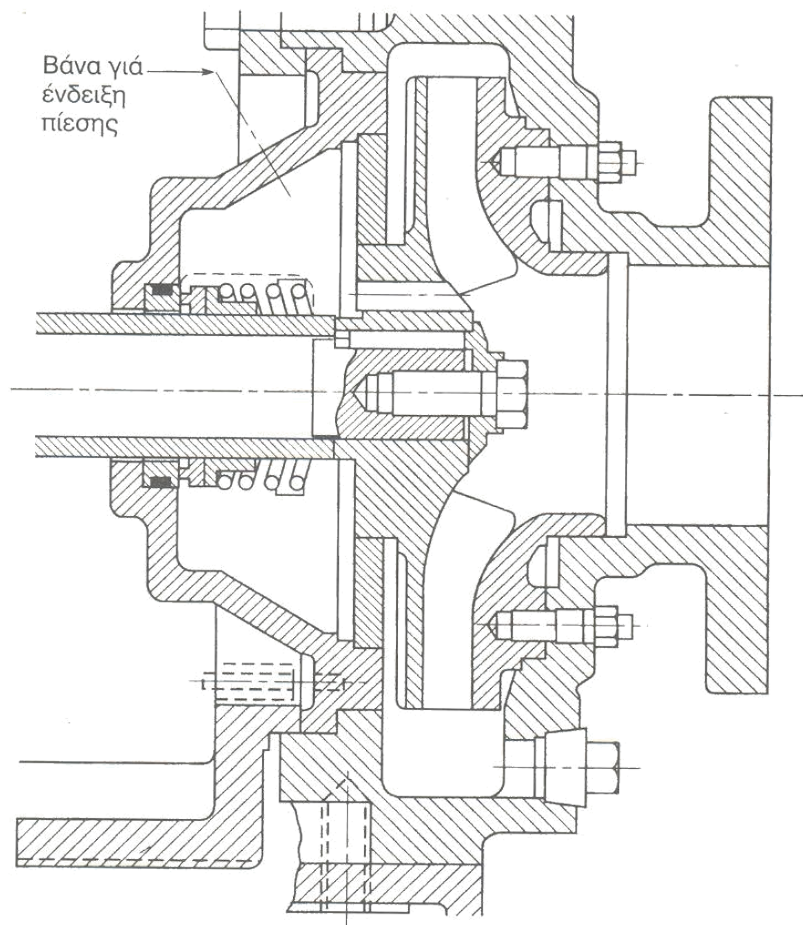
Σχήμα 4.75 Απότομο “ξέσπασμα” απαιτήσεων NPSH σε αντλία, προκληθέν από επανακυκλοφορία στο ακροφύσιο αναρρόφησης.

109. Στιλβωτικά υλικά στο υγρό έρχονται σε επαφή με το στεγανωτικό (παρέμβαση).

Ειδικά προβλήματα αναφύονται όταν το υπό άντληση υγρό περιέχει στιλβωτικά σωματίδια ή διαλυμένα στερεά σωματίδια τα οποία μπορεί να αποκρυσταλλωθούν όταν ακινητοποιηθεί ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ζεστό υπερκορεσμένο διάλυμα. Στην τελευταία περίπτωση, τα διαλυμένα στερεά σωματίδια κρυσταλλοποιούνται όταν το υγρό ψύχεται και προκαλούν σοβαρή βλάβη όταν η αντλία επανεκκινηθεί. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, ένα καθαρό εξωτερικό υγρό πρέπει να παρασχεθεί με πίεση υψηλότερη από αυτή που υπάρχει στο στυπιοθάλαμο. Με αυτόν τον τρόπο, ίσως είναι δυνατόν να διατηρηθεί το αντλούμενο υγρό μακριά από τις επιφάνειες στεγανοποίησης. Εάν η προσέγγιση του αντλούμενου υγρού στις επιφάνειες στεγανοποίησης δε μπορεί να εξαλειφθεί, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στην επιλογή του μηχανικού στεγανωτικού. Αυτό μπορεί να επιλεγεί σωστά εάν συμβουλευτούμε τον κατασκευαστή. Για μεγαλύτερη προφύλαξη, ο στυπιοθάλαμος (και η υπόλοιπη αντλία επίσης) πρέπει να ξεπλυθούν καλά με καθαρό υγρό αμέσως μετά τη διακοπή λειτουργίας της αντλίας. Τελικά, οποτεδήποτε ένα στεγανωτικό απαιτεί ψύξη, μπορεί να αστοχήσει, ως αποτέλεσμα προβληματικού συστήματος ψύξης. Για παράδειγμα, ο επιβλέπων μπορεί να μην θέσει σε λειτουργία το νερό ψύξης πριν από την εκκίνηση της αντλίας ή οργανικής φύσεως υλικά μπορεί να δημιουργηθούν στις επιφάνειες ψύξης.

124. Υπερβολική πίεση αναρρόφησης.

Η υπερβολική πίεση αναρρόφησης είναι η αιτία που μπορεί οι τριβείς να έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Αυτό συμβαίνει γιατί οι τρίβεις λειτουργούν με μεγάλη καταπόνηση (σχήμα 4.76).



Σχήμα 4.76 Θέση λήψεως ένδειξης πίεσης των οπών ζυγοστάθμισης.

126. Ανεπαρκής ψύξη του λιπαντικού.

Ελλιπής ψύξη του λιπαντικού. Αυτό μπορεί να προκληθεί από την αστοχία του συστήματος ψύξης ή από λάθος του επιστάτη να ανοίξει τη βαλβίδα που παρέχει το ψυκτικό πριν την εκκίνηση της αντλίας.

139. Διάβρωση από χημική αλληλεπίδραση με το αντλούμενο υγρό.

Οποτεδήποτε ένα υγρό είναι σε επαφή με στέρεο σώμα για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, η υγρή επιφάνεια αυτού του στερεού σώματος μπορεί να αποσυντεθεί ως αποτέλεσμα ενός ή περισσότερων εκ των ακολούθων: χημικές αντιδράσεις, ηλεκτρολυτική δράση, και ρηγματική διάβρωση.

Ορισμένα υλικά μπορεί να αντιδράσουν χημικά με υλικά των βρεχάμενων εξαρτημάτων της αντλίας. Για να αποφευχθεί η ζημιά, η

αντλία μπορεί να κατασκευαστεί από ειδικά υλικά. Ακόμα όμως και χημικά συμβατά υλικά μπορεί να αστοχήσουν λόγω ηλεκτρολυτικής δράσης, παρουσία παράγοντος που μπορεί να επιδράσει ως καταλύτης που ξεκινά μια χημική αντίδραση ή κάποιου άλλου αποβλέπον παράγοντα. Συνεπώς, πριν τη χρησιμοποίηση των προτεινόμενων υλικών, συμβουλευτείτε τον κατασκευαστή του συγκεκριμένου προϊόντος (σχήματα 4.77/ 4.81).

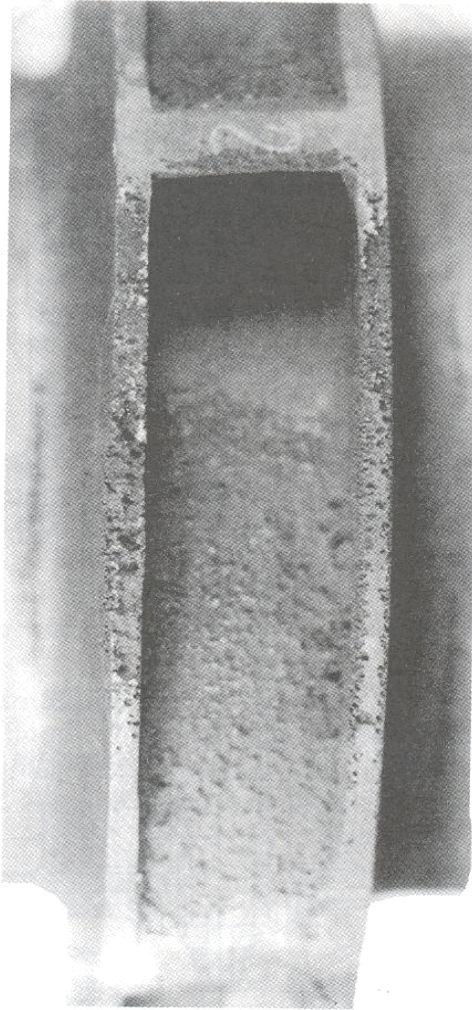
141. Απόξεση από στερεά σωματίδια που περιέχονται στο αντλούμενο υγρό.

Στερεά σωματίδια στο αντλούμενο υγρό. Αν τα βρεχάμενα τμήματα δεν είναι κατασκευασμένα από υλικά που αντέχουν στην εκτριβή, στερεά σωματίδια θα προκαλέσουν ταχεία μείωση του πάχους των τοιχωμάτων των επηρεαζόμενων υλικών. Επιφάνειες στεγανοποίησης μπορεί να φθαρούν, αυξάνοντας τη διαρροή. Μειωμένες διατομές και πάχη τοιχωμάτων επίσης μειώνουν τη μηχανική αντοχή των επηρεαζόμενων τμημάτων και τελικά οδηγούν σε σπάσιμο. Ένα τυπικό σύμπτωμα αυτής της ζημιάς είναι οι πολύ λείες επιφάνειες επί των περιστρεφόμενων τμημάτων. Τα σταθερά τμήματα εμφανίζουν επιμήκεις σχισμές και αναπτύγματα που καλύπτονται με δευτερογενή λακκάκια και χαρακιές. Συχνά, αυτά τα λακκάκια, σχισμές και αναπτύγματα είναι σε κυματοειδή μορφή.

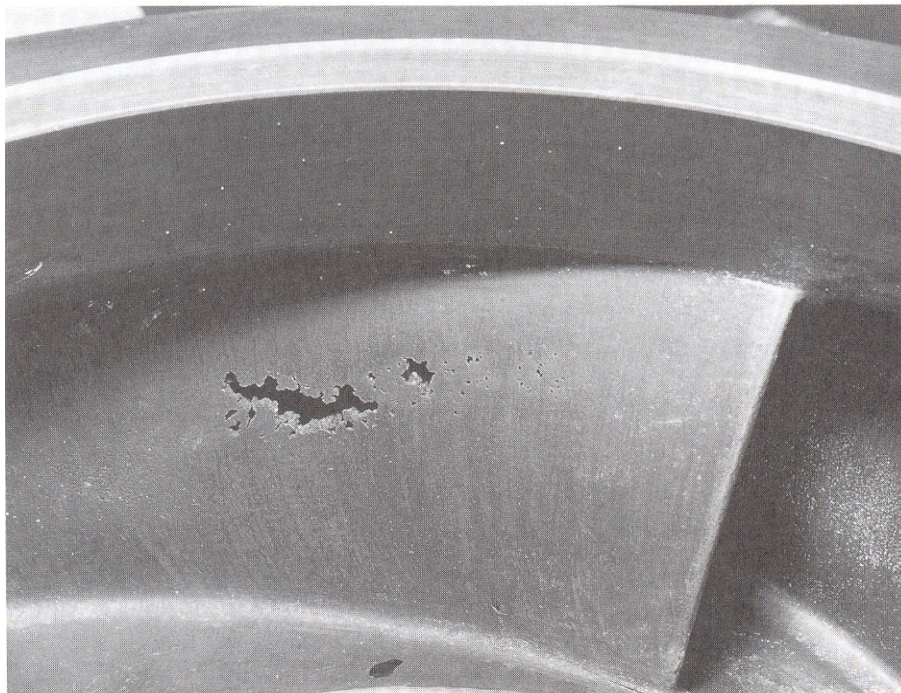
144. "Φάγωμα" από σπηλαίωση.

Το στροφείο της αντλίας μπορεί να καταστραφεί από στερεά υλικά που εμπόδιζαν την περιστροφή ή από το φαινόμενο της σπηλαίωσης που μπορεί να 'φάει' τα πτερύγια της αντλίας (σχήματα 4.78, 4.82, 4.83).

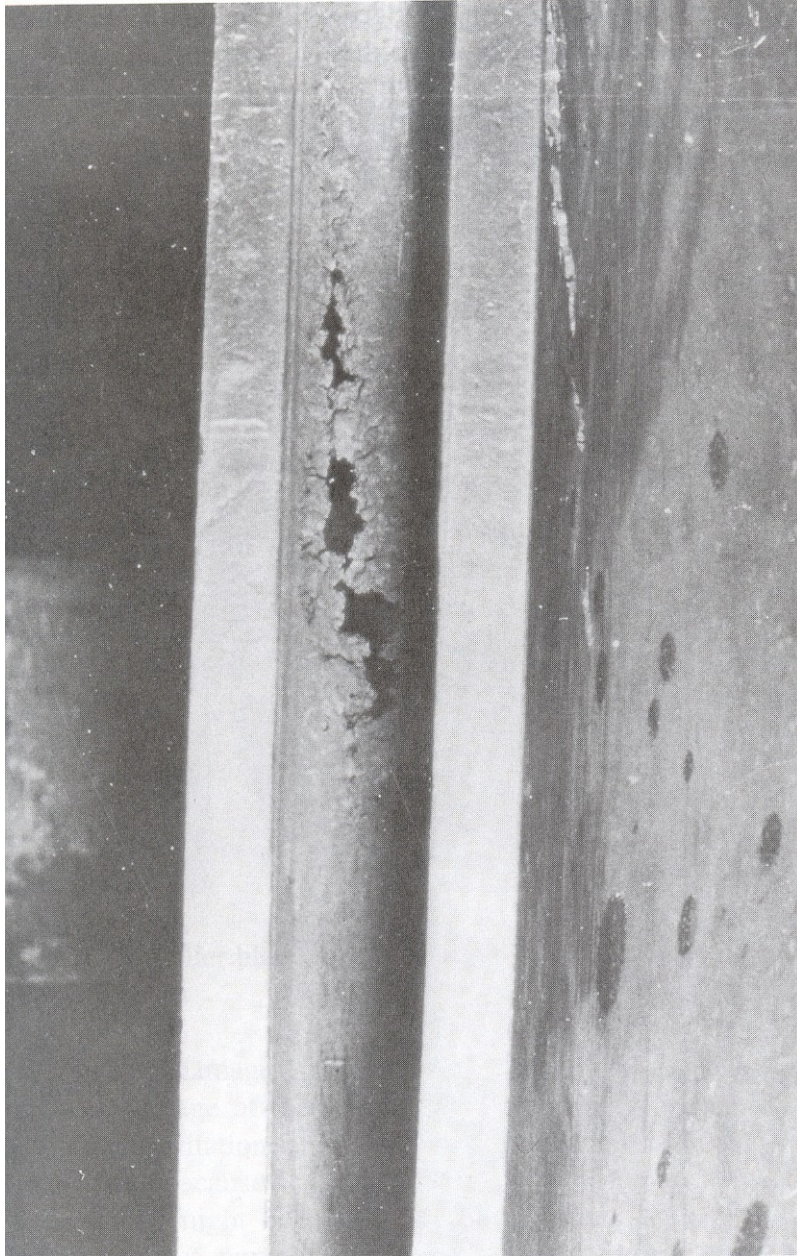
Άγριες, ακανόνιστες επιφάνειες με πολλές τρύπες και αυλακώσεις μπορεί να δεικνύουν φθορά από σπηλαίωση ή χημικό 'φάγωμα' ή και τα δύο μαζί (σχήματα 4.77, 4.79/4.81). Συχνά, είναι πολύ δύσκολο να καταλάβει κανείς οπτικά ποια από τις δύο περιπτώσεις συμβαίνει. Όμως, όταν η αντλία χειρίζεται ένα καθαρό χημικά και ηλεκτροχημικά ανενεργό υγρό, η βλάβη είναι προφανής σπηλαίωση. Επίσης, σπηλαίωση κυρίως περιορίζεται σε ορισμένες περιοχές βρεχάμενων επιφανειών (σε περιοχές χαμηλής πίεσης), όπου το χημικό φάγωμα συνήθως είναι διάσπαρτο σε μια ευρεία περιοχή.



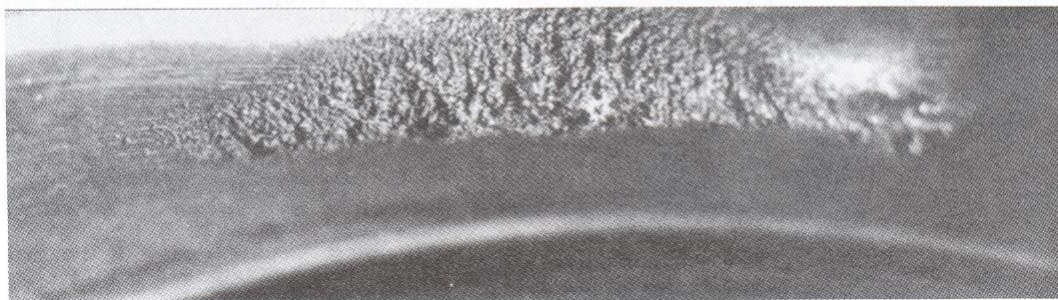
Σχήμα 4.77 Στροφείο κατεστραμμένο από χημικό “φάγωμα” ή σπηλαίωση ή αμφότερα.



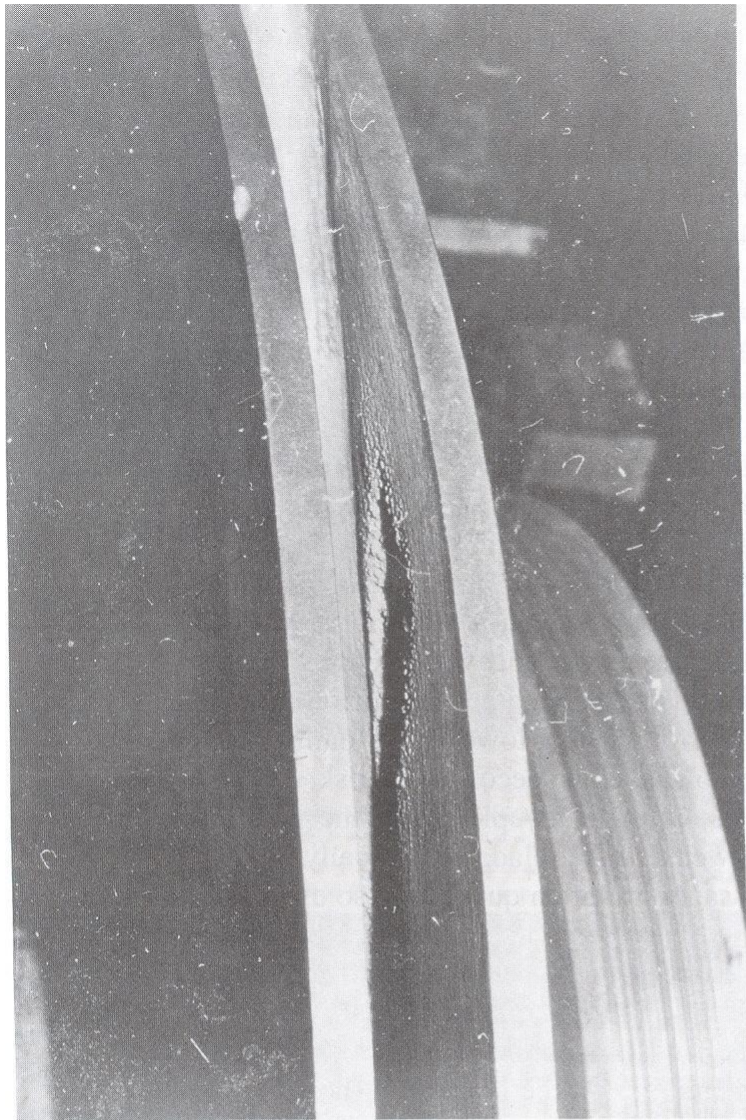
Σχήμα 4.78 Κατεστραμμένο στροφέιο από σπηλαίωση.



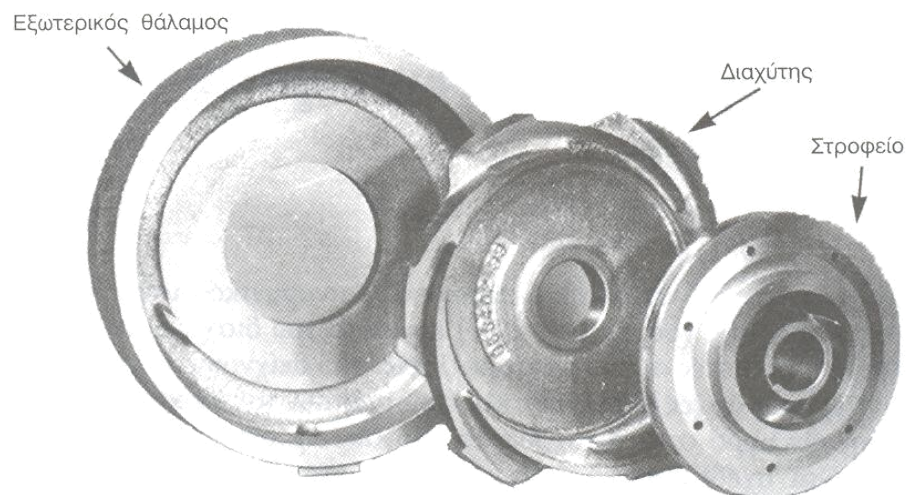
Σχήμα 4.79 Στροφέιο κατεστραμμένο από χημικό “φάγωμα” ή σπηλαίωση ή αμφότερα.



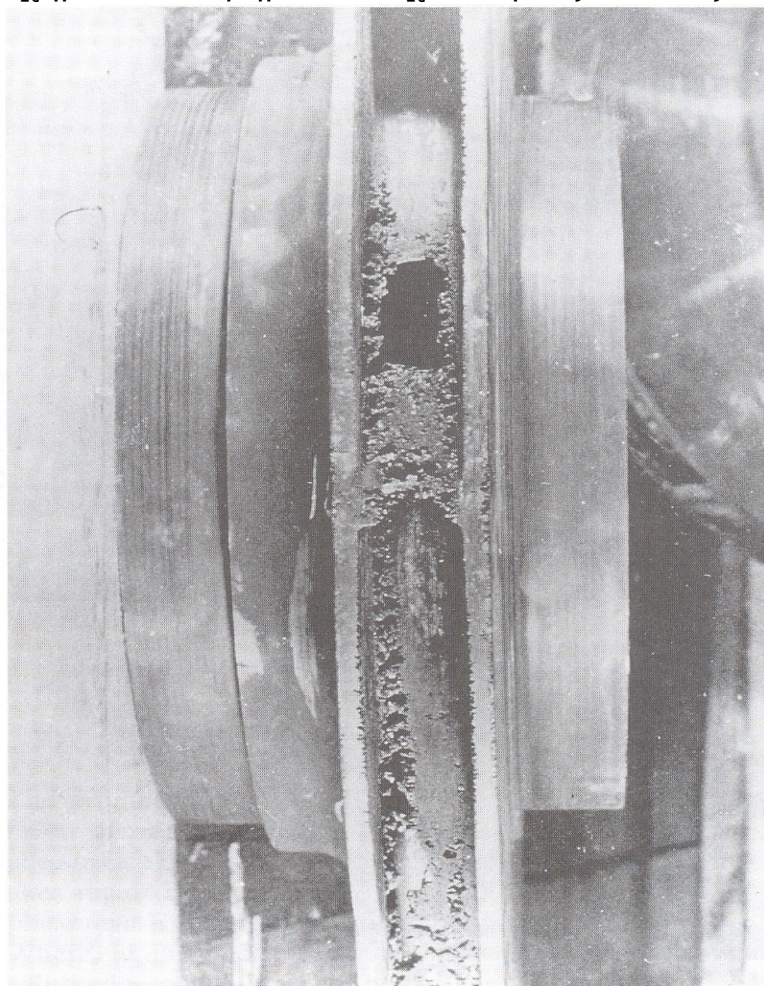
Σχήμα 4.80 Στροφέιο κατεστραμμένο από χημικό “φάγωμα” ή σπηλαίωση ή αμφότερα.



Σχήμα 4.81 Στροφείο κατεστραμμένο από χημικό “φάγωμα” ή σπηλαίωση ή αμφότερα.



Σχήμα 4.82 Τμήματα διαχύτου μιας αντλίας πολλαπλών βαθμίδων.



Σχήμα 4.83 Κατεστραμμένο στροφείο από σπηλαίωση.

146. Χρήση αντλίας σε υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες.

Πέντε προβλήματα είναι συνήθη σε όλες τις εφαρμογές άντλησης θερμών υγρών:

1. Μειωμένη αντοχή υλικού.
2. Υψηλότερη θερμική διαστολή περιοχών πλησιέστερα στο θερμό υγρό.
3. Υλικά στεγανοποίησης και μηχανικά παρεμβάσματα χαλάνε με την επαφή.
4. Ειδικά παρεμβάσματα ίσως απαιτηθούν.
5. 'Βρεχάμενα' υλικά αντλίας ίσως είναι λιγότερο ανθεκτικά σε διάβρωση.

Αυτή η λίστα δεν είναι μεγάλη, όμως δείχνει ένα σημαντικό σημείο: ποτέ να μην αντλείτε θερμά υγρά με αντλία που έχει

αγορασθεί για χρήση σε κανονικές θερμοκρασίες, χωρίς προηγουμένως να έλθετε σε επαφή με τον κατασκευαστή.

Πρόβλημα που αντιμετωπίζεται όταν αντλούμε θερμά υγρά είναι ότι αλλαγές στην θερμοκρασία προκαλούν διαστολή και συστολή των σωληνώσεων. Αυτό ίσως επιφέρει υψηλές πιέσεις στο κέλυφος της αντλίας. Οι επιβαλλόμενες δυνάμεις ίσως προκαλέσουν και απορύθμιση της αντλίας με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης. Για το λόγο αυτό, η ευθυγράμμιση πρέπει να ελέγχεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και μετά από την θέρμανση.

149. Υδραυλικό πλήγμα.

Σύμφωνα με το Νόμο κίνησης του Newton, ένα σώμα θα αλλάξει την κατάσταση κίνησής του μόνο όταν υποστεί την επενέργεια κάποιας δύναμης. Σε απουσία τέτοιας δύναμης, κάθε μάζα που κινείται με δεδομένη ταχύτητα, θα συνεχίζει να κινείται με την ίδια ταχύτητα, ενώ ένα σώμα που βρίσκεται σε ακινησία θα παραμείνει ακίνητο. Η δύναμη που απαιτείται για να αλλάξει η κατάσταση κίνησης κάθε σώματος είναι ανάλογος προς την μάζα του, το μέγεθος της αλλαγής ταχύτητάς του και το ρυθμό με τον οποίον αυτή η αλλαγή λαμβάνει χώρα.

Κλείνοντας μια βαλβίδα πλησίον ενός άκρου εκκένωσης μιας μεγάλης σωλήνωσης, προκαλείται στον ολικό όγκο του ρέοντος υγρού ένα ξαφνικό σταμάτημα. Τέτοια αλλαγή της κατάστασης κίνησης, όμως, μπορεί να συμβεί μόνο υπό την επενέργεια μιας δύναμης. Σ' αυτή την περίπτωση, η δύναμη είναι μια ξαφνική αύξηση της τοπικής πίεσης. Αυτή η αυξημένη πίεση δημιουργείται όπου η ροή έχει διακοπή (έχει σταματήσει απότομα). Εκεί, δημιουργεί μια τοπική συμπίεση του υγρού και μια ελαστική διαστολή των μεταλλικών περιβλημάτων αυτής της περιοχής υψηλής πίεσης. Η ελαστική τοπική παραμόρφωση του υγρού και των μεταλλικών περιβλημάτων δημιουργεί ένα κύμα πίεσης που κινείται σε όλο το σύστημα άντλησης.

Το μέγεθος της συσσωρευθείσης πίεσης που προκαλείται από το κλείσιμο της βαλβίδας (δικλείδας) είναι ανάλογο με την μάζα του υγρού που περιέχεται στο σύστημα άντλησης και της ταχύτητας με την οποία η δικλείδα κλείνεται. Σε μεγάλους σε μήκος αγωγούς ή σε αγωγούς με σημαντικά μεγάλη διάμετρο, απότομο κλείσιμο της

δικλείδας μπορεί να προκαλέσει ένα κύμα πίεσης τέτοιας έντασης, ικανής να σπάσει το κέλυφος της αντλίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

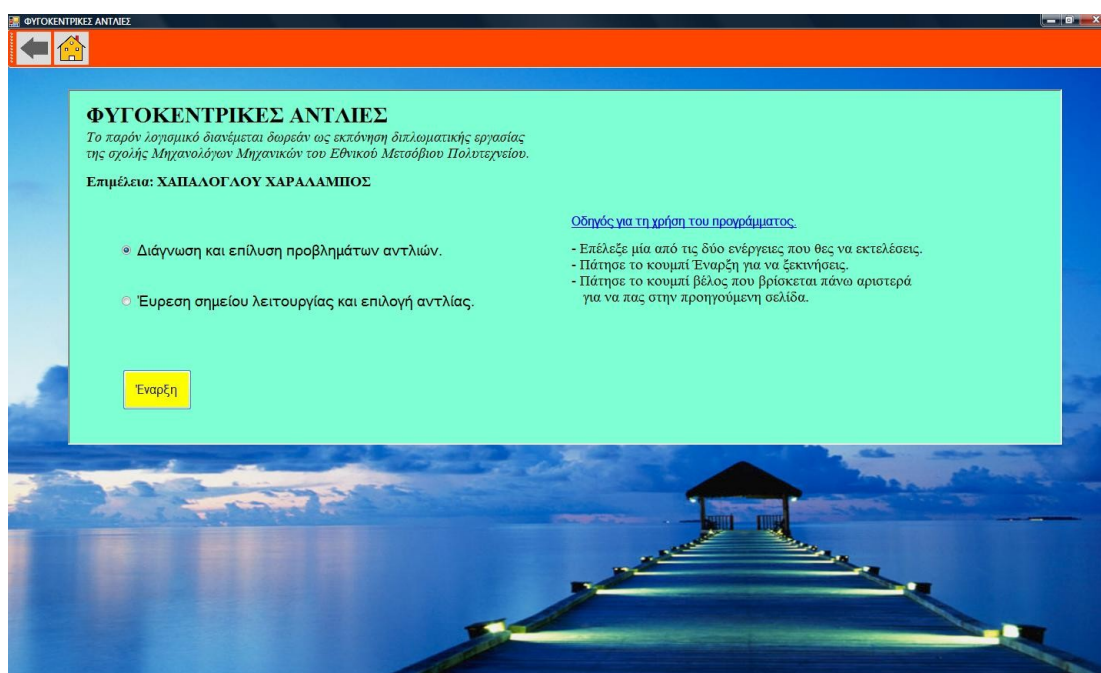
Παραδείγματα λειτουργίας προγράμματος

5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

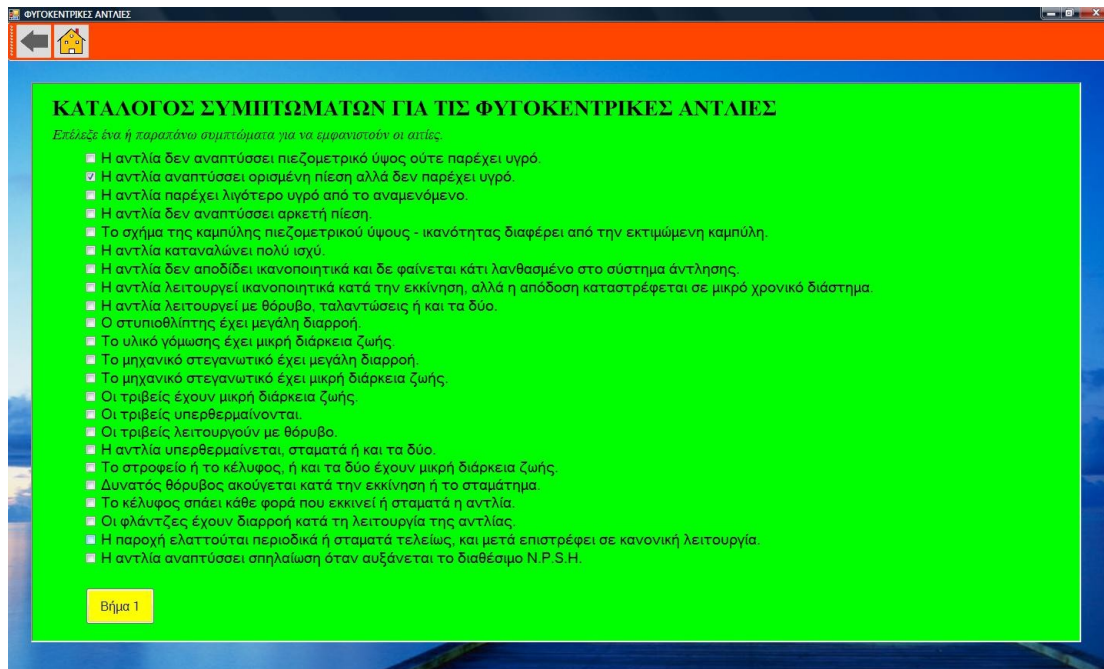
Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια πραγματικά προβλήματα που έχουν προκύψει κατά τη λειτουργία φυγοκεντρικών αντλιών και ο τρόπος αντιμετώπισής τους με το υπολογιστικό πρόγραμμα “Φυγοκεντρικές Αντλίες”.

Μία αντλία δεν παρείχε καθόλου υγρό και προκειμένου να βρεθεί ποιο είναι το πρόβλημα, η αντλία αποσυναρμολογήθηκε, όλα τα εξαρτήματά της εξετάστηκαν λεπτομερώς και κάθε διαπιστωθείσα μικρή αντικανονικότητά της διορθώθηκε. Η αντλία συναρμολογήθηκε προσεκτικά και επανεγκαταστάθηκε, όμως και πάλι δεν παρείχε υγρό. Ένα δεύτερο γκρουπ μηχανικών προσπάθησε να βρει τη βλάβη, αλλά απέτυχε και αυτό. Μετά από τέσσερις ανεπιτυχείς προσπάθειες κάποιος είπε για αστείο ότι ίσως υπάρχει κάποια κλειστεί φλάντζα στη γραμμή αναρρόφησης. Η γραμμή αναρρόφησης αποσυναρμολογήθηκε και διαπιστώθηκε ότι τελικά δεν επρόκειτο για αστείο.

Για να επιλυθεί το παραπάνω πρόβλημα ο χρήστης εκκινεί το πρόγραμμα “Φυγοκεντρικές Αντλίες”. Στη πρώτη σελίδα επιλέγει “διάγνωση και επίλυση προβλημάτων αντλιών” και πατάει “Έναρξη” όπως φαίνεται παρακάτω.



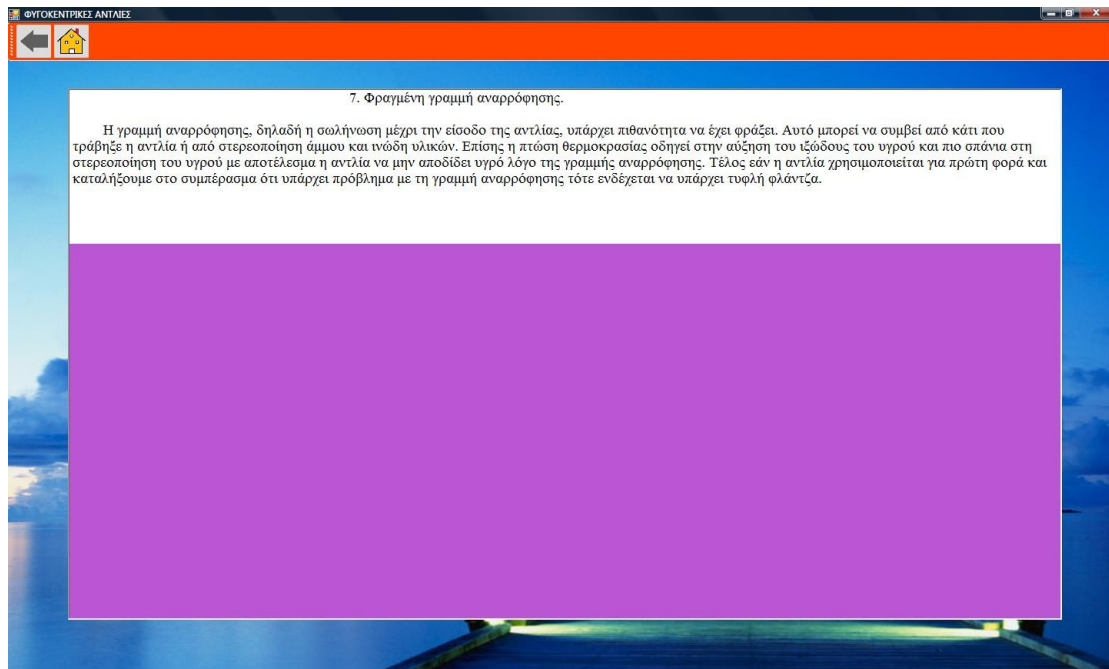
Στη συνέχεια το πρώτο σύμπτωμα που πρέπει να επιλέξει με την πρώτη ματιά και σύμφωνα με το παραπάνω πρόβλημα είναι “Η αντλία αναπτύσσει ορισμένη πίεση αλλά δεν παρέχει υγρό” και πηγαίνει στην επόμενη σελίδα.



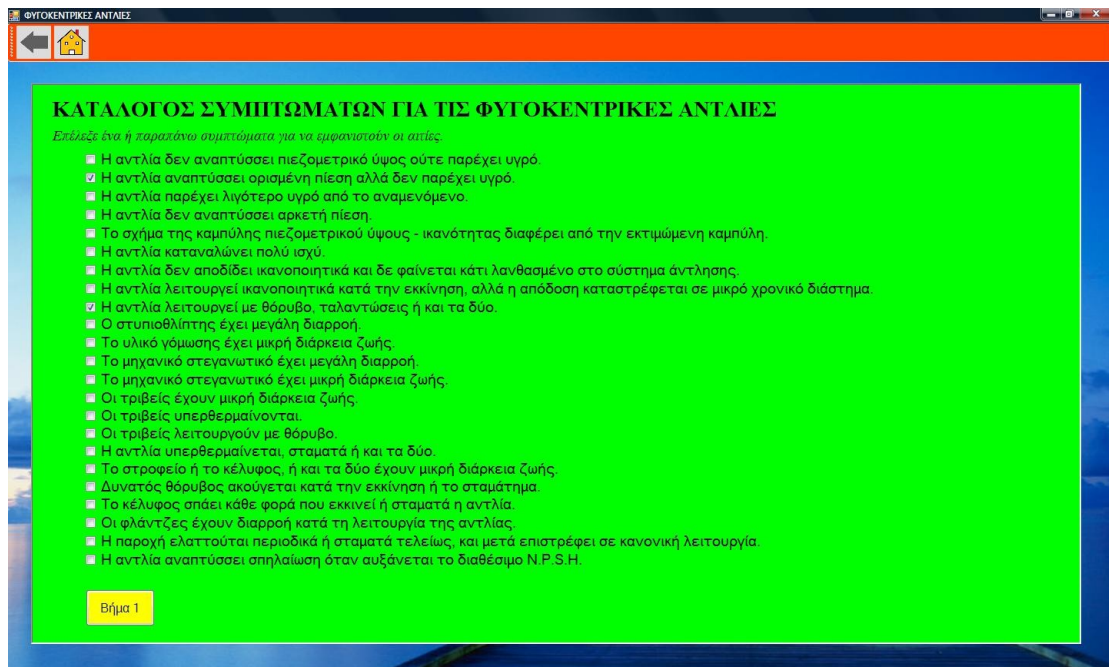
Πατάει “Βήμα 1” και εμφανίζονται 11 αίτια όπως φαίνεται παρακάτω.



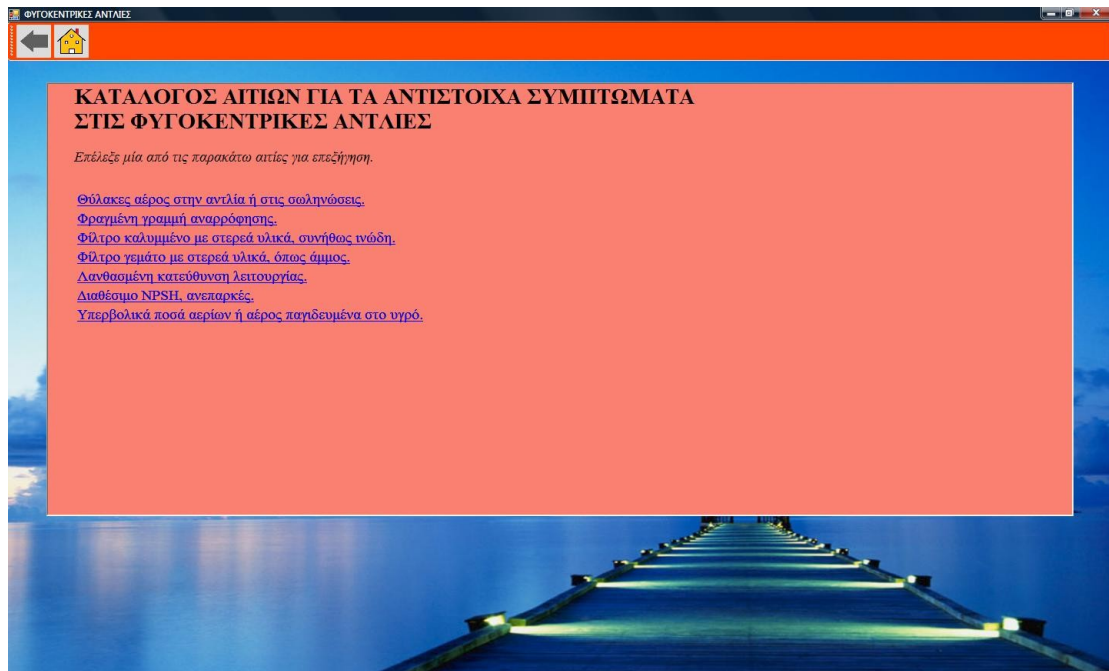
Με την επεξήγηση αυτών των αιτιών παρατηρείται ότι η αιτία “Φραγμένη γραμμή αναρρόφησης” δίνει τη λύση του παραπάνω προβλήματος όπως φαίνεται παρακάτω.



Για το παραπάνω πρόβλημα αν ο χρήστης παρατηρούσε καλύτερα τα συμπτώματα της αντλίας θα έπρεπε μαζί με το σύμπτωμα “Η αντλία αναπτύσσει ορισμένη πίεση αλλά δεν παρέχει υγρό” να επιλέξει και το σύμπτωμα “Η αντλία λειτουργεί με θόρυβο, ταλαντώσεις ή και τα δύο” που πιθανότατα θα συνέβαινε, σύμφωνα με το συγκεκριμένο πρόβλημα.



Πατάει “Βήμα 1” και εμφανίζονται 7 αίτια όπως φαίνεται παρακάτω.

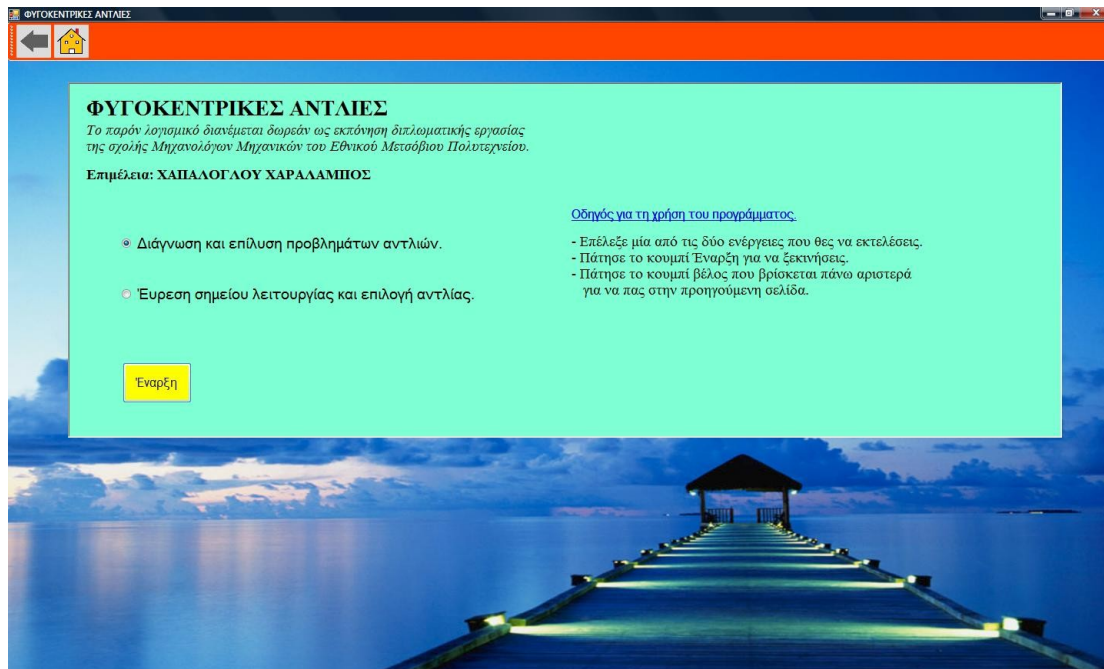


Αφού παρατήρησε καλύτερα την αντλία έχει να εξετάσει μόνο 7 αίτια για να καταλήξει στο ίδιο πρόβλημα “Φραγμένη γραμμή αναρρόφησης” όπως και παραπάνω.

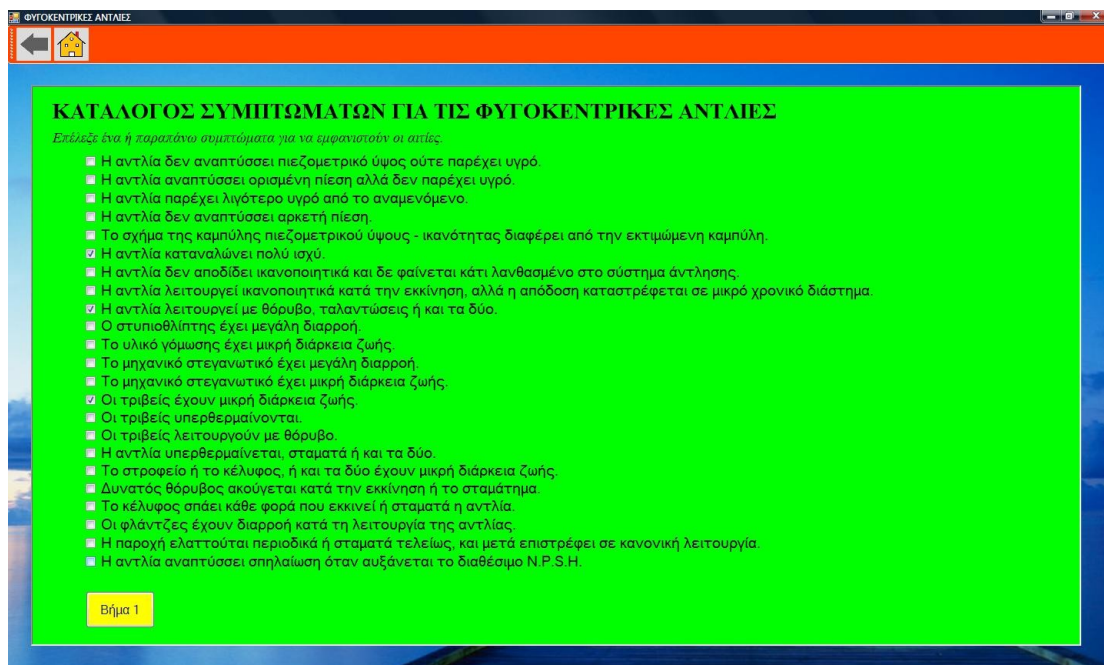
Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα άλλο παράδειγμα χρήσης του προγράμματος.

Μία αντλία εγκατεστημένη σε δοκιμαστήριο έδινε λανθασμένες ενδείξεις κατανάλωσης ισχύος. Λειτουργούσε με θόρυβο και οι τριβείς είχαν μικρή διάρκεια ζωής. Αποσυναρμολογήθηκε και διαπιστώθηκε υπερβολική φθορά των δακτυλίων τριβής. Συναρμολογήθηκε και ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στο να αποφευχθεί κάθε είδους τάση από τις σωληνώσεις στην αντλία. Πάλι όμως οι ενδείξεις ήταν λανθασμένες. Τελικά ανακαλύφθηκε ότι ήταν λανθασμένη η επιλογή του λιπαντικού.

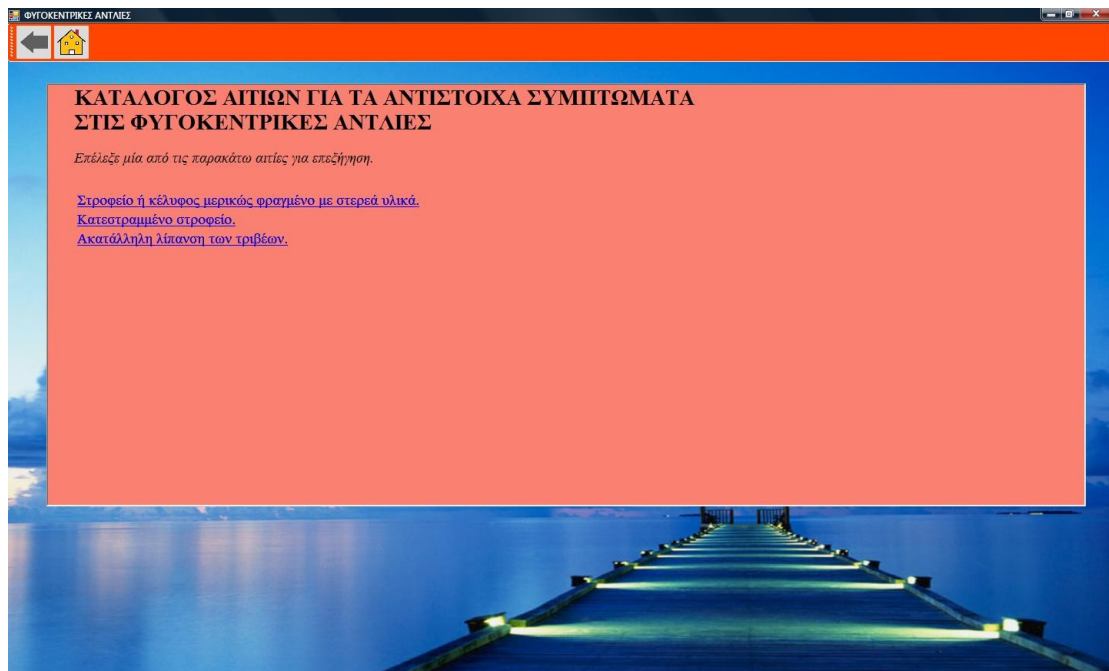
Για να επιλυθεί το παραπάνω πρόβλημα ο χρήστης εκκινεί το πρόγραμμα “Φυγοκεντρικές Αντλίες”. Στη πρώτη σελίδα επιλέγει “διάγνωση και επίλυση προβλημάτων αντλιών” και πατάει “έναρξη” όπως φαίνεται παρακάτω.



Στη συνέχεια τα συμπτώματα που πρέπει να επιλέξει σύμφωνα με το παραπάνω πρόβλημα είναι “Η αντλία καταναλώνει πολύ ισχύ”, “Η αντλία λειτουργεί με θόρυβο, ταλαντώσεις ή και τα δύο” και “Οι τριβείς έχουν μικρή διάρκεια ζωής” και πηγαίνει στην επόμενη σελίδα.



Πατάει “Βήμα 1” και εμφανίζονται μόνο 3 αίτια όπως φαίνεται παρακάτω.



Με την επεξήγηση αυτών των αιτιών παρατηρείται ότι η αιτία “Ακατάλληλη λίπανση των τριβέων” δίνει τη λύση του παραπάνω προβλήματος όπως φαίνεται παρακάτω.



Εάν επέλεγε τα συμπτώματα ξεχωριστά, θα κατέληγε πάλι στο ίδιο αίτιο, αλλά θα είχε ενδιαμέσως να επιλέξουμε σε κάθε βήμα

μεταξύ περισσότερων αιτιών, πράγμα που ορισμένες φορές μπορεί να αποβεί πιο χρήσιμο και αποτελεσματικό, καθώς βλέπουμε όλα τα πιθανά αίτια και όχι μόνο την τομή τους.

Τρίτο παράδειγμα χρήσης του προγράμματος.

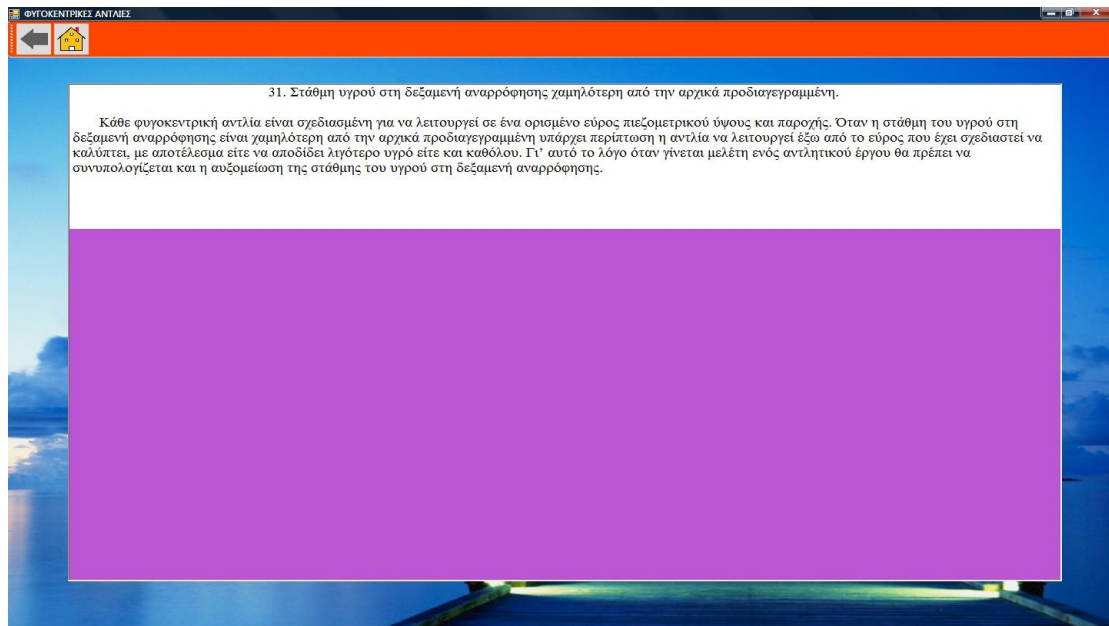
Μία αντλία εγκατεστημένη για την εξυπηρέτηση μιας πολυκατοικίας παρείχε λιγότερο νερό από το αναμενόμενο. Η παροχή ελαττωνόταν περιοδικά και μετά επέστρεφε σε κανονική λειτουργία. Μετά από επίσκεψη μηχανικού για την διερεύνηση του προβλήματος και έπειτα από εξουχιστικό έλεγχο στην αντλητική εγκατάσταση διαπίστωσε πως η στάθμη του νερού στη δεξαμενή αναρρόφησης ήταν χαμηλότερη από την αρχικά προδιαγεγραμμένη.

Τα συμπτώματα που πρέπει να επιλέξει σύμφωνα με το παραπάνω πρόβλημα είναι “Η αντλία παρέχει λιγότερο υγρό από το αναμενόμενο” και “Η παροχή ελαττώνεται περιοδικά ή σταματά τελείως, και μετά επιστρέφει σε κανονική λειτουργία” και πηγαίνει στην επόμενη σελίδα.

Πατάει “Βήμα 1” και εμφανίζεται μόνο 1 αίτιο όπως φαίνεται παρακάτω.



Με την επεξήγηση του αιτίου διαπιστώνεται ότι δίνετε η λύση του παραπάνω προβλήματος όπως φαίνεται παρακάτω.

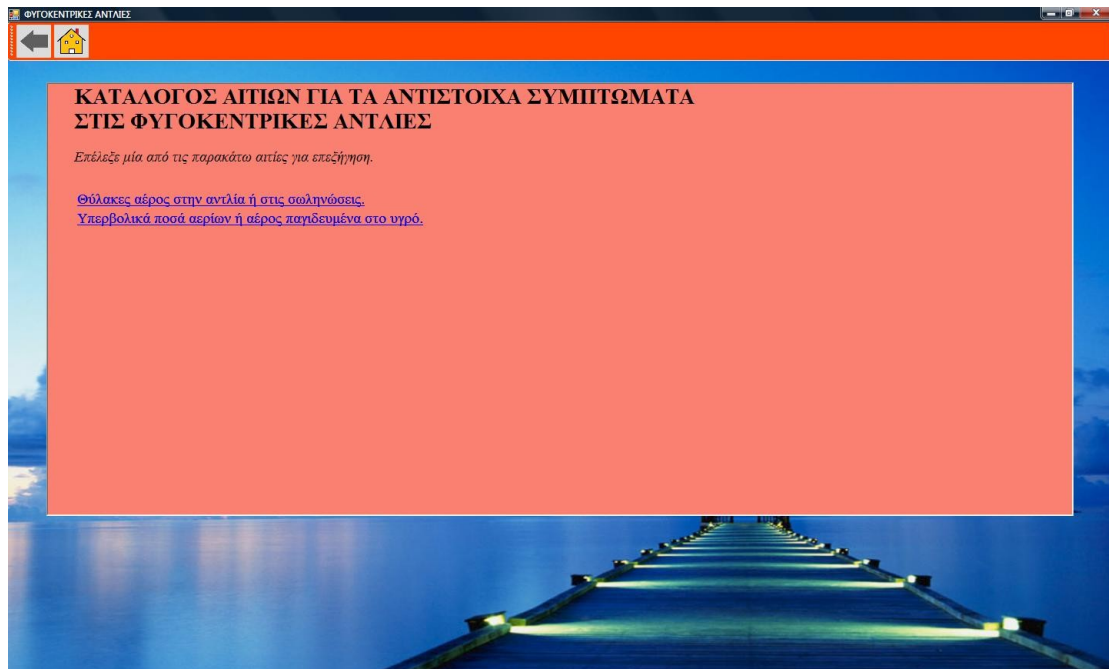


Τέταρτο παράδειγμα χρήσης του προγράμματος.

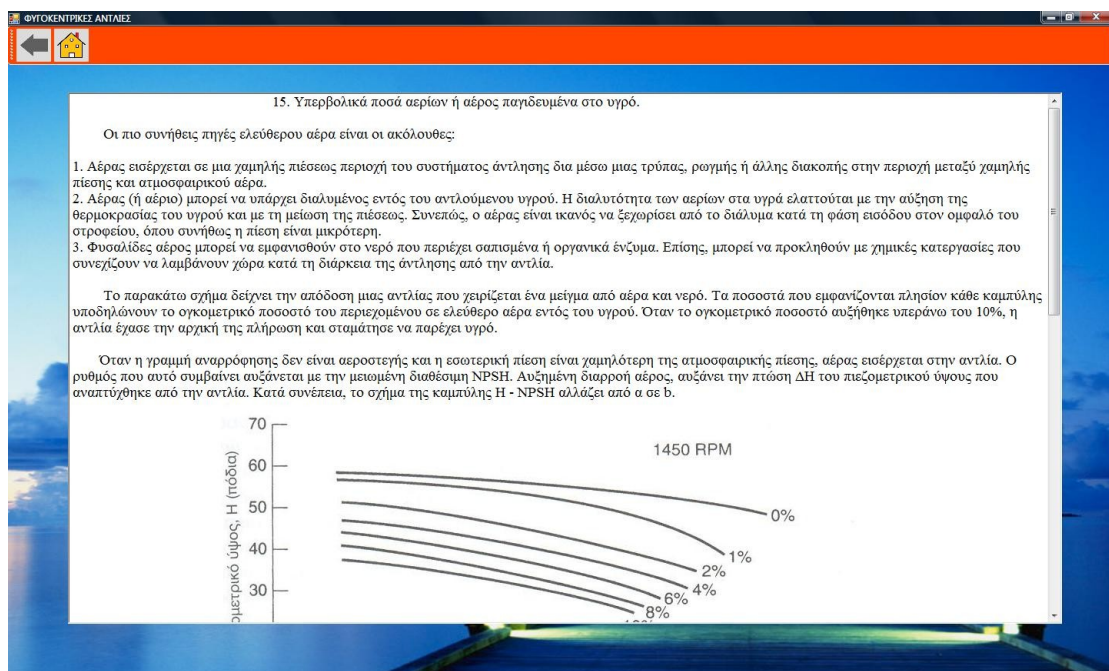
Μία αντλία εγκατεστημένη σε εργοστάσιο λειτουργούσε ικανοποιητικά κατά την εκκίνηση, αλλά η απόδοση καταστρεφόταν σε μικρό χρονικό διάστημα. Μετά από επίσκεψη μηχανικού για την διερεύνηση του προβλήματος και έπειτα από εξονυχιστικό έλεγχο στην αντλητική εγκατάσταση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρχε μια πολύ μικρή οπή στη γραμμή αναρρόφησης. Αποτέλεσμα ήταν μαζί με το υγρό που αντλούσε, να “αντλεί” και αέρα! Συνεπώς χάλαγε την απόδοση της αντλίας.

Τα συμπτώματα που πρέπει να επιλέξει σύμφωνα με το παραπάνω πρόβλημα είναι “Η αντλία παρέχει λιγότερο υγρό από το αναμενόμενο” και “Η αντλία λειτουργεί ικανοποιητικά κατά την εκκίνηση, αλλά η απόδοση καταστρέφεται σε μικρό χρονικό διάστημα” και πηγαίνει στην επόμενη σελίδα.

Πατάει “Βήμα 1” και εμφανίζονται μόνο 2 αίτια όπως φαίνεται παρακάτω.



Με την επεξήγηση αυτών των αιτιών παρατηρείται ότι η αιτία “Υπερβολικά ποσά αερίων η αέρος παγιδευμένα στο υγρό” δίνει τη λύση του παραπάνω προβλήματος όπως φαίνεται παρακάτω.



Σύμφωνα με τα παραπάνω παραδείγματα διαπιστώνεται πως το πρόγραμμα “Φυγοκεντρικές Αντλίες” αντιμετωπίζει αρκετά ικανοποιητικά τα τυχόν προβλήματα που μπορεί να παρουσιαστούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμπεράσματα-Προοπτικές

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Είναι γεγονός ότι οι αντλίες είναι από τα πιο διαδεδομένα μηχανήματα αφού χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα σπίτια, στις βιομηχανίες, σε δημόσια κτίρια, τεχνικά έργα, σε πολλές άλλες μηχανές κ.ά. Επομένως η εύκολη διάγνωση και επίλυση των προβλημάτων που μπορούν να παρουσιαστούν είναι σημαντικό κεφάλαιο στο χώρο των μηχανολογικών κατασκευών. Επίσης η εύκολη και σωστή εύρεση του σημείου λειτουργίας μίας αντλητικής εγκατάστασης και η σωστή επιλογή αντλίας μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση χρόνου αλλά και οικονομικό όφελος τόσο σε μηχανικούς όσο και σε καταναλωτές.

Για την επίτευξη όμως των παραπάνω είναι απαραίτητη η ύπαρξη πολύ μεγάλης εμπειρίας και άριστης γνώσης της θεωρίας, πράγμα που δεν είναι ο κανόνας στην πράξη. Έτσι, η δημιουργία ενός λογισμικού προγράμματος που να συγκεντρώνει και να επεξεργάζεται τα δεδομένα, με τρόπο που να διευκολύνει την εξαγωγή των συμπερασμάτων μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη σωστή λειτουργία των αντλιών.

Ο κώδικας που αναπτύχθηκε είναι απλός και φιλικός στη χρήση και λειτουργεί σε παραθυρικό περιβάλλον ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και από απλούς τεχνίτες. Ξεχωριστή όμως κάνει την εργασία αυτή, η πρακτική εφαρμογή της καθώς το πρόγραμμα μπορεί να εγκατασταθεί με πολύ εύκολο τρόπο σε οποιοδήποτε υπολογιστή και ο κάτοχος μιας αντλίας μπορεί να έχει μια πρώτη εκτίμηση για το πόσο σωστά λειτουργεί η αντλία του. Επιπλέον μπορεί να δημιουργήσει μία αντλητική εγκατάσταση τοποθετώντας σωληνώσεις με σωστές διαμέτρους και να βρει το σημείο λειτουργίας της εγκατάστασης, καθώς και να επιλέξει αντλία με τη χρήση του διαδικτύου σε σελίδες κατασκευαστών αντλιών που δίνονται από το πρόγραμμα.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε αφορά κυρίως τον τομέα της διάγνωσης βλαβών φυγοκεντρικών αντλιών. Το λογισμικό μπορεί να εμπλουτιστεί περαιτέρω με χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αντλιών (σε βάση δεδομένων SQL), που δίνουν οι κατασκευαστές, καθώς και με νέα συμπτώματα και αίτια μαζί με τις επεξηγήσεις τους, οι οποίες μπορούν να γίνουν πιο αναλυτικές, και να συνοδεύονται από παραπομπές στη διεθνή βιβλιογραφία και σε σχετικές διευθύνσεις στο διαδίκτυο. Επίσης, μπορεί να γίνει

περαιτέρω διάκριση των φυγοκεντρικών αντλιών σε ελαιολίπαντες, υδρολίπαντες, μεταβλητών στροφών (inverter) κ.ά. ούτως ώστε να λαμβάνεται υπόψη και ο τύπος της αντλίας προκειμένου να εντοπίζεται ακριβέστερα το αίτιο της βλάβης. Επιπλέον, μπορεί να ελέγχεται ο βαθμός απόδοσης της αντλίας, όπως υπολογίζεται από μετρήσεις κατά τη λειτουργία της, σε σύγκριση με τον αναμενόμενο, με βάση στατιστικά δεδομένα από τη βιβλιογραφία. Για αυτούς τους λόγους, οι λογισμικές εφαρμογές έχουν υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πολύ εύκολα επεκτάσιμες ή να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες (ως modules) στα πλαίσια μιας ενιαίας και πλήρους εφαρμογής. Τέλος, θα ήθελα να επισημάνω πως η εργασία αυτή μαζί με το καινούργιο λογισμικό που δημιουργήθηκε υλοποίησε τον πρωταρχικό στόχο, του συνδυασμού της θεωρίας με την πρακτική εφαρμογή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Brian Siler and Jeff Spotts, Using Visual Basic 6, 1998
- Edward Grist, Cavitation and the Centrifugal Pump, A Guide for Pump Users, 1999
- Hank Marquis and Eric Smith, A Visual Basic 6 Programmer's Toolkit
- Harold Davis, Visual Basic Windows, Teach yourself Visual Basic NET., 2003
- IMECHE SEMINAR PUBLICATION, Centrifugal Pumps, 2000.
- Μαθιουλάκης Δ. Σ., Αναγνωστόπουλος Ι. Σ., “Βιομηχανική Ρευστομηχανική” (Σημειώσεις), Αθήνα, 2003
- Μαυρουδή Μ. Ιωάννη, Αντλίες και Σωληνώσεις, Τύποι, επιλογή, σχεδίαση, εφαρμογές, λυμένες ασκήσεις και χρήσιμους πίνακες, Αθήνα 1994
- Microsoft Press, *Microsoft Visual Basic 6.0*
- Microsoft, *Visual Studio 2005, Standard Edition*
- Microsoft, *Visual Studio 2005, Professional Edition*
- Neumann B., The Interaction between Geometry and Performance of a Centrifugal Pump, 1991
- Παπαντώνης Δ. Ε., “Υδροδυναμικές Μηχανές Αντλίες-Υδροστρόβιλοι”, Εκδόσεις Συμεών, Έκδοση 2^η

- Παπαντώνης Δ. Ε., “Υδροδυναμικές Εγκαταστάσεις, Σωληνώσεις-Αντλιοστάσια-Υδραυλικό πλήγμα”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1998
- Ray S Beebe, Predictive Maintenance of Pumps using Condition Monitoring, Variable Speed Pumping, A Guide to Successful Applications
- Ron Palgrave, Troubleshooting Centrifugal Pumps and their systems
- Sulzer Brotherw LTD, Sulzer Centrifugal Pump Handbook, Sulzer Pump Division, Elsevier Applied Science, 1992
- Tandon N, Choudhury A, “A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearing”, Tribology International, Volume 32, Issue 8, August 1999
- Wright’s Peter, Beginning Visual Basic 6 Objects, 1998
- Yedidiah S, “Φυγοκεντρικές Αντλίες, Οδηγίες για το Χρήστη, Προβλήματα και Λύσεις”, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1999

Πηγές από το World Wide Web:

www.microsoft.com/hellas/

www.wilo.gr

www.grundfos.gr

www.worldpumps.com

www.msdn.microsoft.com/community

www.msdn.microsoft.com/vstudio/support