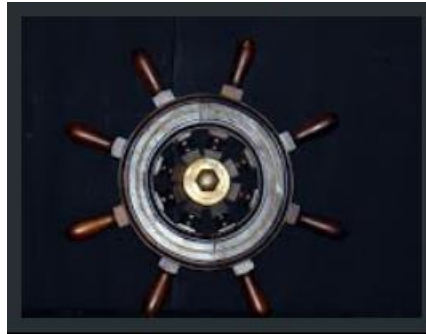


ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



**ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ – ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ –
ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΝΤΟΛΚΑΣ ΘΩΜΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΓΚΟΥΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΓΚΟΥΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

**ΘΕΜΑ: ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ – ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ –
ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ**

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΝΤΟΛΚΑ ΘΩΜΑ

Α.Γ.Μ: 4295

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας: 16/05/2020

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας: __/__/____

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	4
1 Η έννοια των δεξαμενοπλοίων και η εξέλιξη τους	5
1.1 Προσδιορισμός της έννοιας των δεξαμενοπλοίων	5
1.2 Το πρώτο σύγχρονο δεξαμενόπλοιο	5
1.3 Η εξέλιξη των δεξαμενόπλοιων	6
2 Διάκριση των δεξαμενοπλοίων	6
2.1 Διάκριση των δεξαμενοπλοίων ως προς το μεταφερόμενο φορτίο	6
2.2 Διάκριση των δεξαμενοπλοίων ως προς το μέγεθος	7
2.3 Δεξαμενόπλοια μονού (single) και διπλού (double) τοιχώματος (hull)	9
2.3.1 Διαφορές μεταξύ των δύο τύπων	10
3 Δεξαμενόπλοια με αντλιοστάσιο	11
3.1 Η λειτουργία των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων	11
3.2 Η διάταξη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δεξαμενόπλοιου M/T ‘Vilamoura’	15
3.3 Περιγραφή και κύρια μέρη του αντλιοστασίου	16
3.4 Δίκτυο φορτίου	17
3.5 Δίκτυο έρματος	18
3.6 Σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System)	18
3.7 Διάταξη δεξαμενών έρματος και φορτίου	21
3.8 Ορισμένα δίκτυα που υπάρχουν στα πλοία	23
3.9 Πυρασφάλεια	23
4 Δεξαμενόπλοια χωρίς αντλιοστάσιο (Framo)	24
4.1 Ιστορική αναδρομή των δεξαμενοπλοίων Framo	24
4.2 Ανάλυση αντλιών και δικτύου Framo	25
4.3 Υδραυλικό σύστημα άντλησης φορτίου	27
5 Αντλίες	30
5.1 Γενικά στοιχεία	30
5.2 Η εξέλιξη των αντλιών	31
5.3 Τύποι και κατάταξη αντλιών	33
5.4 Περιγραφή των διαφόρων τύπων αντλιών	34
5.4.1 Δυναμικές αντλίες	34
5.4.2 Αντλίες θετικής μετατόπισης	39

5.4.3 Πνευματικές αντλίες.....	42
5.4.4 Εγγυτήρες	44
6 Ανάλυση των αντλιών στα δεξαμενόπλοια	45
6.1 Παλινδρομικές αντλίες (reciprocating pumps)	46
6.2 Φυγοκεντρικές αντλίες (centrifugal pumps)	49
6.2.1 Τρόπος λειτουργίας και εκκίνηση των αντλιών	53
6.3 Υποβρύχιες ή αυτοβυθιζόμενες αντλίες (deerpwell pumps).....	54
6.4 Ηλεκτροκίνητες καταδύόμενες αντλίες (electrical submerged pumps).....	55
6.5 Φορητές καταδύόμενες αντλίες.....	56
6.5.1 Ηλεκτροκίνητες	56
6.5.2 Υδραυλοκίνητες.....	56
6.6 Ενισχυτικές αντλίες (booster pumps).....	57
7. Γενικά χαρακτηριστικά στοιχεία των αντλιών	57
7.1 Παροχή των αντλιών	57
7.2 Ενεργειακά ύψη αντλιών.....	58
7.3 Ισχύς των αντλιών	59
7.4 Βαθμοί αποδόσεως αντλιών	60
7.5 Αναρρόφηση των αντλιών	62
7.6 Κατάθλιψη των αντλιών.....	63
7.7 Σπηλαιώση των αντλιών	64
8 Η πετρελαϊκή αγορά	66
8.1 Η σύσταση και η προέλευση του πετρελαίου	66
8.2 Περιοχές παραγωγής και ζήτησης πετρελαίου.....	67
Επίλογος.....	69
Βιβλιογραφία	70

ΘΕΜΑ: ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ – ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ – ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΓΙΑ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ

Περίληψη

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία προσδιορίζει την έννοια των δεξαμενοπλοίων και τα αναλύει ως προς την τεχνολογική εξέλιξη τους από το πρώτο δεξαμενόπλοιο μέχρι τα σημερινά υπερσύγχρονα δεξαμενόπλοια. Επιπλέον αναφέρονται διεξοδικά ο κάθε τύπος δεξαμενοπλοίου, και όλες οι εγκαταστάσεις και τα μηχανήματα που χρησιμοποιοιεί. Ακόμα γίνεται ανάλυση ξεχωριστά σε όλους τους τύπους των αντλιών που χρησιμοποιούνται για την εκφόρτωση του μεταφερόμενου φορτίου.

Ξεκινώντας με το πρώτο κεφάλαιο, αναλύεται ο ορισμός της έννοιας των δεξαμενοπλοίων και παρουσιάζεται μια ιστορική αναδρομή από τα πρώτα δεξαμενόπλοια μέχρι τα δεξαμενόπλοια που χρησιμοποιούνται τη σημερινή εποχή και καλύπτουν την ανάγκη για μεταφορά πετρελαίου.

Συνεχίζοντας στο δεύτερο κεφάλαιο, παρέχεται ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των δεξαμενοπλοίων ως προς το μέγεθος τους. Επίσης γίνεται λεπτομερής αναφορά στα δεξαμενόπλοια μονού και διπλού τοιχώματος μαζί με τα παρελκόμενα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε κατηγορίας.

Προχωρώντας στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται η μορφή των δεξαμενοπλοίων με και χωρίς αντλιοστάσιο. Είναι από τις πιο ευρέως γνωστές κατασκευαστικές κατηγορίες δεξαμενοπλοίων και η κάθε μία ξεχωριστά συνοδεύεται από αντίστοιχα κέρδη και απώλειες ως προς τα κόστη κατασκευής και χρήσης τους.

Το κεφάλαιο πέντε, αναφέρεται στις διάφορες διακρίσεις των αντλιών που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά, τη φόρτωση και την εκφόρτωση του φορτίου. Οι αντλίες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα συστήματα που φέρει ένα σύγχρονο δεξαμενόπλοιο, καθώς είναι εκείνες οι οποίες ευθύνονται για την εκπλήρωση του συνολικού έργου της μεταφοράς του πετρελαίου.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά στις αντλίες που συναντώνται στα σημερινά δεξαμενόπλοια. Παρουσιάζονται επίσης πληροφορίες όσον αφορά τις διαδικασίες και τη χρήση τους στα στάδια της φόρτωσης και εκφόρτωσης του πλοίου.

Στο κεφάλαιο επτά παρέχονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των αντλιών. Δίνονται οι διάφοροι ορισμοί τους και τα φαινόμενα που συναντώνται κατά τη χρήση τους.

Το τελευταίο κεφάλαιο ασχολείται με την ανάλυση του πετρελαίου ως πρώτη ύλη, καθώς αυτό αποτελεί την κινητήρια δύναμη των δεξαμενοπλοίων. Γίνεται επίσης ανάλυση των περιοχών αυτών, που καθορίζουν τις διακυμάνσεις του πετρελαίου στη διεθνή αγορά με τον νόμο της παραγωγής και ζήτησης.

1 Η έννοια των δεξαμενοπλοίων και η εξέλιξη τους

1.1 Προσδιορισμός της έννοιας των δεξαμενοπλοίων

Τα φορτηγά πλοία υγρού φορτίου (liquid cargo vessels) ονομάζονται τα δεξαμενόπλοια. Οι ναυτικοί τα αποκαλούν «γκαζάδικα» λόγω των αναθυμιάσεων (γκάζια) που προκύπτουν από την φύση του φορτίου που μεταφέρουν.

Τα δεξαμενόπλοια (tankers) είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγρά φορτία χύδην. Τα σπουδαιότερα φορτία αυτής της μορφής είναι το αργό πετρέλαιο (crude oil) και τα προϊόντα πετρελαίου (oil products), τα υγροποιημένα αέρια σε φυσική και επεξεργασμένη μορφή, ενώ επίσης με δεξαμενόπλοια μπορούν να μεταφέρονται και άλλα χύδην υγρά φορτία, όπως χημικά, κρασί, φυτικά έλαια κ.α.

Τα πλοία αυτά διαφέρουν ως προς το μέγεθος. Έχουν σχεδιαστεί για τη μεταφορά φορτίων από μερικές εκατοντάδες τόνους και φτάνουν έως μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους, τα οποία χρησιμοποιούνται για μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις.

Τα χύδην υγρά φορτία αποθηκεύονται σε δεξαμενές, ο χειρισμός τους γίνεται με αντλίες και η μεταφορά τους με δεξαμενόπλοια. Το αργό πετρέλαιο έχει μικρές απαιτήσεις ειδικού χειρισμού και μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες ποσότητες. Αντίθετα πολλά χημικά φορτία είναι τοξικά και πρέπει να μεταφέρονται μέσα σε ειδικές δεξαμενές. Τα υγροποιημένα αέρια (liquefied gasses) απαιτούν πλοία με ψυκτικές δυνατότητες ή δεξαμενές πίεσης.



(Κατάστρωμα δεξαμενοπλοίου)

1.2 Το πρώτο σύγχρονο δεξαμενόπλοιο

Τα δεξαμενόπλοια (tankers) εδώ και δεκαετίες αποτελούν το βασικό γρανάζι στις μεταφορές πετρελαίου. Η λειτουργική ύπαρξη τους χρονολογείται από τα τέλη της δεκαετίας του 1870, όταν ο μηχανικός σουηδικής καταγωγής Ludwig Nobel έφερε στο φως τα σχέδια του όσον αφορά την ιδέα της μεταφοράς πετρελαίου στις δεξαμενές του πλοίου.

Το πρώτο δεξαμενόπλοιο στον κόσμο το οποίο έφερε την επανάσταση στην μεταφορά υγρού φορτίου, ήταν το Zoroaster. Το δεξαμενόπλοιο αυτό τέθηκε σε λειτουργία το

έτος 1878, ενώ είχε στην κατασκευή του ως κύριο υλικό το χάλυβα, και οι δεξαμενές του ήταν κατασκευασμένες από σίδηρο. Επιπλέον ήταν ενισχυμένο με δεξαμενές έρματος για να ισορροπήσει στο νερό και για καλύτερη ευκολία στη μεταφορά του φορτίου του. Για την εποχή του, το δεξαμενόπλοιο Zoroaster είχε αρκετά προηγμένη τεχνολογία.

Όσον αφορά τις διαστάσεις του είχε μετρηθεί πάνω από 180 πόδια (55m) μήκος και πάνω από 35 πόδια (10m) πλάτος ενώ το βύθισμα του ήταν περίπου στα 10 πόδια (3m). Είχε χωρητικότητα να μεταφέρει, περίπου 240 κόρους κηροζίνης και θα εκτελούσε το δρομολόγιο μεταξύ των επαρχιών του Αστραχάν και Μπακού κατά μήκος του ποταμού Βόλγα και της Κασπίας Θάλασσας.

1.3 Η εξέλιξη των δεξαμενόπλοιων

Η εφεύρεση της μηχανής diesel το 1897 η οποία χρησιμοποιούσε ως καύσιμο το πετρέλαιο, οδήγησε στην ανάγκη για αναζήτηση πετρελαίου.

Το Romagna ήταν ένα πλοίο χωρητικότητας 678 τόνων που ναυπηγήθηκε το 1910. Αποτέλεσε το πρώτο μεγάλο πλοίο με εγκατάσταση κινητήρα diesel. Κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών, παρατηρήθηκε η ραγδαία ανάπτυξη του πετρελαίου ως καύσιμο και ως πηγή ενέργειας, γεγονός το οποίο αντικατέστησε σταδιακά τον άνθρακα, και τα δεξαμενόπλοια κατέκτησαν σύντομα μια σημαντική μερίδα στο παγκόσμιο στόλο.

Έως το 1950, τα περισσότερα δεξαμενόπλοια προορίζονταν για να μεταφέρουν πετρέλαιο και άλλα προϊόντα πετρελαίου. Το 1950 το τυποποιημένο μέγεθος πετρελαιοφόρου ήταν το δεξαμενόπλοιο “T2”, με 500 πλοία του τύπου να έχουν κατασκευαστεί μέχρι το τέλος του Β’ Παγκοσμίου Πολέμου στις Η.Π.Α. (1940-1945).

Σημαντικό ιστορικό γεγονός αποτελεί το κλείσιμο της διώρυγας του Σουέζ, το 1956 η πρώτη και το 1967 η δεύτερη. Το γεγονός αυτό επέφερε μια αλλαγή ως προς το μέγεθος των δεξαμενοπλοίων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το μεταφερόμενο πετρέλαιο από τη Μέση Ανατολή προς τη Δύση να μεταφέρεται πλέον μέσω της μακρύτερης διαδρομής γύρω από τη Νότια Αφρική. Κατά συνέπεια τα μεγέθη των δεξαμενόπλοιων άρχισαν να αυξάνονται σημαντικά έως τα τέλη της δεκαετίας του 1960.

2 Διάκριση των δεξαμενοπλοίων

2.1 Διάκριση των δεξαμενοπλοίων ως προς το μεταφερόμενο φορτίο

Τα δεξαμενόπλοια διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες ως προς το μεταφερόμενο φορτίο.

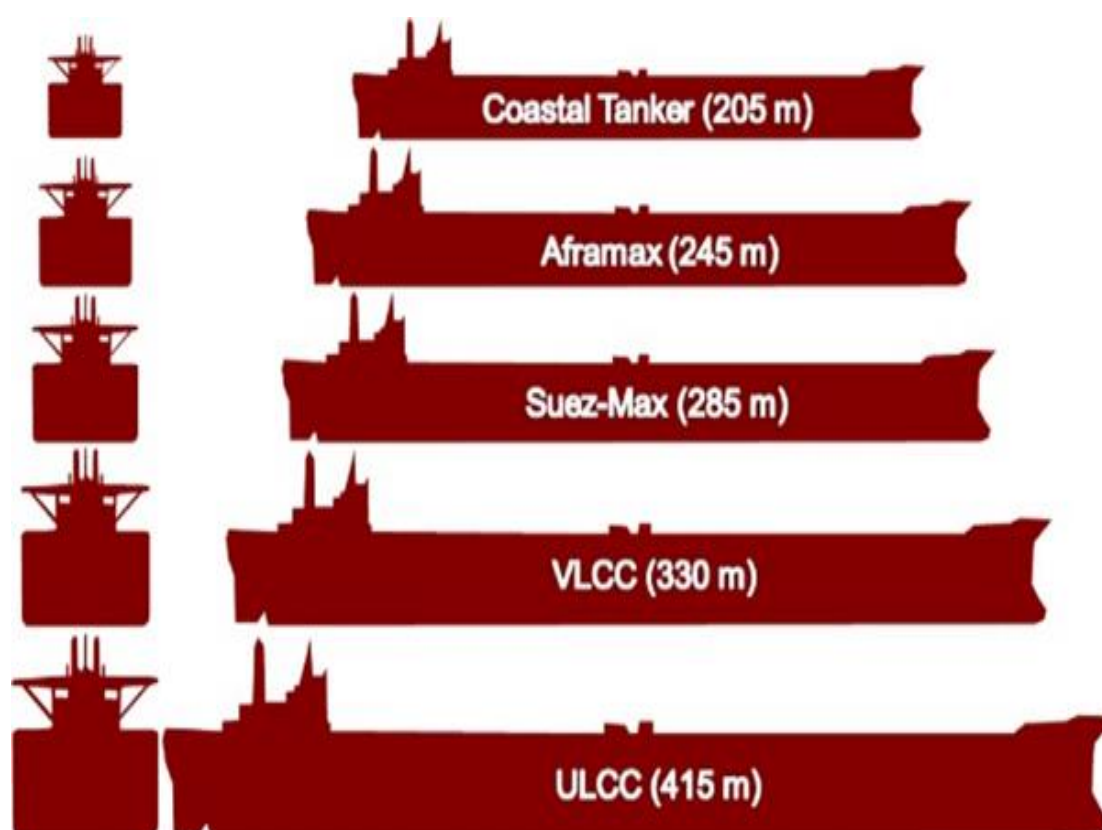
Οι κατηγορίες τους είναι :

- Δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου

- Δεξαμενόπλοια μεταφοράς παραγώγων πετρελαίου
- Δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών
- Δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου
- Δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου πετρελαϊκού αερίου

2.2 Διάκριση των δεξαμενοπλοίων ως προς το μέγεθος

Κατηγορία	Τόνοι ξηρού φορτίου
Product Tanker	10.000-60.000 dwt
Panamax	60.000-80.000 dwt
Aframax	80.000-120.000 dwt
Suezmax	120.000-200.000 dwt
VLCC	200.000-320.000 dwt
ULCC	320.000-550.000 dwt



(Σχηματική απεικόνιση των διαφόρων τύπων των δεξαμενοπλοίων) (Σχ. 1)

(Πηγή: <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/different-types-of-tankers-extensive-classification-of-tanker-ships/>)

Product Tanker: Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 10.000 έως 60.000 dwt και αποτελούν τα μικρότερα πλοία της κατηγορίας τους. Προορίζονται κατά κύριο λόγο για τη μεταφορά κατεργασμένων ή ημικατεργασμένων προϊόντων πετρελαίου.

Panamax Tanker: Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 60.000 έως 80.000 dwt. Προορίζονται για τη διέλευση της διώρυγας του Παναμά, για αυτό το λόγο κατασκευάζονται με τις μέγιστες δυνατές διαστάσεις με τις οποίες θα μπορούν να το διέλθουν, σε περίπτωση φόρτωσης στην ίσαλο σχεδιάσεως (μπορεί να συμπίπτει και με την ίσαλο θέρους). Μεταφέρουν αργό πετρέλαιο ή και προϊόντα πετρελαίου. Αξίζει βέβαια να αναφερθεί ότι τα πλοία αυτά σχεδιάστηκαν και ναυπηγήθηκαν με γνώμονα τις διαστάσεις του Παναμά όσον αφορά το πρώτο κανάλι, το οποίο χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 1914.

Aframax Tanker: Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 80.000 έως 120.000 dwt. Ο τύπος αυτός διαμορφώθηκε από τις πετρελαϊκές εταιρείες για να λαμβάνουν τις καλύτερες τιμές, γεγονός που ωφέλησε ιδιαίτερα τα δεξαμενόπλοια κάτω των 100.000 dwt.

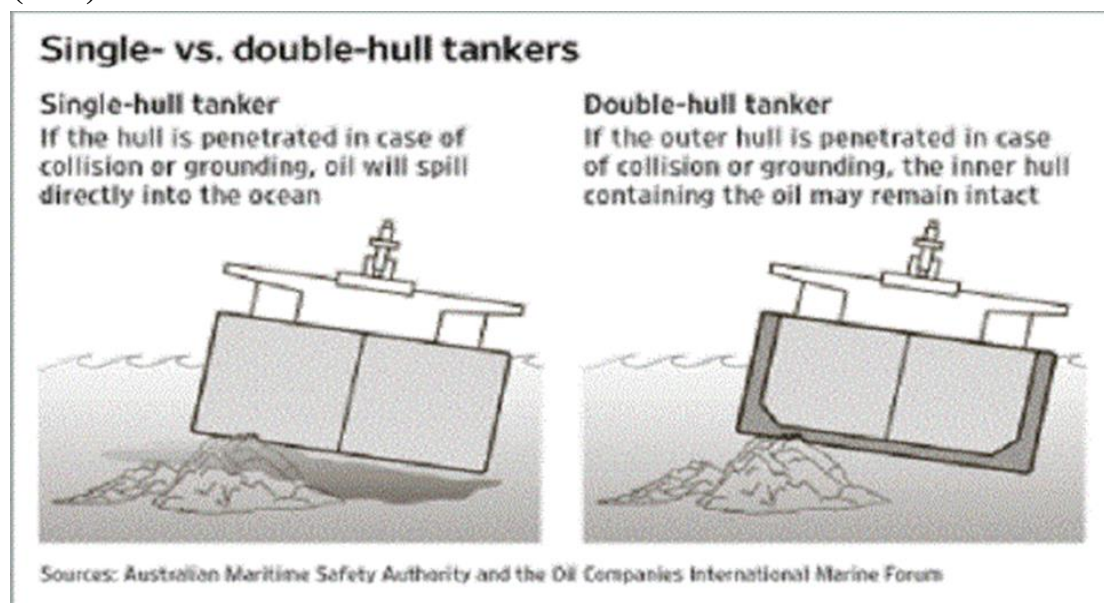
Suezmax Tanker: Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 120.000 έως 200.000 dwt. Προορίζονται για τη διέλευση της διώρυγας του Σουέζ, για αυτό το λόγο κατασκευάζονται με τις μέγιστες δυνατές διαστάσεις με τις οποίες θα μπορούν να το διέλθουν, σε περίπτωση φόρτωσης στην ίσαλο σχεδιάσεως (μπορεί να συμπίπτει και με την ίσαλο θέρους).

Very Large Crude oil Carriers (VLCC): Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 200.000 έως 320.000 dwt. Τα δεξαμενόπλοια του τύπου αυτού σχεδιάστηκαν για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αργού πετρελαίου περίπου 2.000.000 βαρελιών.

Ultra Large Crude oil Carriers (ULCC): Το μέγεθός τους κυμαίνεται από 320.000 έως 550.000 dwt. Τα δεξαμενόπλοια αυτού του τύπου μπορούν να μεταφέρουν πάνω από 4.000.000 βαρέλια αργού πετρελαίου το οποίο ξεπερνά τις αποθηκευτικές δυνατότητες των περισσότερων τερματικών εγκαταστάσεων, σε συνδυασμό με το μεγάλο μέγεθός τους, περιορίζουν τον αριθμό των λιμανιών που μπορούν να καταπλεύσουν.

Κάθε μία ξεχωριστά από αυτές τις κατηγορίες, εξυπηρετούν την ανάγκη για μεταφορά πετρελαίου, ανάλογα με την περιοχή φόρτωσης και εκφόρτωσης του. Συνήθως τα πλοία VLCC και ULCC χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη μεταφορά αργού πετρελαίου. Τα δεξαμενόπλοια κατηγορίας Panamax, Aframax και Suezmax δύναται να χρησιμοποιηθούν τόσο για τη μεταφορά αργού πετρελαίου, όσο και για τη μεταφορά προϊόντων πετρελαίου. Αξίζει να αναφερθεί πως το μέγεθος ενός πλοίου, συμβάλλει στη φύση των ταξιδίων του πλοίου, αλλά και της γενικότερης χρήσης του. Αυτό σημαίνει πως τα πλοία μεγέθους VLCC και ULCC εκτός από τη χρήση τους για τη μεταφορά πετρελαίου, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τους ως «αποθήκες» πετρελαίου. Επίσης, πλοία κατηγορίας Panamax και Aframax χρησιμοποιούνται ορισμένες φορές για τη μεταφορά πετρελαίου σε δυσπρόσιτα λιμάνια, ενώ τα πλοία κατηγορίας Suezmax είναι πλοία που χρησιμοποιούνται για ένα συνδυασμό όλων των προαναφερθέντων. Εν τέλει, προκύπτει μια συνάρτηση κόστους και κέρδους που πρέπει να ληφθεί υπόψη, για την κατασκευή και της χρήση ενός πλοίου.

2.3 Δεξαμενόπλοια μονού (single) και διπλού (double) τοιχώματος (hull)



(Σχηματική απεικόνιση των Single Hull και Double Hull δεξαμενοπλοίων) (Σχ. 2)

(Πηγή: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/single-hull-vs-double-hull-tankers/>)

Τα πλοία μονού τοιχώματος (Single Hull) είναι πλοία με μονά τοιχώματα που περικλείουν ένα πλοίο σε όλη του την δομή. Στα πλοία μονού τοιχώματος, το φορτίο πετρελαίου στις δεξαμενές χωρίζεται από τη θάλασσα μόνο από το έλασμα της υφάλου και το έλασμα του πλευρικού τοιχώματος.

Σε περίπτωση ζημίας του ελάσματος λόγω σύγκρουσης ή προσάραξης, υπάρχει ο κίνδυνος να διαρρεύσει το περιεχόμενο των δεξαμενών στη θάλασσα και να προκληθεί σοβαρή ρύπανση. Τα πλοία μονού τοιχώματος έχουν σαν αποτέλεσμα να αποτελούν μεγαλύτερη απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον σε περίπτωση κάθε είδους ατυχήματος.

Ένα αποτελεσματικό μέσο για να αποτραπεί ο κίνδυνος αυτός είναι να περιβληθούν οι δεξαμενές φορτίου από ένα δεύτερο εσωτερικό έλασμα, σε αρκετή απόσταση από το εξωτερικό έλασμα (Double Hull). Αυτός ο σχεδιασμός «διπλού κύτους» βασίζεται σ' ένα σύστημα κατά το οποίο τοποθετούνται κεντρικά οι δεξαμενές φορτίου και πλευρικά τους οι δεξαμενές ερματισμού, έτσι ώστε να προστατεύουν τις δεξαμενές φορτίου από τις ζημίες και μειώνουν τον κίνδυνο ρύπανσης.

Επίσης τα δεξαμενόπλοια διπλού κύτους διαθέτουν ξεχωριστά μέσα φορτοεκφόρτωσης για τις δεξαμενές φορτίου αλλά και έρματος καθώς και σύστημα καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου και αδρανοποίησης τους. Ακόμα είναι εφοδιασμένα με σύστημα θέρμανσης του φορτίου αν απαιτηθεί καθώς και των δεξαμενών έρματος για τα δεξαμενόπλοια που ταξιδεύουν σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί η Αμερικάνικη νομοθεσία (Oil Pollution Act, OPA) η οποία θεσπίστηκε το 1990 από την Αμερικάνικη κυβέρνηση, έπειτα από ορισμένα μεγάλα θαλάσσια ατυχήματα.

Η νομοθεσία αυτή επέφερε αλλαγές όσον αφορά τους κατασκευαστικούς κανονισμούς των δεξαμενοπλοίων:

α) Όλα τα νέα δεξαμενόπλοια (μετά την 06 Ιουλίου 1993) άνω των 5.000 dwt πρέπει πλέον να κατασκευάζονται με διπλά τοιχώματα και διπλούς πυθμένες (double hull & double bottom) με βάση τον Κανονισμό 19 της σύμβασης MARPOL 73/78, που τέθηκε σε ισχύ το 1992.

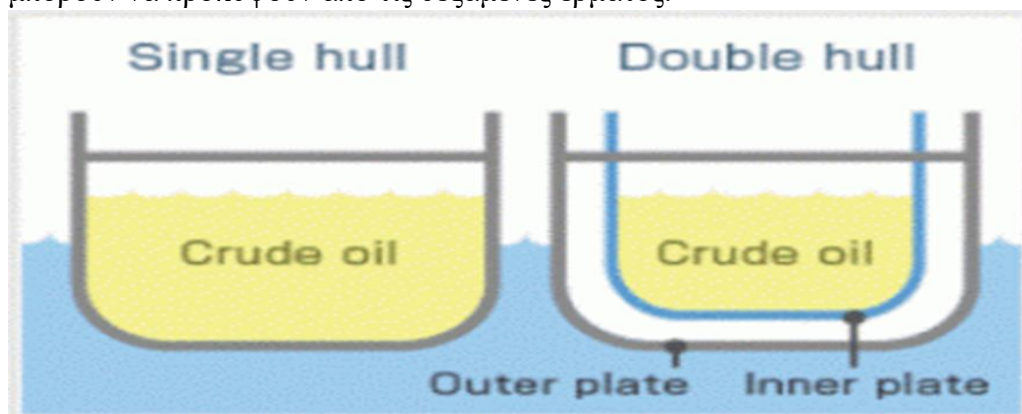
β) Ο IMO υιοθέτησε ένα πρόγραμμα απόσυρσης (το οποίο ξεκίνησε το 1995) όπου αφορά τα υφιστάμενα μονοπύθμενα δεξαμενοπλοία, τα οποία με βάση τον παλιό κανονισμό 13G (υπάρχον κανονισμός 20) της σύμβασης MARPOL 73/78, οφείλουν να μετατραπούν σε δεξαμενόπλοια «διπλού τοιχώματος» ή να τεθούν εκτός λειτουργίας όταν φτάσουν σε ένα συγκεκριμένο όριο ηλικίας (μέχρι 30 έτη).

γ) Έπειτα από πιέσεις των Κρατών - Μελών, ο IMO υιοθέτησε το Δεκέμβριο του 2003 επιταχυνόμενο πρόγραμμα απόσυρσης των υπαρχόντων μονοπύθμενων δεξαμενοπλοίων τροποποιώντας τον παλιό κανονισμό 13G (υπάρχον κανονισμός 20) της σύμβασης MARPOL 73/78.

2.3.1 Διαφορές μεταξύ των δύο τύπων

Στα δεξαμενόπλοια με διπλά τοιχώματα, ο χώρος μεταξύ των δεξαμενών φορτίου και του εξωτερικού στρώματος του πλοίου χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως δεξαμενές έρματος, το οποίο χρησιμεύει στην ευστάθεια του πλοίου. Οι χώροι έρματος εκτείνονται σε όλο το μήκος των δεξαμενών φορτίου, παρέχοντας μία εκτεταμένη ζώνη ασφαλείας.

Τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος δεν έχουν τέτοιους χώρους έρματος. Τα πλοία διπλού τοιχώματος, σε σύγκριση με αυτά του μονού, έχουν τεράστια πλεονεκτήματα. Απαιτείται όμως ιδιαίτερη προσοχή στις ελεύθερες επιφάνειες που ενδεχόμεως μπορούν να προκύψουν από τις δεξαμενές έρματος.



(Σχηματική απεικόνιση των δεξαμενών Single Hull και Double Hull) (Σχ. 3)

(Πηγή: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/single-hull-vs-double-hull-tankers/>)

Η διάβρωση θεωρείται ένας από τους κύριους λόγους για την ζημιά που μπορεί να προκύψει στις δεξαμενές ενός δεξαμενόπλοιου. Η ελλιπής και ακατάλληλη συντήρηση των δεξαμενών έρματος, όπως και η αποτυχία να διατηρηθεί η ακεραιότητα της προστατευτικής επικάλυψης και της καθοδικής προστασίας έχουν οδηγήσει σε δομική ανεπάρκεια στο παρελθόν.

Στα δεξαμενόπλοια διπλού τοιχώματος, η επιφάνεια των δεξαμενών είναι υπερδιπλάσια σε σχέση με αυτά του μονού τοιχώματος, συνεπώς απαιτούν περισσότερη συντήρηση. Επιπλέον, τα δεξαμενόπλοια διπλού τοιχώματος είναι πιο επιρρεπή σε κατάγματα των τοιχωμάτων σε σύγκριση με τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος.

Τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος από την άλλη πλευρά, αντιμετωπίζουν συχνά προβλήματα διαρροής έρματος στις δεξαμενές φορτίου, το οποίο προέρχεται από τις σωλήνες νερού οι οποίες διέρχονται από τις δεξαμενές φορτίου. Το πρόβλημα αυτό, αύξησε επίσης τους κινδύνους ρύπανσης κατά τη διάρκεια του ερματισμού/αφερματισμού. Επίσης και η διαρροή από τις σωληνώσεις φορτίου που διέρχονται από τις δεξαμενές φορτίου μπορεί να μολύνουν το καθαρό νερό έρματος.

Τα πλοία διπλού τοιχώματος δεν έχουν τέτοιο πρόβλημα διότι τα συστήματα σωληνώσεων είναι διαφορετικά και ξεχωριστά για το έρμα και το φορτίο. Στα πλοία με διπλά τοιχώματα, η πρόσβαση στις δεξαμενές έρματος είναι δυσκολότερη στην επιθεώρηση και στον καθαρισμό (όποτε απαιτείται) λόγω της στενότητας και του περιορισμένου χώρου κινήσεως.

Οι κοπώσεις που έχει ένα πλοίο με διπλά τοιχώματα είναι μεγαλύτερες από ένα πλοίο με μονά. Έτσι τα πλοία διπλού τοιχώματος είναι πιο επιρρεπή σε κατασκευαστικές αποτυχίες.

Η διαδικασία της φόρτωσης και της εκφόρτωσης με τα πλοία διπλού τοιχώματος, είναι πολύ πιο εύκολη και ξεκούραστη από τα πλοία μονού τοιχώματος, καθώς ο υποπλοίαρχος έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει ταυτόχρονα την κλίση και την ευστάθεια του πλοίου. Ακόμα, σημαντικό πλεονέκτημα των δεξαμενοπλοίων διπλού τοιχώματος, το ότι δεν χρειάζεται να πραγματοποιείται φόρτωση έρματος (νερού) στις δεξαμενές φορτίου.

3 Δεξαμενόπλοια με αντλιοστάσιο

3.1 Η λειτουργία των σύγχρονων δεξαμενοπλοίων

Για την επίτευξη της σωστής λειτουργίας ενός δεξαμενοπλοίου, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία των διαφόρων συστημάτων του. Η αναποτελεσματικότητα ή η αποτυχία ενός από αυτά θα μπορούσε να επιφέρει σοβαρές ζημιές, τόσο οικονομικές όσο και περιβαλλοντικές.

Τα συστήματα που αφορούν την αποθήκευση και μεταφορά του φορτίου περιλαμβάνουν: τις δεξαμενές φορτίου, τους μόνιμους καταμετρητές των δεξαμενών, τα δίκτυα σωληνώσεων του φορτίου (Cargo lines), της θέρμανσης (Heating lines), του

καθαρισμού των δεξαμενών (C.O.W. line), της αποστράγγισης (Stripping line) και του αδρανούς αερίου (I.G. line).

Οι δεξαμενές φορτίου εκτείνονται από τη πωραία φρακτή σύγκρουσης έως τη πρυμναία δεξαμενή φορτίου, συνήθως τις δεξαμενές καταλοίπων (Slop tanks), κατά μήκος του πλοίου. Σύμφωνα με τους κανονισμούς, θα πρέπει οι δεξαμενές φορτίου να περιβάλλονται από διπλά τοιχώματα για την αποφυγή διαρροής του φορτίου σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης.

Πλέον όλα τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένα στα συστήματα ελέγχου του φορτίου και του έρματος. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση των συστημάτων φορτίου και έρματος γίνεται από το δωμάτιο ελέγχου φορτίου - Cargo Control Room (C.C.R.) μέσω ηλεκτροπνευματικών πλήκτρων.

Το δωμάτιο ελέγχου φορτίου πρέπει να διαθέτει ανεμπόδιστο οπτικό πεδίο προς το σημείο του συλλέκτη των πολλαπλών σωληνώσεων (manifold) και πρέπει να βρίσκεται συνήθως στο μπροστινό μέρος των υπερκατασκευών στο κύριο κατάστρωμα.

Στα περισσότερα δεξαμενόπλοια το αντλιοστάσιο (Pump room) βρίσκεται μεταξύ της τελευταίας δεξαμενής φορτίου (Slop tank) και της πωραίας φρακτής του μηχανοστασίου.

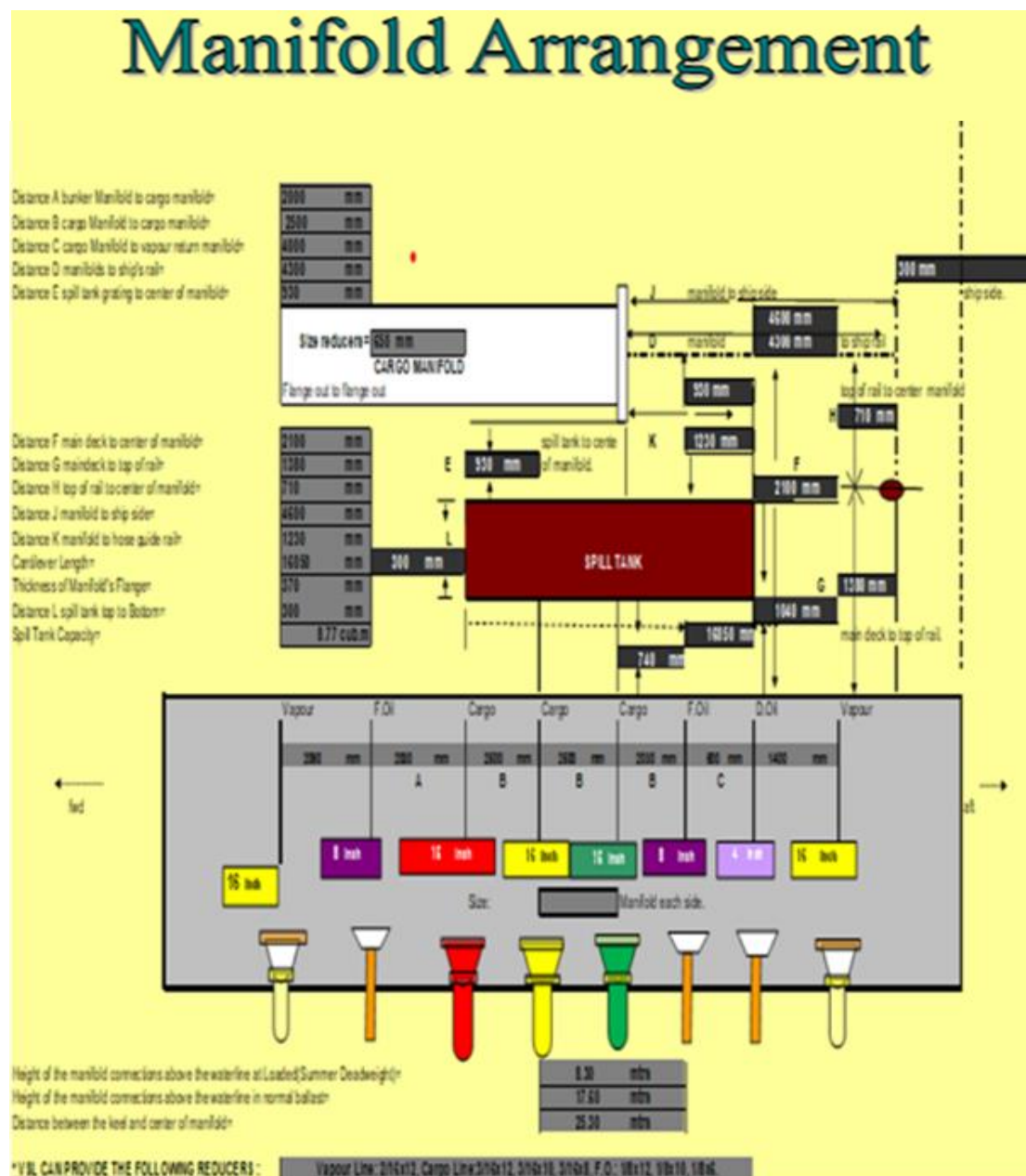
Η είσοδος στο χώρο του αντλιοστασίου γίνεται από το κύριο κατάστρωμα. Το αντλιοστάσιο περιλαμβάνει τις αντλίες φορτίου (Cargo Pumps) και έρματος (Ballast Pumps), αντλίες αποστράγγισης (Stripping Pumps) και το σύστημα πλύσης αργού πετρελαίου (C.O.W. system).

Ο χώρος που βρίσκονται οι αντλίες αποτελεί ένα επικίνδυνο περιβάλλον και ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να ληφθεί για να μετριαστεί ο κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης από πιθανές διαρροές υγρού φορτίου ή αναθυμιάσεων.

Το πετρέλαιο φορτώνεται από τη ξηρά μέσω βραχιόνων (Cargo Arms) και μανικών (Cargo Hoses) φόρτωσης σε ένα συλλέκτη πολλαπλών σωληνώσεων (manifold) στο μέσον του πλοίου και από εκεί με τη βοήθεια της βαρύτητας στις δεξαμενές φορτίου.

Για την εκφόρτωση του φορτίου, οι αντλίες φορτίου αναρροφούν το πετρέλαιο από τις δεξαμενές φορτίου και το φέρουν στο συλλέκτη (manifold) και από εκεί μέσω των βραχιόνων ή των μανικών πηγαίνει προς το σημείο εκφόρτωσης.

Κάθε γραμμή φόρτωσης (Cargo Line) είναι αυτόνομη, εξοπλισμένη με ανεξάρτητες σωληνώσεις, καθώς και με ανεξάρτητη αντλία φορτίου σε κάθε ομάδα δεξαμενών για να αποτρέψει τη νόθευση ή την πρόσμιξη μεταξύ των διαφόρων τύπων φορτίου.



(Τυπική διάταξη του συλλέκτη πολλαπλών σωληνώσεων, manifold) (Σχ. 4)

Τα δεξαμενόπλοια είναι εξοπλισμένα με σύστημα καθαρισμού των δεξαμενών φορτίου, το οποίο χρησιμοποιεί τη φυσική δράση της διάλυσης του ακατέργαστου πετρελαίου για να μειώσει προσκολληθέντα υπολείμματα. Το σύστημα C.O.W. - (Crude Oil Washing) χρησιμοποιεί το αργό πετρέλαιο από τις δεξαμενές φορτίου, πιο συγκεκριμένα από τις δεξαμενές καταλοίπων - (Slop Tanks), για τη πλύση των δεξαμενών αυτών από τα διάφορα κατάλοιπα που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο φορτίο (π.χ. άμμος, κερί, λάσπη κ.α.). Αυτό βοηθά στο να αποτραπεί η συσσώρευση υπολειμμάτων στο κατώτερο τμήμα και βελτιώνει το επίπεδο παραγωγής μέσω της μείωσης της προσκόλλησης περιττών στοιχείων.

Μία αντλία χρησιμοποιείται γενικά για τον καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου αλλά επιπλέον πρέπει να είναι διαθέσιμη οποιαδήποτε από τις αντλίες φορτίου. Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και νερό για το καθαρισμό των δεξαμενών φορτίου πριν από κάποια επιθεώρηση ή κάποιο ελλιμενισμό είτε με ζεστό είτε με κρύο νερό. Η μέθοδος C.O.W. είναι πιο αποτελεσματική από τη πλύση με νερό, επειδή αποβάλλει από τις δεξαμενές τα προσκολλημένα κατάλοιπα.

Πλεονεκτήματα πλύσης δεξαμενών με αργό πετρέλαιο:

- α) το αργό πετρέλαιο είναι φυσικό διαλυτικό και καθαρίζει αποτελεσματικά
- β) μεγαλύτερη παραδοτέα ποσότητα
- γ) με την μέθοδο C.O.W. όλα τα υπολείμματα που παραμένουν στις δεξαμενές εκφορτώνονται και έτσι υπάρχουν λιγότερες πιθανότητες ρύπανσης.

Μειονεκτήματα πλύσης δεξαμενών με αργό πετρέλαιο:

- α) το αργό πετρέλαιο που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από νερό
- β) η ατμόσφαιρα της δεξαμενής θα πρέπει να είναι αδρανοποιημένη δηλαδή ποσοστό οξυγόνου $O_2 < 8\%$
- γ) περισσότερος χρόνος παραμονής στο λιμένα εκφόρτωσης.

Στις περιπτώσεις πλύσης των δεξαμενών με νερό απαιτείται η φύλαξη του «βρώμικου» νερού και παράδοσή του στις ευκολίες υποδοχής στο λιμένα εκφόρτωσης ή η απόρριψη του μέσω του συστήματος O.D.M.E. Εάν γίνει απόρριψη στη θάλασσα, θα πρέπει να γίνει εκτός των ειδικών περιοχών και σε απόσταση άνω των 50 ν.μ. από τις ακτές και σύμφωνα με τους κανονισμούς της MARPOL:

- α) Το πλοίο να είναι εν πλω
- β) Ο στιγμιαίος ρυθμός απόρριψης να μην υπερβαίνει τα 30 lt/nm. Ο «στιγμιαίος ρυθμός απόρριψης» έχει την έννοια ότι η ποσότητα που επιτρέπεται να απορριφθεί θα πρέπει να επεκταθεί ομοιόμορφα σε διανυόμενη από το πλοίο απόσταση 1 ν.μ.
- γ) Η συνολική απορριφθείσα ποσότητα πετρελαίου να μην υπερβαίνει: i) για τα δεξαμενόπλοια τα οποία έχουν ναυπηγηθεί πριν την 31/12/1979 το 1/150000 του φορτίου που μετέφεραν στο τελευταίο ταξίδι, ii) για τα νέα δεξαμενόπλοια τα οποία ναυπηγήθηκαν μετά την 31/12/1979 το 1/30000.
- δ) Το δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να έχει σε λειτουργία το O.D.M.E. καθώς και διάταξη δεξαμενών καταλοίπων για να διακόπτεται άμεσα η διαδικασία απόρριψης εάν δεν πληρούνται οι υπόλοιπες προϋποθέσεις.

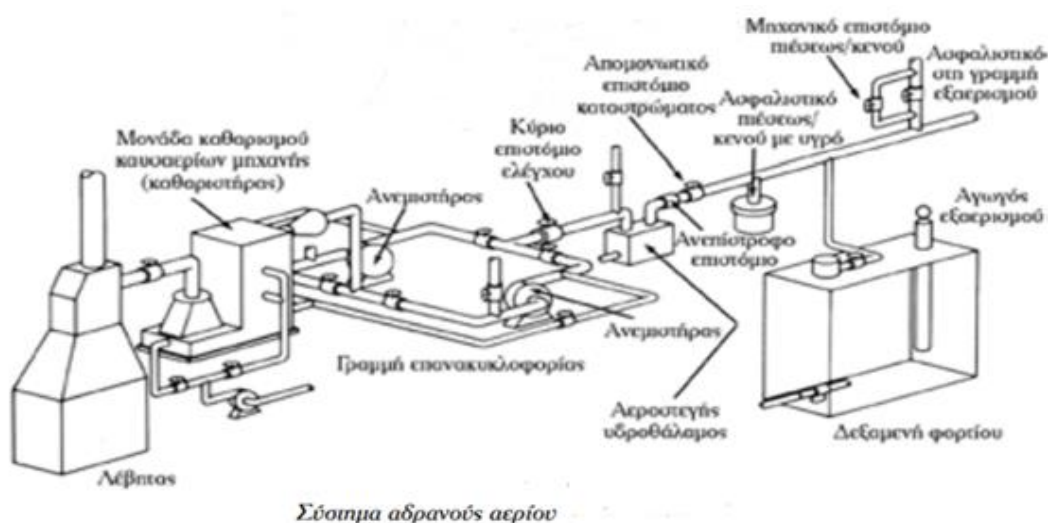
Η MARPOL ως «Ειδικές Περιοχές» σύμφωνα με το ANNEX I, που αφορά τη πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από πετρέλαιο, χαρακτηρίζει: τη Μεσόγειο Θάλασσα, τη περιοχή της Βαλτικής, τη Μαύρη Θάλασσα, τη περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας, τη περιοχή των Κόλπων (Βορειοδυτικά της γραμμής μεταξύ Ras al Hadd και Ras al Fasteh), τη περιοχή του κόλπου του Άντεν, ολόκληρη τη περιοχή της Ανταρκτικής, τα

Βορειοδυτικά Ευρωπαϊκά ύδατα, τη περιοχή του Ομάν στην Αραβική θάλασσα και τα νερά της Νότιας Αφρικής. Σε αυτές τις περιοχές απαγορεύεται κάθε είδους απόρριψη.

Κατά τη διαδικασία πλυσίματος C.O.W. θα πρέπει οι δεξαμενές που θα καθαριστούν να έχουν αδρανοποιημένη την ατμόσφαιρά τους για την αποφυγή έκρηξης. Αυτό επιτυγχάνεται με το σύστημα I.G.S.(Inert Gas System) - Σύστημα Αδρανούς Αερίου. Με το I.G. επιτυγχάνεται η αδρανοποίηση της δεξαμενής, δηλαδή η ελάττωση του ποσοστού των υδρογονανθράκων και του οξυγόνου της, < 8 % για τα crude carries και 1% ή λιγότερο για τα product carries και chemical tankers.

Αυτό το σύστημα συναντάται στα δεξαμενόπλοια άνω των 20.000 DWT που ναυπηγήθηκαν μετά το 1979 και σε όλα τα δεξαμενόπλοια που διαθέτουν σύστημα C.O.W. ανεξαρτήτου μεγέθους.

Η παραγωγή του αδρανούς αερίου γίνεται με την επεξεργασία των παραγόμενων καυσαερίων του πλοίου, είτε με ανεξάρτητη γεννήτρια παραγωγής. Το πιο συνηθέστερο σύστημα που συναντάται στα δεξαμενόπλοια, είναι αυτό της επεξεργασίας των παραγόμενων καυσαερίων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη καύση πετρελαίου στους λέβητες - καζάνια (boilers) της μηχανής. Τα παραγόμενα καυσαέρια αφού καθαριστούν από τα διάφορα μικροσωματίδια, ψύχονται με μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία να είναι στους 66°C και στη συνέχεια διοχετεύονται στις δεξαμενές φορτίου μέσω του δικτύου αδρανούς αερίου.



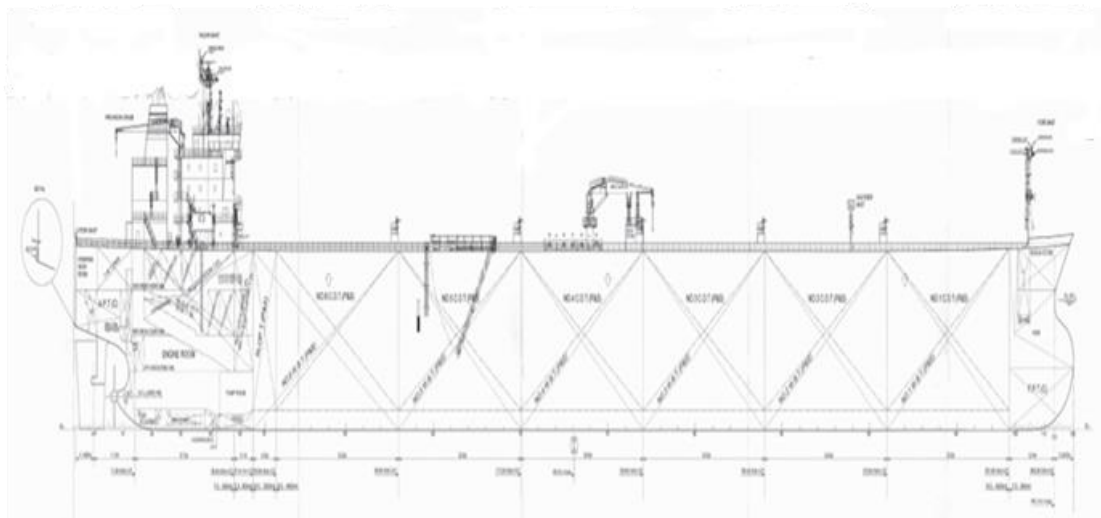
(Πηγή: Ν. Α. Ζυγομαλάς, Μεταφορά Φορτίων, εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου 2015) (Σχ.5)

3.2 Η διάταξη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δεξαμενόπλοιου M/T 'Vilamoura'

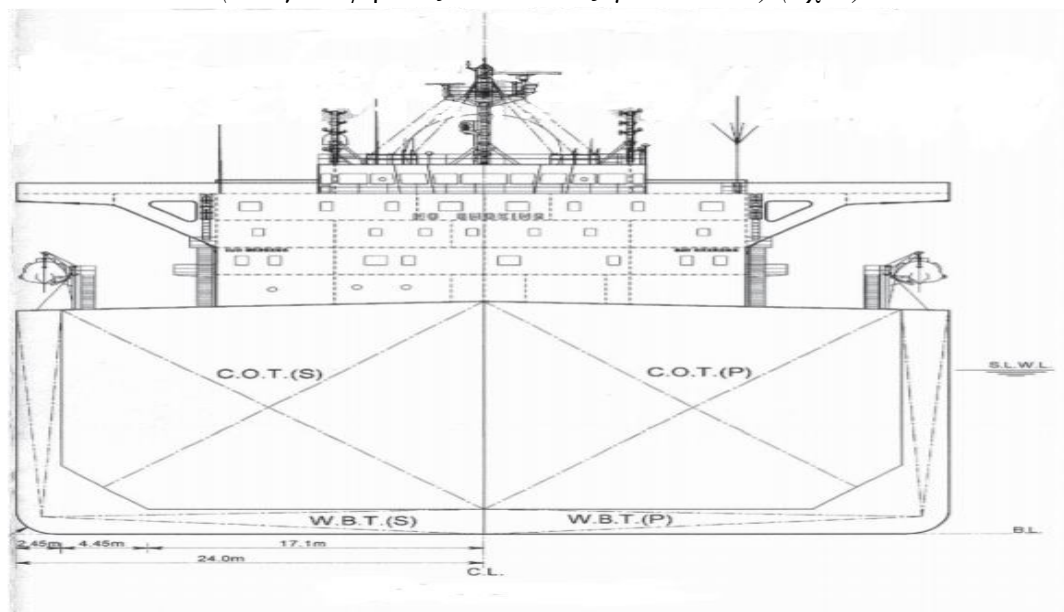
Το δεξαμενόπλοιο M/T "Vilamoura" είναι ένα Suezmax tanker, το οποίο χτίστηκε στο Ναυπηγείο της Samsung για λογαριασμό της Ναυτιλιακής Εταιρίας TMS Tankers Ltd. Το πλοίο αυτό έχει μια διάταξη δεξαμενών φορτίου τυπική για ένα σύγχρονο Suezmax tanker διπλών τοιχωμάτων. Οι δεξαμενές φορτίου είναι διαταγμένες ως εξής : 6 κατά το διάμηκες και 2 κατά το εγκάρσιο (δηλαδή συνολικά 12 δεξαμενές φορτίου) με δύο δεξαμενές καταλοίπων (Slop Tanks) . Οι δεξαμενές έρματος είναι διαταγμένες σε 6 ζεύγη των δεξαμενών τύπου "L" και απαρτίζονται επιπλέον από την πρωραία δεξαμενή

ζυγοστάθμισης (Fore Peak Tank) και την πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (After Peak Tank). Το σκάφος έχει μια μεταφορική ικανότητα $172.075,9 \text{ m}^3$ (περίπου 1,1 εκατομμύρια βαρέλια) και μια ποσότητα έρματος $51.830,0 \text{ m}^3$. Επιπλέον διαθέτει σύστημα σωληνώσεων φορτίου και τρεις φυγοκεντρικές αντλίες των $4.000 \text{ m}^3/\text{h}$, με μέγιστο ρυθμό εκφόρτωσης $12.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Διαθέτει μια μηχανή Hyundai B&W 6S70 MC-C 6 κυλίνδρων ισχύος 22.325 BHP στις 87,9 rpm και μία έλικα σταθερού βήματος. Το Deadweight του είναι 158.621,5 τόνοι με βύθισμα σχεδίασης 17,025 m. Ενώ η ηλεκτροδότηση του πλοίου γίνεται μέσω 3 γεννητριών Diesel και μέσω της εφεδρικής γεννήτριας.



(Πλάγια όψη ενός τυπικού δεξαμενοπλοίου) (Σχ. 6)



(Πρόσωση ενός τυπικού δεξαμενοπλοίου) (Σχ. 7)

3.3 Περιγραφή και κύρια μέρη του αντλιοστασίου

Ο όρος αντλιοστάσιο (pumproom) περιγράφει τα δεξαμενόπλοια και αφορά έναν ιδιαίτερο χώρο μέσα στον οποίο βρίσκονται οι αντλίες που χρησιμοποιούνται για τη μετακίνηση κυρίως όμως την εκφόρτωση του φορτίου. Η τοποθεσία του πάνω στο

πλοίο είναι πρύμα από τις τελευταίες δεξαμενές φορτίου (δεξαμενές καταλοίπων) του πλοίου (slop tanks) και χωρίζεται από το μηχανοστάσιο και τις δεξαμενές με τη φρακλή του μηχανοστασίου και του αντλιοστασίου.

Η κατασκευή και η διαρρύθμιση των αντλιοστασίων δεν είναι ίδια σε όλα τα δεξαμενόπλοια. Οι κύριες γραμμές φορτίου συνδέονται στο αντλιοστάσιο μεταξύ τους με περισσότερες από μια διακλαδώσεις και στη συνέχεια καταλήγουν στις αντλίες φορτίου καθώς ο χειρισμός του φορτίου σε ένα δεξαμενόπλοιο γίνεται μέσω αυτών. Επίσης στο αντλιοστάσιο βρίσκονται τα τζιφάρια αποστραγγίσεως έρματος και φορτίου και η αντλία αποστραγγίσεως φορτίου (stripping pump).

Λόγω της πιθανότητας για διαρροή των πτητικών φορτίων και το σχηματισμό εκρηκτικών συγκεντρώσεων, το αντλιοστάσιο πρέπει να αερίζεται (χαρακτηριστικά 20 έως 30 εναλλαγές αέρα ανά ώρα) και να διαθέτουν σύστημα πυρόσβεσης CO₂ ή κάποιο ισοδύναμο, καθώς και να απομονώνεται από πηγές ανάφλεξης. Επίσης, οι ανεμιστήρες στο αντλιοστάσιο πρέπει να λειτουργούν συνεχώς κατά τη διάρκεια εργασιών μεταφοράς και ο φωτισμός επιβάλλεται να είναι αντιεκρηκτικού τύπου. Εάν το σύστημα εξαερισμού στο αντλιοστάσιο είναι εκτός λειτουργίας, θα πρέπει να υπάρχουν προσωρινά συστήματα εξαερισμού για να διατηρηθεί η ατμόσφαιρα στο αντλιοστάσιο ασφαλής.

3.4 Δίκτυο φορτίου

Τα δεξαμενόπλοια, διαθέτουν ένα αντλιοστάσιο ακριβώς μπροστά από το μηχανοστάσιο. Το αντλιοστάσιο στεγάζει τις αντλίες, που είναι συνήθως ηλεκτρικές ή ατμοκινούμενες. Λόγω της επικίνδυνης ατμόσφαιρας του αντλιοστασίου, οι ηλεκτρικές μηχανές βρίσκονται μέσα στο μηχανοστάσιο και συνδέονται με τις αντίστοιχες αντλίες τους στο αντλιοστάσιο μέσω των ενδιάμεσων αξόνων και κιβωτίων σύνδεσης.

Πρακτικά, η εξάλειψη του αντλιοστασίου πρέπει να εξεταστεί μέσω της χρήσης καταδύομενων αντλιών εσωτερικά της κάθε δεξαμενής. Αυτή η προσέγγιση έχει το επιπρόσθετο πλεονέκτημα μεγαλύτερου όγκου μεταφοράς φορτίου αλλά δεν είναι δυνατή αυτή η λειτουργία στα μεγαλύτερα σκάφη λόγω του υπερβολικού ύψους ανύψωσης, που απαιτείται από τις αντλίες.

Οι σωληνώσεις φορτίου δεν επιτρέπεται να διέρχονται μέσω των δεξαμενών έρματος, έτσι ώστε τα συστήματα φορτίου και έρματος να είναι εντελώς διαχωρισμένα και να μην υπάρχει καμία πιθανότητα ανάμιξης του έρματος (ballast) με το πετρέλαιο.

Επίσης απαιτείται να υπάρχει ύψος ανώτερης στάθμης και συναγερμός υπερχειλίσης. Ο συναγερμός υπερχειλίσης (για ύψος στάθμης στο 98%) πρέπει να ενεργοποιείται, έτσι ώστε ο υπεύθυνος, που ελέγχει τη λειτουργία να έχει αρκετό χρόνο για να αποτρέψει την υπερχειλίση της δεξαμενής.

Τα επιστόμια συνήθως λειτουργούν υδραυλικά και ελέγχονται από το Cargo Control Room του πλοίου.

Αντλίες αποστράγγισης πρέπει να τοποθετηθούν στο κατώτερο σημείο της δεξαμενής. Η αποστράγγιση των δεξαμενών φορτίου πραγματοποιείται μέσω ξεχωριστών γραμμών αναρρόφησης που βρίσκονται στο αντλιοστάσιο.

Η θέρμανση του φορτίου δεν είναι συνήθως απαραίτητη για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αργού πετρελαίου (εκτός από τις δεξαμενές καταλοίπων). Οι απαιτήσεις για τη θέρμανση δεξαμενών καταλοίπων (Slop Tanks) έχουν χαρακτηριστικά ως εξής: πρέπει να αυξηθεί η θερμοκρασία του περιεχόμενου της δεξαμενής από 44°C σε 66°C σε 24 ώρες σε θερμοκρασία νερού θαλάσσης 5°C και αέρα 2°C. Ατμός χρησιμοποιείται επίσης για τη θέρμανση της δεξαμενής καταλοίπων, αλλά πρέπει να επιστρέψει πίσω σε μια ειδική δεξαμενή για να ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει καμία διαρροή πετρελαίου στον ατμό. Η θέρμανση του φορτίου απαιτείται στα δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου. Οι χαρακτηριστικές απαιτήσεις αφορούν την αύξηση της θερμοκρασίας του φορτίου από 44°C σε 66°C μέσα σε 96 ώρες σε θερμοκρασία νερού θαλάσσης 5°C και θερμοκρασία αέρα 2°C. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ύπαρξη σπειρών θέρμανσης στο κατώτατο τμήμα των δεξαμενών. Ο ατμός είναι το συνηθέστερο χρησιμοποιούμενο μέσο θέρμανσης.

3.5 Δίκτυο έρματος

Οι αντλίες έρματος είναι συνήθως τοποθετημένες στο αντλιοστάσιο. Αυτές οι αντλίες μπορούν έπειτα να εξυπηρετήσουν όλες τις δεξαμενές έρματος εκτός από τη πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (After Peak Tank), η οποία εξυπηρετείται από μια ξεχωριστή αντλία, που βρίσκεται εντός του μηχανοστασίου.

Όπως και με τις αντλίες φορτίου, σε κάθε αντλία έρματος πρέπει να παρασχεθεί η ευελιξία, ώστε να μπορεί να εξυπηρετηθεί κάθε δεξαμενή έρματος. Οι σωληνώσεις έρματος παρέχουν επίσης μέσα για την ανίχνευση αερίου, αδρανοποίηση και τον εξαερισμό των δεξαμενών έρματος. Όταν οι δεξαμενές είναι κενές, οι σωληνώσεις μπορούν να συνδεθούν με το σύστημα ανίχνευσης αερίου και όταν ανιχνεύεται υδρογονάνθρακας η γραμμή συνδέεται στο δίκτυο αδρανούς αερίου (I.G.) και οι δεξαμενές εφοδιάζονται με Inert Gas.

3.6 Σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System)

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

Για να ξεκινήσει μια πυρκαγιά και να διατηρηθεί, θα πρέπει οπωσδήποτε να συνυπάρχουν ταυτόχρονα οξυγόνο, καύσιμο, κατάλληλη θερμοκρασία και η αλυσιδωτή αντίδραση. Αν ένα από αυτά τα στοιχεία απομακρυνθεί ή μειωθεί η αναλογία του, τότε η πιθανότητα εκρήξεως και πυρκαγιάς μειώνονται. Θεωρητικά, οποιοδήποτε μείγμα με περιεκτικότητα σε οξυγόνο μικρότερη από 11,5% δεν είναι

ικανό να υποστηρίξει καύση. Γι' αυτό η πρόληψη κινδύνων εκρήξεως και πυρκαγιάς στα δεξαμενόπλοια επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της ατμόσφαιρας των δεξαμενών.

Η πρόληψη μίας πιθανής πυρκαγιάς επιτυγχάνεται με μείωση της αναλογίας του οξυγόνου στο μείγμα που υπάρχει στον χώρο των δεξαμενών επάνω από το φορτίο και την πλήρωσή ίσου από αδρανές αέριο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται κατά την εκφόρτωση του πλοίου ή την φόρτωση, όταν μεταβάλλεται ο ελεύθερος όγκος πάνω από την επιφάνεια του φορτίου στον χώρο της δεξαμενής, αλλά και κατά τη διάρκεια καθαρισμού της με crude oil washing ή την προετοιμασία για επιθεώρηση ή επισκευή της πριν τον εξαερισμό της. Έτσι η μία από τις πλευρές του τριγώνου πυρκαγιάς εξαλείφεται εκμηδενίζοντας τους προαναφερόμενους κινδύνους.

Το σύστημα αδρανούς αερίου αποτελείται από μία εγκατάσταση που επεξεργάζεται τα καυσαέρια που παράγονται στο πλοίο με ειδικό σύστημα επεξεργασίας ή έχει τη δυνατότητα να το παράγει η ίδια προϋποθέτοντας την ύπαρξη ανεξάρτητης γεννήτριας παραγωγής ή με εγκατάσταση αεροτουρμπίνας όταν διαθέτει αποτεφρωτήρα. Μέσω ρυθμιστή πίεσεως το αδρανές αέριο με ειδική ξεχωριστή γραμμή παροχής διοχετεύεται προς τι δεξαμενές του φορτίου.

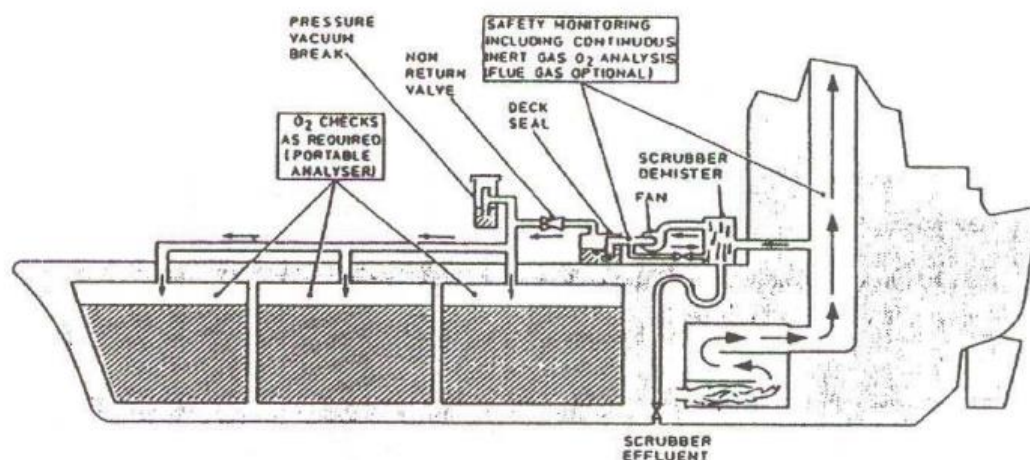
Οι πηγές αδρανούς αερίου μέσα σε ένα πλοίο είναι:

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

Ένα σύστημα αδρανούς αερίου πρέπει να έχει την δυνατότητα:

- Της αδρανοποίησης κενών δεξαμενών φορτίου, μειώνοντας την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στην ατμόσφαιρα κάθε δεξαμενής, σε επίπεδο που δεν υποστηρίζεται η καύση.
- Της διατηρήσεως της ατμόσφαιρας στη δεξαμενή του φορτίου σε θετική πίεση και με περιεκτικότητα σε οξυγόνο μικρότερη του 8% κατ' όγκο σε οποιοδήποτε σημείο της δεξαμενής φορτίου και των δεξαμενών καταλοίπων.
- Της εκκαθάρισεως κενών δεξαμενών φορτίου από αέρια υδρογονανθράκων, ώστε οι επόμενες λειτουργίες για τον εξαερισμό τους να μην δημιουργούν εύφλεκτη ατμόσφαιρα σε αυτές.
- Της παροχής αδρανούς αερίου στις δεξαμενές με ρυθμό τουλάχιστον 1,25% του μέγιστου ποσοστού του ρυθμού εκφορτώσεως του πλοίου εκφρασμένο σε όγκο.
- Της παροχής αδρανούς αερίου στον κύριο αγωγό προς τις δεξαμενές, σε κάθε απαιτούμενη ταχύτητα ροής εκφορτώσεως, με περιεκτικότητα σε οξυγόνο που δεν υπερβαίνει το 5% κατ' όγκο.

- Της διατηρήσεως θετικής πίεσης του αερίου μέσα στις δεξαμενές πάνω από $100\text{ mm H}_2\text{O}$.



Απλουστευμένο διάγραμμα συστήματος αδρανούς αερίου

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, *Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια*, εκδόσεις E. N. Σταυριδάκη) (Σχ. 8)

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

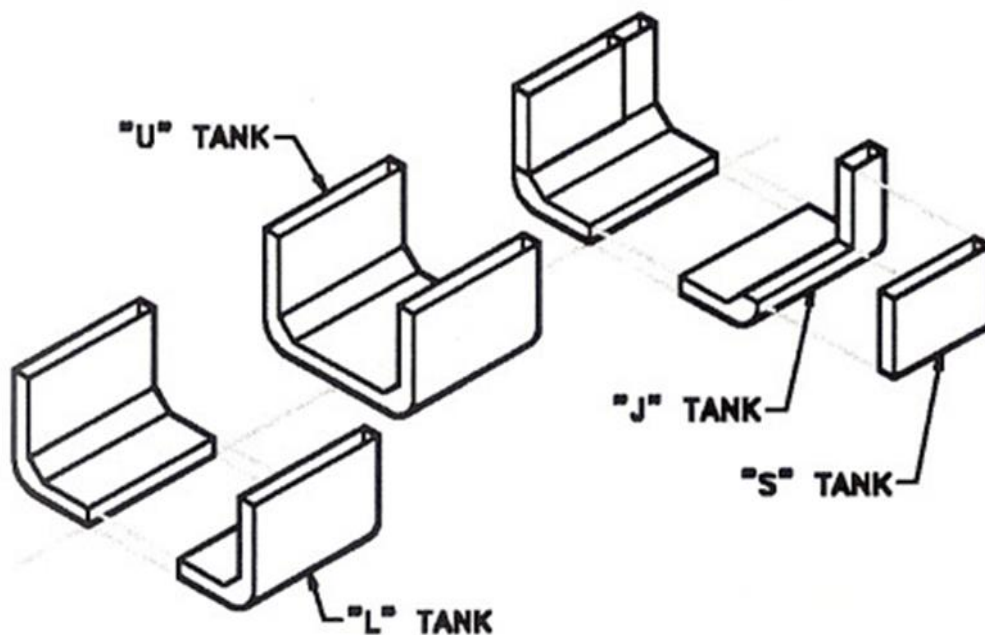
Ο σχεδιασμός και η λειτουργική διαδικασία είναι η ίδια με τα συστήματα αδρανούς αερίου που χρησιμοποιούν καυσαέρια, τα οποία παράγονται από μεγάλους λέβητες. Η διαφορά των γεννητριών αδρανούς αερίου είναι ότι η καύση για την παραγωγή του αδρανούς αερίου πραγματοποιείται από ένα ενιαίο σύστημα. Ο αέρας για την καύση παρέχεται απ' τον ανεμιστήρα δημιουργώντας και την πίεση που οδηγεί το αέριο στις δεξαμενές. Η εισαγωγή του αέρα μαζί με τον καυστήρα πετρελαίου τοποθετούνται στο κέλυφος της μονάδας. Με τον διασκορπισμό και την καύση παράγονται καυσαέρια, που οδηγούνται προς την έξοδο από τον θάλαμο καύσεως, πλένονται και ταυτόχρονα ψύχονται με ψεκασμό θαλασσινού νερού από ακροφύσια. Το θαλασσινό νερό παρέχεται στη μονάδα από ιδιαίτερη αντλία, την αντλία πλύσεως (Scrubber) και εξέρχεται στο τέλος του αγωγού, παρασύροντας τα υπολείμματα καύσεως.

Στις γεννήτριες αδρανούς αερίου το καύσιμο μπορεί να είναι Diesel, αργό πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, το οποίο ψεκάζεται από καυστήρα στον θάλαμο καύσεως. Από την εξαγωγή της γεννήτριας το αδρανές αέριο οδηγείται στη δεξαμενή νερού στο κατάστρωμα (Deck Seal), που αποτελεί την ασφαλιστική διάταξη ροής του αερίου και στη συνέχεια τους αγωγούς αδρανούς αερίου των δεξαμενών φορτίου.

3.7 Διάταξη δεξαμενών έρματος και φορτίου

Οι τυπικές δεξαμενές έρματος δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων παριστάνονται στο παρακάτω σχήμα. Οι δεξαμενές της μορφής “L” αποτελούν την πιο κοινή ρύθμιση για τις δεξαμενές έρματος, αφού εμφανίζονται σε ποσοστό μεγαλύτερο από 90%. Οι δεξαμενές της μορφής “U” μειώνουν την ασύμμετρη κατάκλιση και γενικά χρησιμοποιούνται όταν αποτυγχάνουν οι δεξαμενές της μορφής “L” να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις ευστάθειας κατόπιν βλάβης (Damage Stability). Παρόλα αυτά, υπάρχουν διάφορα μειονεκτήματα στις δεξαμενές της μορφής “U”.

Αρκετές φορές επιβάλλεται να χρησιμοποιηθούν ενώσεις, λόγω των μεγαλύτερων εσωτερικών πιέσεων, που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια εμφάνισης κλίσεων του πλοίου. Επίσης, έχουμε την εμφάνιση σε μεγαλύτερη έκταση του φαινομένου των

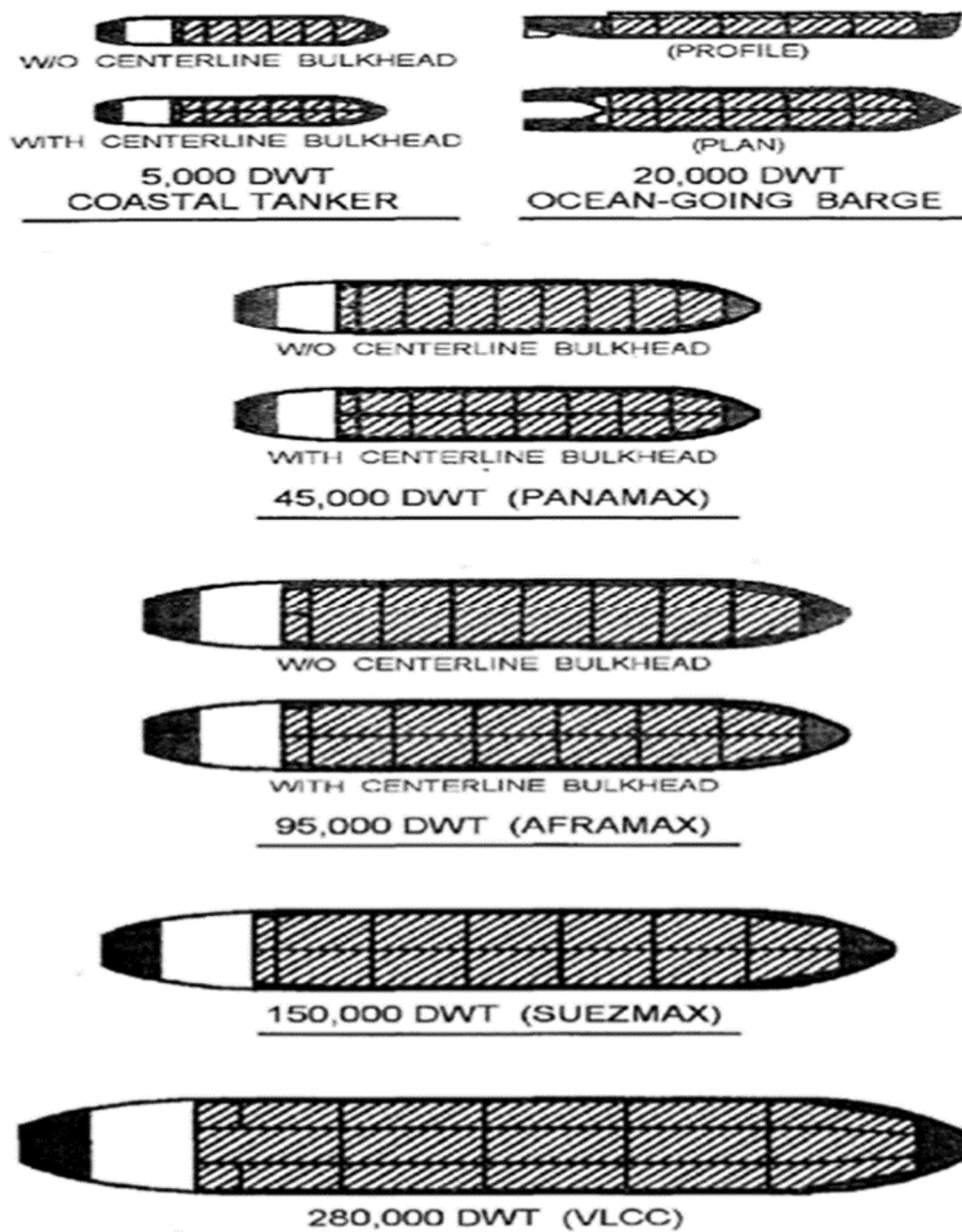


(Τυπική διάταξη δεξαμενών έρματος) (Σχ. 9)

(Πηγή: R. Keith Michel and Michael Osborne, *Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), edition 2008*)

ελεύθερων επιφανειών. Οι δεξαμενές της μορφής “S” ή πλευρικές δεξαμενές βρίσκονται επάνω από τα διπύθμενα. Αυτές οι δεξαμενές βελτιώνουν την ικανότητα επιβίωσης του σκάφους ακόμη και στην περίπτωση, που υπάρχει σημαντική φθορά στον πυθμένα.

Η διάταξη των δεξαμενών φορτίου, που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα είναι αντιπροσωπευτική των δεξαμενοπλοίων, που σχεδιάζονταν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990. Για να ελεγχθούν τα κόστη κατασκευής και να διευκολυνθεί ο καθαρισμός των δεξαμενών, ελαχιστοποιήθηκε ο αριθμός των δεξαμενών στους μεγαλύτερους μεταφορείς αργού πετρελαίου.



(Διάταξη δεξαμενών φορτίου) (Σχ. 10)

(Πηγή: R. Keith Michel and Michael Osborne, *Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), edition 2008*)

Τα δεξαμενόπλοια που είναι μικρότερα από 120.000 dwt, έχουν γενικά μια κεντρική δεξαμενή φορτίου ή δύο (εγκαρσίως). Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια της κατηγορίας Suezmax έχουν δύο δεξαμενές φορτίου (εγκαρσίως) και τα περισσότερα δεξαμενόπλοια της κατηγορίας VLCC έχουν τρεις δεξαμενές φορτίου (εγκαρσίως).

3.8 Ορισμένα δίκτυα που υπάρχουν στα πλοία

- Άμεσο ή απευθείας σύστημα δικτύου (direct pipeline system): Χρησιμοποιείται στα μικρότερα μεγέθους δεξαμενόπλοια. Το αντλιοστάσιο βρίσκεται πρύμα από τις δεξαμενές φορτίου, οι οποίες συγκεντρώνονται σε ομάδες τριών ή τεσσάρων δεξαμενών. Με τους κατάλληλους συνδυασμούς των επιστομίων και τις κατάλληλες συνδέσεις, η κάθε αντλία φορτίου μπορεί να εξυπηρετεί και άλλες δεξαμενές.
- Σύστημα ελεύθερη ροής (free flow system): Χρησιμοποιείται στα μεγάλα δεξαμενόπλοια (VLCCs, ULCCs) επειδή συνήθως μεταφέρουν έναν τύπο φορτίου. Η φόρτωση πραγματοποιείται με τις κάθετες γραμμές (drop lines) προς τις δεξαμενές φορτίου. Στο συγκεκριμένο σύστημα οι δεξαμενές συνδέονται μεταξύ τους με επιστόμια-πόρτες (συρταρωτά επιστόμια).
- Σύστημα διπλού δακτυλίου (double ring main system): Το σύστημα αυτό είναι πιο αποδοτικό ως προς τη λειτουργία του αλλά συνοδεύεται από υψηλότερο κόστος. Στο σύστημα διπλού δακτυλίου συναντώνται περισσότερες γραμμές και επιστόμια σε σχέση με το απλό σύστημα δακτυλίου, καθώς υπάρχει ένας επιπλέον περιφερειακός δακτύλιος εξωτερικά του μονού. Συνδέεται με τον κεντρικό δακτύλιο και εξυπηρετεί τις πλευρικές δεξαμενές.

3.9 Πυρασφάλεια

Λόγω της ενδεχομένως επικίνδυνης φύσης των φορτίων τους, τα δεξαμενόπλοια απαιτείται να έχουν πιο σύνθετα συστήματα πυρασφάλειας από εκείνα για πλοία ξηρού φορτίου. Οι κανονισμοί για αυτά μπορούν να βρεθούν στη SOLAS στο κεφάλαιο II-2 μέρος D κανονισμοί 55-63 (SOLAS Chapter II-2 Part D, Regulations 55-63).

Οι χώροι ενδιαίτησης πρέπει να είναι τοποθετημένοι πίσω από τις δεξαμενές φορτίου και να είναι διατεταγμένοι έτσι, ώστε μια μεμονωμένη αποτυχία στο κατάστρωμα ή σε κάποια φρακτή να μην οδηγήσει στην είσοδο αερίου. Δεν πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα για τις πόρτες ή παράθυρα στο μπροστινό τμήμα των χώρων ενδιαίτησης.

Το αντλιοστάσιο πρέπει να βρίσκεται μεταξύ του μηχανοστασίου και των δεξαμενών καταλοίπων και θεωρείται ως ιδιαίτερα επικίνδυνος χώρος, καθώς είναι πιθανό να περιέχει αέριο υδρογονανθράκων, που προέρχεται από την εξάτμιση του φορτίου, λόγω των διαρροών στις αντλίες, των επιστομίων και τις ενώσεις των σωληνώσεων. Για το λόγο αυτό, οι κινητήριες μηχανές των αντλιών δεν μπορούν να βρίσκονται στα αντλιοστάσια και τοποθετούνται συνήθως στο πιο μπροστινό τμήμα του μηχανοστασίου με τον κινητήριο άξονα να διαπερνά από σημείο της φρακτής, που είναι σφραγισμένο αεροστεγώς κατευθυνόμενο προς τις αντλίες.

Είναι επίσης σημαντικό ότι δεν πρέπει να υπάρχει τίποτα στο αντλιοστάσιο, το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει έναν σπινθήρα. Ο ηλεκτρικός φωτισμός πρέπει να είναι

εσωτερικά ασφαλής, με σταθερά διατηρημένη εσωτερική πίεση, ώστε να αποτρέπεται η παραμικρή είσοδος αερίου.

Οι αντλίες φορτίου πρέπει να διαθέτουν αισθητήρες θερμοκρασίας και σύστημα alarm ενσωματωμένο σε αυτές. Ένα σύστημα ανίχνευσης αερίου απαιτείται επίσης στο αντλιοστάσιο. Ένα αποτελεσματικό σύστημα εξαερισμού πρέπει να παρασχεθεί έτσι ώστε οποιαδήποτε αέρια να μπορούν να αποβληθούν πριν από την είσοδο του προσωπικού για τις απαραίτητες εργασίες.

Οι απαιτήσεις πυρόσβεσης των μηχανοστασίων για τα δεξαμενόπλοια είναι παρόμοιες με εκείνες για πλοία ξηρού φορτίου. Το Halon χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για πολλά έτη, γιατί είναι μη τοξικό και αποδεδειγμένα ένα πολύ αποτελεσματικό μέσο πυρόσβεσης. Οι ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απελευθέρωσης του Halon έχουν οδηγήσει σε μια απαγόρευση στην κατασκευή και επομένως καταφεύγουμε σε άλλες εναλλακτικές λύσεις.

Άλλες επιλογές περιλαμβάνουν τα διάφορα συστήματα αφρού και το CO₂. Το CO₂ είναι λιγότερο επιβλαβές στις εγκαταστάσεις όταν απελευθερώνεται αλλά είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο και έχει προκαλέσει αρκετά ατυχήματα σε περιπτώσεις τυχαίας απελευθέρωσης. Τα συστήματα αφρού φαίνονται να προσφέρουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Εκτός από την κανονική δυνατότητα πυρόσβεσης (δίκτυο πυρκαγιάς), τα δεξαμενόπλοια απαιτείται να έχουν ένα σύστημα αφρού για πυρόσβεση στο κατάστρωμα. Η ποσότητα αφρού κρατιέται σε μια δεξαμενή αποθήκευσης και αντλείται σε περίπτωση ανάγκης μέσω ενεργοποίησης από τα όργανα ελέγχου που βρίσκονται κατά διαστήματα κατά μήκος του καταστρώματος. Ο αφρός αναμιγνύεται με νερό και διογκώνεται όπως εξέρχεται από το ακροφύσιο του οργάνου ελέγχου.

Η απελευθέρωση του αερίου υδρογονανθράκων επάνω στο κατάστρωμα μειώνεται με την απαίτηση ύπαρξης κλειστών δεξαμενών κατά τη διάρκεια της φόρτωσης. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος του ανώτερου ύψους στάθμης του φορτίου κατά το γέμισμα πρέπει να είναι δυνατός με κλειστές δεξαμενές. Ο πιο κοινός τύπος του συστήματος φόρτωσης με κλειστές δεξαμενές είναι βασισμένος στην αρχή του ραντάρ.

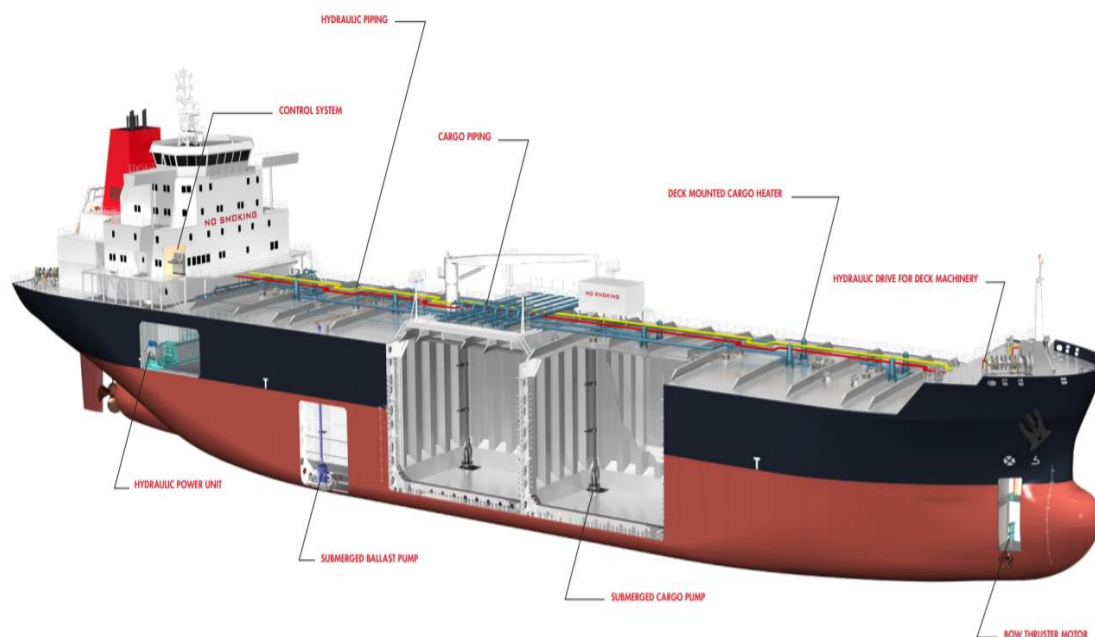
4 Δεξαμενόπλοια χωρίς αντλιοστάσιο (Framo)

4.1 Ιστορική αναδρομή των δεξαμενοπλοίων Framo

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται σήμερα στα δεξαμενόπλοια χωρίς αντλιοστάσιο, είναι γνωστές ως Framo και η εταιρεία κατασκευής τους ξεκίνησε τα βήματα της ως Frank Mohn AS στο Μπέργκεν της Νορβηγίας το 1938.

Τα πρώτα χρόνια, η Framo λειτούργησε κυρίως ως εισαγωγέας ναυτιλιακού εξοπλισμού στη Νορβηγία. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, ξεκίνησε να αναπτύσσει και να κατασκευάζει τα δικά της ναυτιλιακά προϊόντα, όπως σετ γεννητριών έκτακτης ανάγκης για επικοινωνία σύνδεσης και αντλίες πυρόσβεσης έκτακτης ανάγκης.

Το γεγονός που κατέστησε την εταιρεία Framo γνωστή στο ευρύ κοινό, ήρθε στις αρχές της δεκαετίας του 1960, όταν κυκλοφόρησε στη ναυτιλιακή αγορά η υδραυλική αντλία υψηλής πίεσης. Μια καινοτομία εκείνη την εποχή, η εφαρμογή υδραυλικής κίνησης σε θαλάσσιες αντλίες προσέφερε νέα πλεονεκτήματα για τους πλοιοκτήτες και τους χειριστές, όπως χαμηλό βάρος και έλεγχος χωρητικότητας, χωρίς κίνδυνο έκρηξης. Η πρώτη σειρά υδραυλικών αντλιών Framo αποτελούνταν από αντλίες βυθοκόρησης, αντλίες ψαριών και αντλίες χημικών που παραδίδονται ως φορητές υποβρύχιες μονάδες.



(Διάταξη μηχανημάτων δεξαμενοπλοίου τύπου Framo) (Σχ. 11)

(Πηγή: <https://www.framo.com/globalassets/pdf-files/framo-cargo-pumping-system>)

4.2 Ανάλυση αντλιών και δικτύου Framo

Υπάρχουν δύο διαφορετικές τεχνολογίες, η πρώτη αφορά το συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί συνήθως τρεις αντλίες μεγάλης χωρητικότητας, κινούμενες με ατμό, ενώ στη δεύτερη κάθε δεξαμενή έχει μια βυθισμένη αντλία που οδηγείται από υδραυλικά υψηλής πίεσης.

Στην περίπτωση αυτή το αντλιοστάσιο εξαλείφεται, ενώ η υδραυλική πίεση παράγεται από «πακέτα Power», τα οποία αποτελούνται από μικρούς ηλεκτρικούς κινητήρες και μικρούς κινητήρες ντίζελ.

Η αντλία φορτίου Framo είναι ανθεκτικής κατασκευής που κατασκευάζεται για να αδειάζει αποτελεσματικά κάθε δεξαμενή φορτίου που περιέχει τα πιο βαριά, ιξώδη ή επιθετικά φορτία.

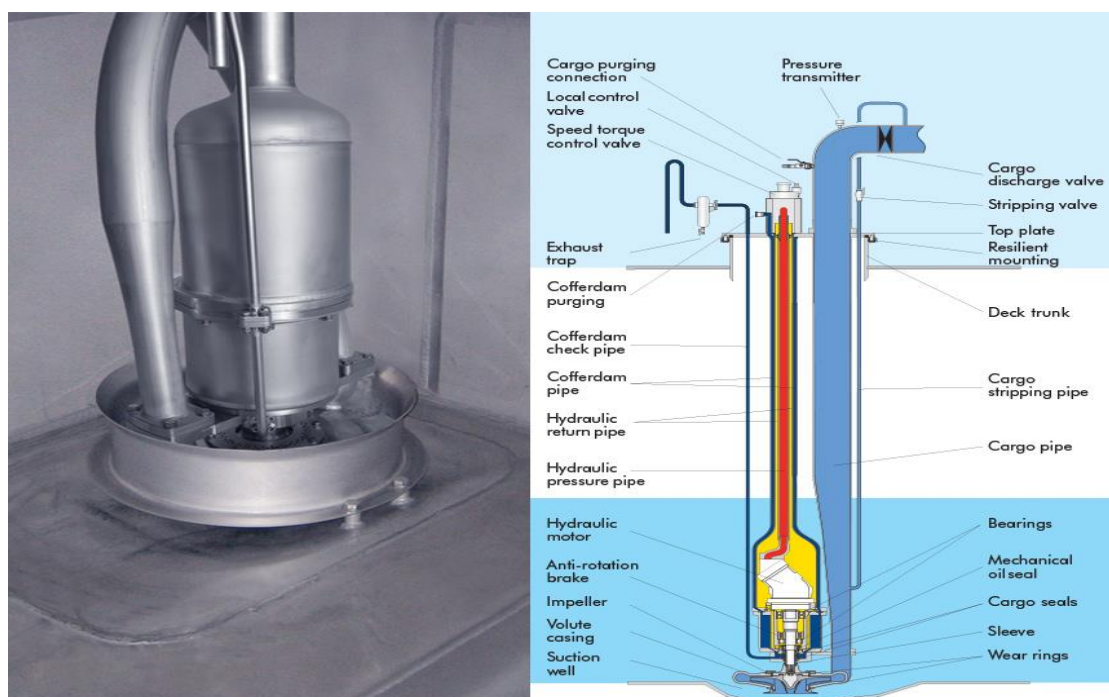
Η υδραυλική μονάδα μετάδοσης κίνησης έχει σχεδιαστεί για ασφαλή και αξιόπιστη άντληση των πιο πτητικών ή επικίνδυνων φορτίων που μεταφέρονται χύμα. Δεν υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης θερμότητας λόγω σχεδιασμού ασφαλούς αστοχίας,

όπου ο κινητήρας και τα έδρανα της αντλίας λιπαίνονται συνεχώς και ψύχονται από το υδραυλικό μέσο κίνησης λαδιού.

Περισσότερο από μισό αιώνα μετά την παρουσίασή του, η βυθισμένη αντλία φορτίου Framo εξακολουθεί να είναι μια μοναδική λύση καθώς χρησιμοποιείται από έναν σημαντικό αριθμό πλοίων στον κόσμο που χειρίζονται υγρά φορτία. Έχει τη δυνατότητα άντλησης οποιουδήποτε τύπου υγρού φορτίου, ανεξάρτητα από το πόσο ευαίσθητο ή ιξώδες μπορεί να είναι.

Η αντλία φορτίου Framo είναι μια κάθετη φυγοκεντρική αντλία ενός σταδίου που τροφοδοτείται από έναν υδραυλικό κινητήρα για ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία. Όλες οι αντλίες φορτίου είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο ατσάλι και έχουν σχεδιαστεί με ομαλή και εύκολη στον καθαρισμό επιφάνεια.

Επιπλέον η αντλία φορτίου Framo διαθέτει έναν ενσωματωμένο υδραυλικό κινητήρα συνδεδεμένο με την περωτή με έναν κοντό ανεξάρτητο άξονα. Ο κινητήρας, ο άξονας και τα έδρανα λιπαίνονται και ψύχονται από το υδραυλικό λάδι κίνησης. Οι Framo αντλίες φορτίου παρέχονται με ατομικές ικανότητες μεταξύ των 50 και των 2.000 m^3/h και συνολικά ποσοστά εκφόρτωσης μέχρι 15.000 m^3/h εγκατεστημένα σε όλους τους τύπους δεξαμενόπλοιοι και OBO μεταφορών.



(Απεικόνιση αντλίας φορτίου Framo) (Σχ. 12)

(Πηγή: <https://www.framo.com/cargo-pumping-systems/cargo-pumping/submerged-cargo-pumping/>)

Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά :

- Κάθετα μεμονωμένα στάδια, περωτή μίας αναρρόφησης, αξονική ισορροπία
- Ισχυρή υδραυλική κίνηση με βραχίονα και άκαμπτο άξονα μετάδοσης κίνησης

- Σχεδιασμός ασφαλούς βλάβης. Λίπανση και ψύξη της αντλίας
- Υλικό αντλίας από ανοξείδωτο χάλυβα
- Ομόκεντροι υδραυλικοί σωλήνες για μέγιστη ασφάλεια
- Cofferdam, αεριζόμενο στην ατμόσφαιρα, προστατεύοντας ολόκληρη την αντλία
- Μηχανική σφράγιση έναντι υδραυλικού λαδιού

4.3 Υδραυλικό σύστημα άντλησης φορτίου

Οι βυθιζόμενες αντλίες με υδραυλικό κινητήρα (hydraulic motor driven submersible cargo pumps) χρησιμοποιούνται για την άντληση φορτίων σε χημικά δεξαμενόπλοια, σε πλοία μεταφοράς διαφορετικού είδους πετρελαϊκών προϊόντων, ενώ δύναται να συναντώνται και σε πλοία μεταφοράς αργού πετρελαίου.

Σε κάθε δεξαμενή είναι εγκατεστημένη μία αντλία. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η δημιουργία δικτύου αναρροφήσεως μεταξύ των δεξαμενών. Επίσης, μειώνονται στο ελάχιστο οι πιθανότητες αναμείξεως των φορτίων που μεταφέρονται, διότι συχνά κάθε αντλία συνδέεται σε ανεξάρτητο δίκτυο καταθλίψεως που αναπτύσσεται στο κατάστρωμα.

Η αύξηση της πίεσεως του υδραυλικού λαδιού που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του υδραυλικού κινητήρα της αντλίας, πραγματοποιείται από κεντρική υδραυλική μονάδα ισχύος που είναι εγκατεστημένη στο μηχανοστάσιο. Η υδραυλική μονάδα ισχύος μπορεί να εξυπηρετεί μόνο τις αντλίες φορτίου, ενδέχεται όμως να παρέχει υδραυλικό λάδι και σε άλλα βοηθητικά μηχανήματα, όπως οι γερανοί του πλοίου, τα μηχανήματα προσδέσεως ή ο υδραυλικός κινητήρας της βοηθητικής προωρίας έλικας (bow thruster).

Οι βυθιζόμενες αντλίες υδραυλικού κινητήρα είναι κάθετης διατάξεως, μίας βαθμίδας πίεσεως (μονοβάθμιες) και αποτελούνται από φυγοκεντρικό στροφέιο απλής αναρροφήσεως. Η αντλία με τον υδραυλικό της κινητήρα αναρτάται στο κάτω άκρο ενός κατακόρυφου σωλήνα, ενώ το άνω άκρο του συνδέεται με πλάκα ελαφρώς υπερυψωμένη από το κατάστρωμα του πλοίου. Ο κατακόρυφος σωλήνας έχει τριπλό τοίχωμα σχηματίζοντας τρεις ομόκεντρους σωλήνες.

Στον κεντρικό σωλήνα διέρχεται το υδραυλικό λάδι με πίεση από τη μονάδα ισχύος, ενώ στο δεύτερο τοίχωμα διέρχονται οι επιστροφές του υδραυλικού λαδιού. Στο εσωτερικό του τρίτου τοιχώματος διέρχεται αέρας ή αδρανές αέριο, δημιουργώντας ένα στεγανό ασφαλείας μεταξύ του υδραυλικού ελαίου και του φορτίου σε περίπτωση διαρροής ή βλάβης σε έναν από αυτούς τους σωλήνες.

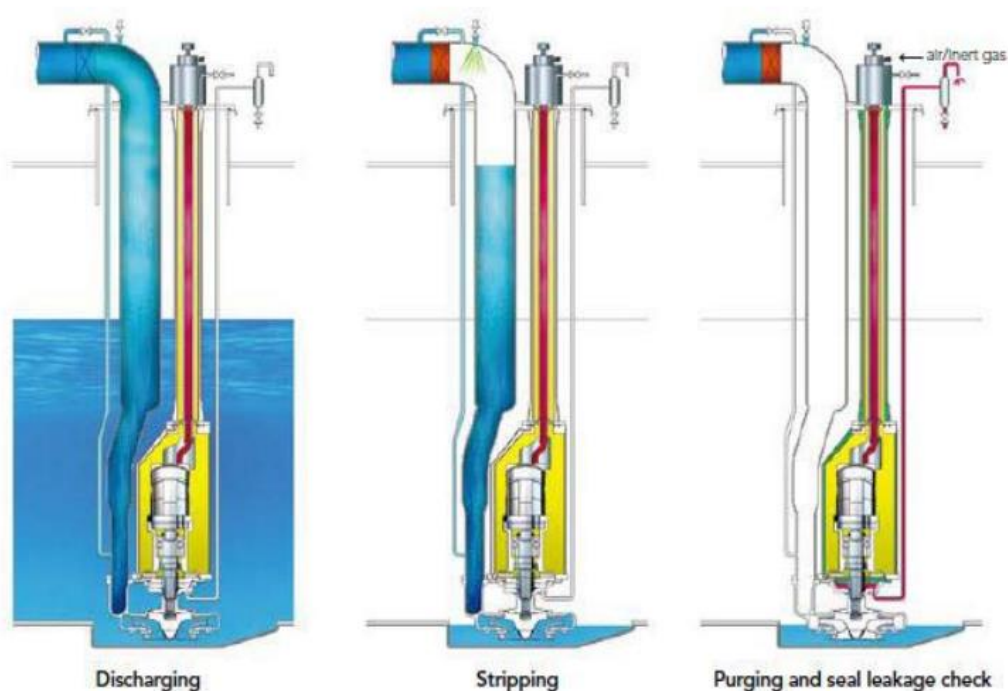
Ο άξονας του στροφείου είναι μικρού μήκους και συνδέεται με τον υδραυλικό κινητήρα με σύνδεσμο που ενδέχεται να έχει σφηνοειδή διαμόρφωση κατάλληλα διαμορφωμένη υποδοχή στην οποία τοποθετείται μεταλλική προσθήκη. Η στήριξη του άξονα επιτυγχάνεται με ένσφαιρους τριβείς οι οποίοι λιπαίνονται από το υδραυλικό έλαιο που επιστρέφει από τον υδραυλικό κινητήρα στο δίκτυο ισχύος.

Η στεγανοποίηση του σωλήνα κυκλοφορίας του υδραυλικού λαδιού με τον άξονα της αντλίας καθώς και με τον εξωτερικό σωλήνα στεγανοποίησης ασφαλείας πραγματοποιείται με ειδικές τσιμούχες (lip type seals) ή με μηχανικούς στυπιοθλίπτες. Με αυτόν τον τρόπο στεγανοποιήσεως αποφεύγεται η ανάμειξη του φορτίου με το υδραυλικό λάδι λειτουργίας.

Ο έλεγχος για τυχόν διαρροή λαδιού επιτυγχάνεται με παροχή αέρα με πίεση στο εσωτερικό του σωλήνα στεγανοποίησης, η κατάθλιψη του οποίου πραγματοποιείται μέσω σωλήνα μικρής διαμέτρου, που καταλήγει σε ένα δοχείο συλλογής των διαρροών στο κατάστρωμα κοντά στο σημείο εξαγωγής του σωλήνα καταθλίψεως. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με την μέτρηση της ποσότητας διαρροών που συγκεντρώνεται σε δεδομένο χρόνο λειτουργίας.

Πάνω από την πλάκα στηρίξεως του κατακόρυφου σωλήνα για την παροχή λαδιού λειτουργίας της αντλίας, είναι εγκατεστημένη η βαλβίδα παροχής του υδραυλικού λαδιού από την οποία ελέγχεται η ταχύτητα περιστροφής της αντλίας. Το υγρό από το σπειροειδές κέλυφος της αντλίας καταθλίβεται μέσω ενός σωλήνα παράλληλα εγκατεστημένου με το σωλήνα παροχής και επιστροφών λαδιού λειτουργίας. Ο σωλήνας καταθλίψεως φτάνει έως το κατάστρωμα, όπου είναι εγκατεστημένο το επιστόμιο για τον έλεγχο της ροής προς το δίκτυο εκφορτώσεως του πλοίου.

Για την αποστράγγιση του κατακόρυφου σωλήνα καταθλίψεως με την ολοκλήρωση της εκφορτώσεως της δεξαμενής χρησιμοποιείται συμπιεσμένος αέρας ή αδρανές αέριο. Η παροχή του αέρα ή του αερίου, πραγματοποιείται και με το επιστόμιο καταθλίψεως κλειστό από κατάλληλα εγκατεστημένο σύνδεσμο στο άνω άκρο του σωλήνα στο κατάστρωμα. Η αποστράγγιση πραγματοποιείται μέσω του παρακαμπτήριου σωλήνα μικρής διαμέτρου που το ένα άκρο του συνδέεται στο κάτω μέρος του σωλήνα καταθλίψεως, ενώ το άλλο μετά το επιστόμιο της καταθλίψεως. Επειδή στην αναρρόφηση των βυθιζόμενων αντλιών δεν υπάρχει εγκατεστημένη ανεπίστροφη βαλβίδα, η διεργασία αποστραγγίσεως του σωλήνα καταθλίψεως πρέπει να πραγματοποιείται πριν τη διακοπή λειτουργίας της αντλίας.



(Απεικόνιση αντλίας φορτίου Framo στα διάφορα στάδια λειτουργίας της) (Σχ. 13)

(Πηγή: <https://www.framo.com/cargo-pumping-systems/cargo-pumping/safe-operation/>)

Η σύνδεση της αντλίας στο κάτω μέρος του σωλήνα, πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να απομακρυνθεί με ευκολία σε περίπτωση βλάβης ή για επισκευή, χωρίς να απαιτείται η αποσυναρμολόγηση του σωλήνα παροχής υδραυλικού λαδιού και του σωλήνα καταθλίψεως.

Επίσης, στα πλοία με βυθιζόμενες αντλίες όταν η κύρια αντλία της δεξαμενής βρίσκεται εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης, υπάρχουν διαθέσιμες μία ή δύο φορητές υδραυλικές βυθιζόμενες αντλίες οι οποίες εισάγονται από κατάλληλο άνοιγμα του καταστρώματος στη δεξαμενή (με τη χρήση ενός τρίποδου ή βαρούλκου) για την άντληση του φορτίου.

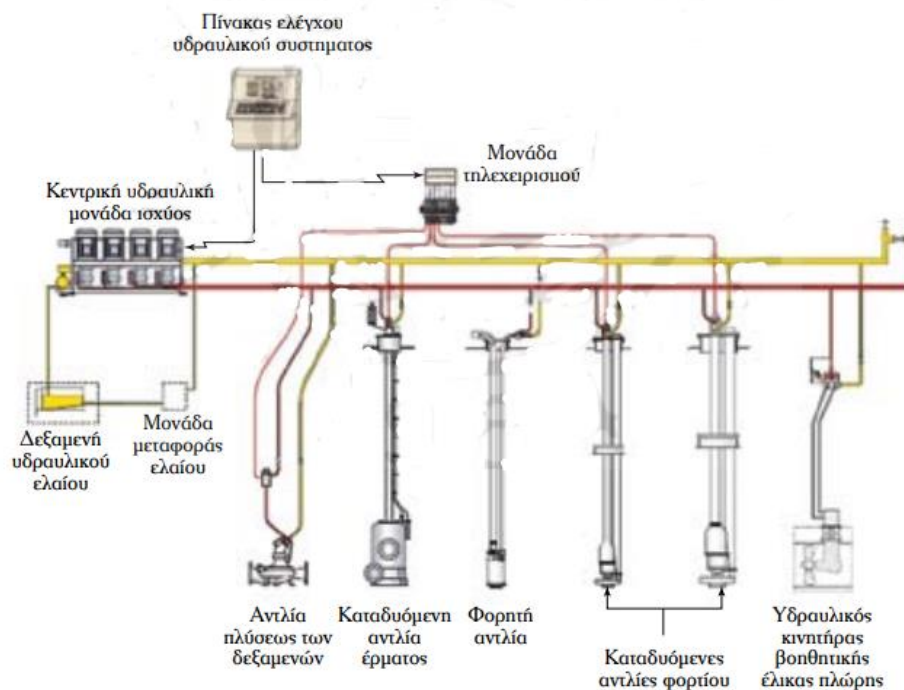
Το υδραυλικό λάδι για τη λειτουργία καθώς και ο σωλήνας καταθλίψεως του φορτίου που συνδέεται στο δίκτυο, είναι ειδικοί εύκαμπτοι σωλήνες που διατίθενται στον εξοπλισμό του πλοίου. Λόγω της ελλείψεως ανεπίστροφης βαλβίδας στην αναρρόφηση της αντλίας το δίκτυο καταθλίψεως της αντλίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη φόρτωση των δεξαμενών. Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητο να υπάρχει μία διάταξη στην αντλία που να συγκρατεί το στροφείο, ώστε να μην περιστρέφεται ανάποδα. Παράλληλα, η ταχύτητα φορτώσεως μειώνεται λόγω των εμποδίων (αντιστάσεων) στη ροή που οφείλονται στο στροφείο.

Όταν οι βυθιζόμενες αντλίες χρησιμοποιούνται για την διαχείριση του έρματος, εγκαθίστανται συνήθως μία ή δύο αντλίες κατάλληλα διατεταγμένες στο δίκτυο προς την πρύμνη. Από το σημείο όπου είναι εγκατεστημένη η αντλία αναπτύσσεται το δίκτυο του έρματος για τις υπόλοιπες δεξαμενές.

Η λειτουργία της αντλίας διαχείρισης έρματος είναι όμοια με τις αντλίες φορτίου, με τη διαφορά ότι στις αντλίες αυτές το στροφείο σχεδιάζεται για την διαχείριση νερού και πρέπει να είναι πάντα βυθισμένο μέσα σε αυτό ώστε να διευκολύνεται η αρχική αναρρόφηση.

Ο υδραυλικός κινητήρας παρέχει έναν απομακρυσμένο και τοπικό έλεγχο χωρητικότητας μέσω της βαλβίδας ελέγχου ροπής ταχύτητας Speed Torque Control (StC) στην ανώτερη πλάκα της αντλίας. Είναι αδύνατη η υπερφόρτωση ή η υπερβολική ταχύτητα της αντλίας. Η βαλβίδα STC ρυθμίζει αυτόματα την πίεση και τη ροή του υδραυλικού λαδιού στον υδραυλικό κινητήρα σύμφωνα με την κατάσταση εκφόρτωσης.

Ο σχεδιασμός της αντλίας επιτρέπει τη λειτουργία με ένα ελάχιστο φορτίο στη δεξαμενή που εξοικονομεί χρόνο που αφιερώνεται για την αποστράγγιση και τον καθαρισμό της δεξαμενής.



(Διάταξη Συστήματος αντλήσεως Framo) (Σχ. 14)

(Πηγή: Ι. Κ. Δάγκινης, Α. Ι. Γλόκας, Βοηθητικά Μηχανήματα Πλοίων, εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου 2017)

5 Αντλίες

5.1 Γενικά στοιχεία

Αντλίες (pumps) ονομάζονται τα μηχανήματα τα οποία καταναλώνοντας μηχανικό έργο, πραγματοποιούν τη μεταφορά ενός υγρού από έναν χώρο σε άλλο μέσω

κατάλληλου δικτύου σωληνώσεων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται άντληση (pumping), ενώ το σύστημα που αναπτύσσεται ονομάζεται σύστημα αντλήσεως (pumping system). Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της αντλήσεως πρέπει να πραγματοποιείται αναρρόφηση (suction) από τον ένα χώρο και κατάθλιψη (discharge) στον άλλο.

Η τοποθέτηση των αντλιών πραγματοποιείται μεταξύ των σημείων παραλαβής και αποστολής του υγρού, και η μεταφορά του οφείλεται στη δημιουργία διαφοράς πίεσεως στις δυο πλευρές του κινουμένου στοιχείου της αντλίας (έμβολο ή περιστρεφόμενος δρομέας).

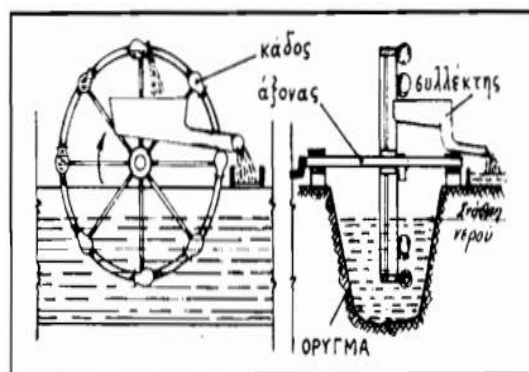
Ονομάζονται και εργομηχανές επειδή μετατρέπουν το μηχανικό έργο σε κινητική ενέργεια. Σύμφωνα με το νόμο της υδροδυναμικής / Bernoulli έχουμε: $\rho e + (\gamma x v^2 / 2 x g) + (\gamma x h) = c$ σταθερό όπου: ρe : η πίεση ενός υγρού γ : ειδικό βάρος του υγρού v : ταχύτητα του υγρού g : επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/sec²) h : ύψος στήλης. Από την παραπάνω σχέση μπορούμε να συμπεράνουμε ότι: κατά μήκος μιας φλέβας ή ενός αγωγού που διέρχεται το υγρό το άθροισμα της εξωτερικής πίεσης, της δυναμικής πίεσης και της υδροστατικής πίεσης είναι σταθερό. Αυτό αποτελεί και το νόμο της υδροδυναμικής που δεν είναι άλλο από την εφαρμογή διατήρησης της ενέργειας από τα υγρά.

Ένα συμπέρασμα με άμεση εφαρμογή στα συστήματα άντλησης και σωληνώσεων είναι ότι με την αύξηση της ταχύτητας έχουμε μείωση της πίεσης, ενώ με μείωση της ταχύτητας έχουμε αύξηση της πίεσης. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια άντλησης με σταθερή μεγάλη ροή μέσα από σωληνώσεις κλείνουμε κανονικά και γρήγορα με ένα επιστόμιο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απότομη μείωση της ταχύτητας αλλά ταυτόχρονα την απότομη αύξηση της πίεσης (μεγάλη κρούση στο επιστόμιο και στην επιφάνεια του σωλήνα).

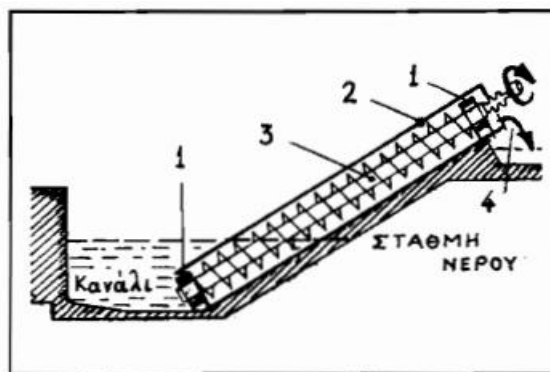
5.2 Η εξέλιξη των αντλιών

Η ιστορία των αντλιών ξεκινάει από την Αίγυπτο τον 17^ο αιώνα π.Χ. Χρησιμοποιούσαν αντλίες με ατέρμονη αλυσίδα που ανύψωναν το νερό από βάθος μέχρι 90 μέτρων. Στην αρχαία Ελλάδα τον 4^ο αιώνα π.Χ. , την εποχή του Αριστοτέλη, υπήρχαν σε χρήση πρωτόγονες αντλίες.

Παλινδρομικές αντλίες αναφέρεται ότι χρησιμοποιούσαν στην εποχή του Καίσαρα Αύγουστου. Γύρω στα 1712 ο Newcomen (Μεγ. Βρετανία) κατασκεύασε μια παλινδρομική αντλία για άντληση νερού από ένα ορυχείο. Η κίνηση της πραγματοποιούνταν από ένα ατμοκύλινδρο με συμπύκνωση ατμού που χρησιμοποιούσε την ατμοσφαιρική πίεση για εξάσκηση της απαραίτητης δύναμης στον διωστήρα. Ήταν το πρώτο βήμα στη χρήση του ατμού στη βιομηχανία.



Ανψωτικός τροχός με κάδους
(Σχ. 15)



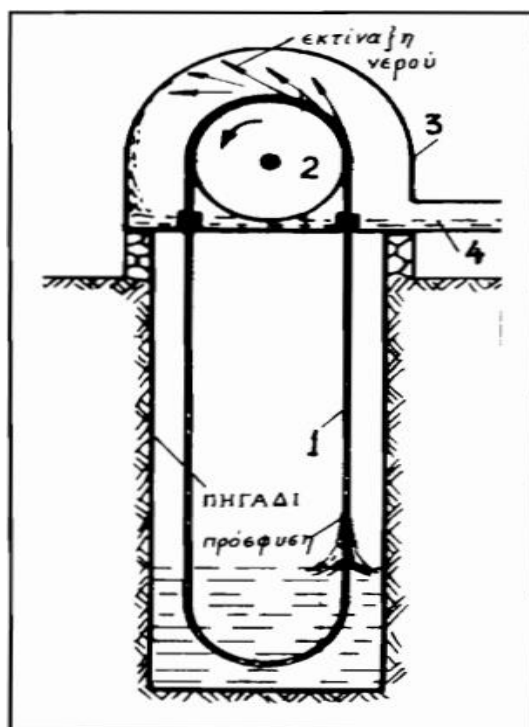
(1) έδρανα, (2) ημικυλινδρικός αγωγός,
(3) έλιξ, (4) εκροή νερού
Αντληση με ανοικτή έλικα

(Σχ. 16)

(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Ο εφευρέτης της φυγόκεντρης αντλίας δεν μπορεί να καθοριστεί με βεβαιότητα. Κάποια σχέδια του Leonardo Da Vinci χρονολογούμενα από τον 15^ο αιώνα μ.Χ. δείχνουν, πως η φυγόκεντρη δύναμη που δρα επάνω στο νερό που περιστρέφεται σε μια καμπύλη δίοδο μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ανυψώσει το νερό σε κάποιο συγκεκριμένο ύψος.

Η φυγόκεντρη αντλία πιθανόν ανακαλύφθηκε από τον Ιταλό Jordan του οποίου το σχέδιο της φυγόκεντρης αντλίας έγινε στο τέλος του 17^{ου} αιώνα μ.Χ. Άλλοι αναφέρουν σαν εφευρέτη της φυγόκεντρης αντλίας τον Γάλλο D. Papin που το 1867 περιέφρασε ένα τύπο αντλίας με αρχή λειτουργίας την ίδια με τις σημερινές φυγόκεντρες αντλίες.



Αντληση με πρόσφυση σε αερόμνη αλυσίδα.
(1) ειδική αλυσίδα (2) τροχαλία
(3) συλλέκτης (4) εκροή νερού

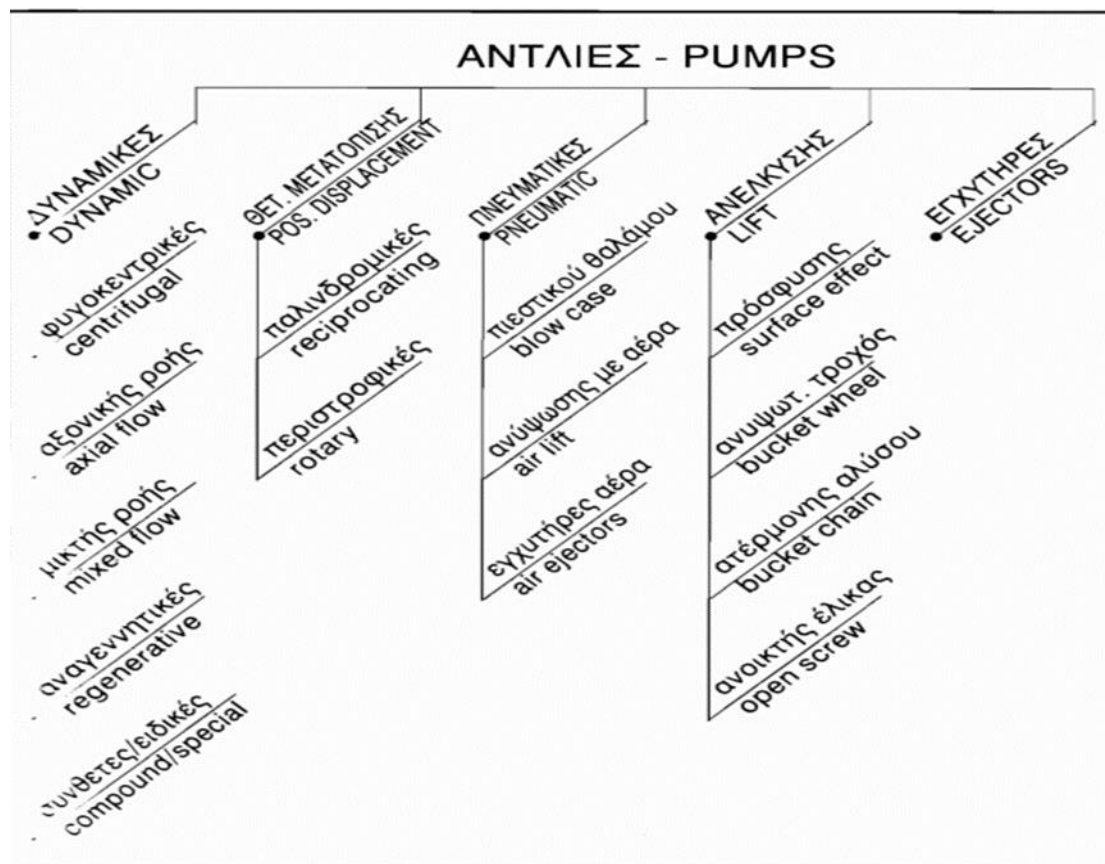
(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη) (Σχ. 17)

5.3 Τύποι και κατάταξη αντλιών

Η κατάταξη αντλιών μπορεί να γίνει με βάση:

- A) Την αρχή λειτουργίας τους
- B) Τη μορφή τους (κατασκευαστικές λεπτομέρειες)
- Γ) Τον αριθμό βαθμίδων τους
- Δ) Τη δυνατότητα αυτόματης αναρρόφησης
- E) Τον τρόπο εγκατάστασης
- Z) Τον τρόπο κίνησης
- H) Το είδος του αντλούμενου υγρού
- Θ) Τη συγκεκριμένη χρήση τους

Για κάθε κατάταξη αντλιών σύμφωνα με τους παραπάνω τρόπους προκύπτουν διάφορες υποκατηγορίες όταν συνδυασθούν δύο ή και περισσότεροι τρόποι κατάταξης. Κατ' αυτό τον τρόπο μία αντλία χαρακτηρίζεται όλο και μεγαλύτερη λεπτομέρεια: π.χ. Αντλία φυγοκεντρική, μονής εισόδου/κλειστής περωτής, μονοβάθμια, όχι αυτόματης αναρρόφησης, κατακόρυφη/επιφανείας, ηλεκτροκίνητη, για θαλασσινό νερό, ψύξης. Ο θεμελιώδης τρόπος κατάταξης στον οποίο στηρίζονται όλοι οι άλλοι τρόποι είναι ο Α τρόπος που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας.



(Κατηγοριοποίηση των διαφόρων τύπων των αντλιών) (Σχ. 18)

(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

5.4 Περιγραφή των διαφόρων τύπων αντλιών

5.4.1 Δυναμικές αντλίες

Η λειτουργία των δυναμικών αντλιών στηρίζεται στη μεταβολή της κινητικής κατάστασης του υγρού και τη μετατροπή της κινητικής του ενέργειας σε στατική πίεση.

Οι αντλίες αυτές έχουν μεγάλη διάδοση για τους παρακάτω λόγους:

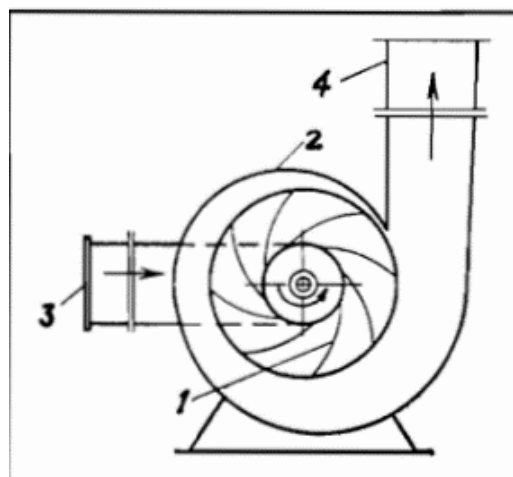
- α) Έχουν καλή απόδοση, μικρό όγκο και βάρος και συνδέονται εύκολα με διάφορους τύπους κινητήρων.

- β) Έχουν συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση (περιστροφική)
- γ) Η πίεση και η παροχή τους δεν παρουσιάζει περιοδική διακύμανση
- δ) Έχουν διάφορες δυνατότητες ρύθμισης της παροχής τους
- ε) Το κόστος αγοράς και λειτουργίας τους είναι χαμηλό
- ζ) Παρουσιάζουν ασφάλεια λειτουργίας γιατί έχουν μικρό αριθμό κινουμένων στοιχείων.

Φυγοκεντρικές αντλίες:

Η πτερωτή φέρει πτερύγια και περικλείεται μέσα σ' ένα περίβλημα (κέλυφος). Καθώς η πτερωτή περιστρέφεται από τον κινητήρα, το υγρό μετακινείται από τη φυγόκεντρη δύναμη από το κέντρο προς την περιφέρεια και εκτινάσσεται στο σπειροειδές περίβλημα για να οδηγηθεί στη συνέχεια στο σωλήνα κατάθλιψης.

Επειδή το υγρό μετακινείται από το κέντρο της πτερωτής προς την περιφέρεια η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται.



(Φυγόκεντρη αντλία) (Σχ.19)

- (1) Η πτερωτή (2) Περίβλημα (κέλυφος) (3) Σωλήνας Αναρρόφησης (4) Σωλήνας κατάθλιψης

(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

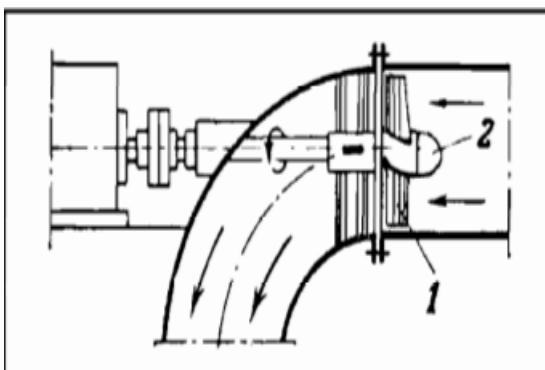
Νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από τον σωλήνα αναρρόφησης προς το σημείο χαμηλής πίεσης δηλαδή το κέντρο της πτερωτής. Έτσι δημιουργείται μια σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.

Το σπειροειδές κέλυφος έχει μια σταθερά αυξανόμενη διατομή, έτσι ώστε καθώς το υγρό προχωρεί κατά μήκος του σπειροειδούς αγωγού η ταχύτητα του να ελαττώνεται. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας η ενέργεια του υγρού δεν χάνεται, η ελάττωση της κινητικής του ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της δυναμικής του ενέργειας (ενέργεια πίεσης), δηλαδή έχουμε αύξηση της πίεσης του υγρού.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες ονομάζονται μονοβάθμιες όταν έχουν μόνο μια πτερωτή, διβάθμιες όταν έχουν δύο πτερωτές κ.ο.κ. Υπάρχουν αντλίες που έχουν μέχρι και περισσότερες βαθμίδες σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Στις πολυβάθμιες αντλίες το υγρό ρέει διαδοχικά μέσα από τις βαθμίδες. Κάθε πτερωτή στη σειρά αυξάνει την πίεση του υγρού στην κατάθλιψη της αντλίας.

Αντλίες αξονικής ροής:

Τα πτερύγια της πτερωτής είναι στερεωμένα στην πλύμνη υπό γωνία ως προς το επίπεδο που περνάει από τον κεντρικό άξονα. Τα περιστρεφόμενα πτερύγια εξασκούν ώθηση στο υγρό που κινείται αξονικά, δηλ. κατά μήκος του άξονα της αντλίας. Επειδή η πτερωτή έχει σχήμα έλικας οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες.



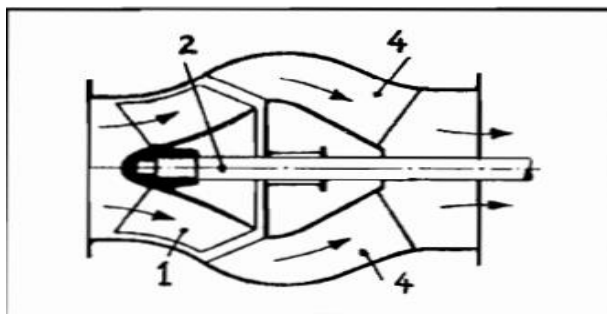
(Αντλία αξονικής ροής) (Σχ. 20)

(1) Πτερύγια Πτερωτής (2) Πλύμνη αντλίας

(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Αντλίες μικτής ροής: Η μορφή (και η λειτουργία) αυτών των αντλιών είναι ενδιάμεση ανάμεσα στις φυγόκεντρικές και στις αντλίες αξονικής ροής. Σ' αυτές η αύξηση της πίεσης του υγρού δημιουργείται κατά ένα μέρος από τη φυγόκεντρη δύναμη, η κατά το άλλο μέρος από την ώθηση των πτερυγίων. Τα πτερύγια είναι τοποθετημένα υπό γωνία ως προς τον άξονα περιστροφής.

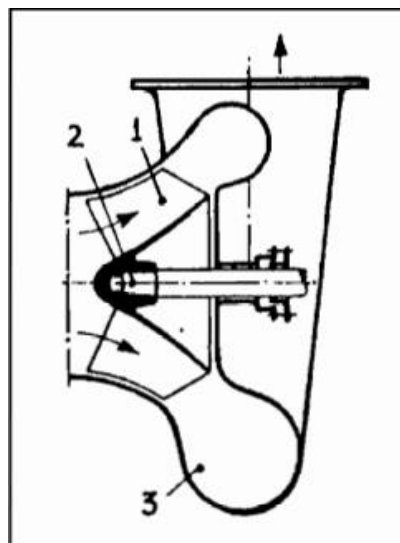
Το υγρό εισέρχεται αξονικά και εξέρχεται από την πτερωτή ταυτόχρονα αξονικά και ακτινικά. Όταν η έξοδος του υγρού από την αντλία γίνεται αξονικά μέσα από κατάλληλα σταθερά πτερύγια η αντλία λέγεται διαγώνια.



(Σχ. 21)

(Αντλίες μικτής ροής)

(1) Πτερύγια (2) Άξονας Περιστροφής
(4) Σταθερά Πτερύγια



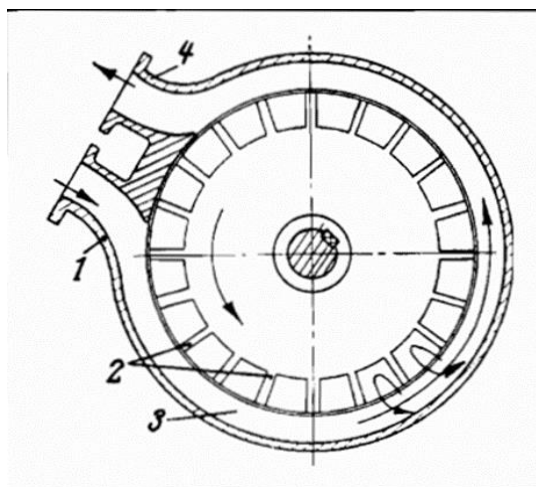
(Σχ. 22)

(1) Πτερύγια (2) Άξονας Περιστροφής
(3) Σπειροειδές Κέλυφος

(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Όταν υπάρχει σπειροειδές κέλυφος όπως στις φυγόκεντρες αντλίες και η έξοδος του υγρού από την αντλία γίνεται ακτινικά, η αντλία λέγεται ελικοειδής.

Αντλίες αναγεννητικές ή στροβιλαντλίες ή περιφερικές (peripheral) ή δινοαντλίες (vortex pumps): Το υγρό εισέρχεται από το στόμιο και έρχεται στην περιφέρεια μιας πτερωτής με ειδικά πτερύγια. Με την περιστροφή της πτερωτής προστίθεται ενέργεια στο υγρό καθώς αυτό κινείται όπως δείχνουν τα βέλη μέσα στο δακτυλιοειδές περίβλημα προς το στόμιο εξόδου.



(Αναγεννητική αντλία) (Σχ. 23)

(1) Στόμιο (2) Ειδικά Πτερύγια (3) Περίβλημα (4) Στόμιο Εξόδου

(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

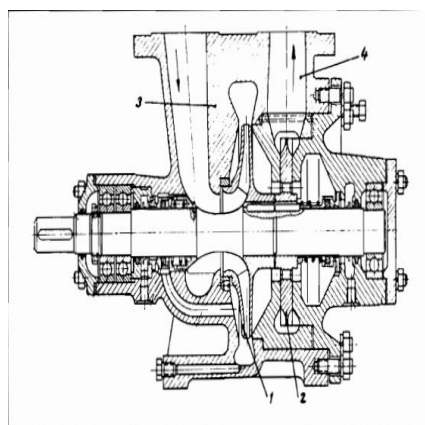
περιφέρεια της πτερωτής. Το υγρό διαγράφει ταυτόχρονα δύο περιστροφικές κινήσεις: Την κίνηση από και προς τα πτερύγια της πτερωτής και την κίνηση κατά μήκος του δακτυλιοειδούς κελύφους από την είσοδο προς την έξοδο της αντλίας.

Αντλίες σύνθετες και ειδικές:

Οι σύνθετες αντλίες αποτελούν συνδυασμό δύο τύπων δυναμικών αντλιών σε μια αντλία, για να επιτευχθούν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα.

Α) Συνδυασμός φυγοκεντρικής και αναγεννητικής αντλίας:

Το υγρό ρέει από την είσοδο του κελύφους προς την φυγοκεντρική πτερωτή. Εξερχόμενο από την φυγοκεντρική πτερωτή οδηγείται μέσα από κοχλιοειδή αγωγό του κελύφους στην αναρρόφηση της αναγεννητικής πτερωτής και στη συνέχεια καταθλίβεται μέσα από το στόμιο εξόδου.



(Συνδυασμός φυγοκεντρικής και αναγεννητικής αντλίας) (Σχ. 24)

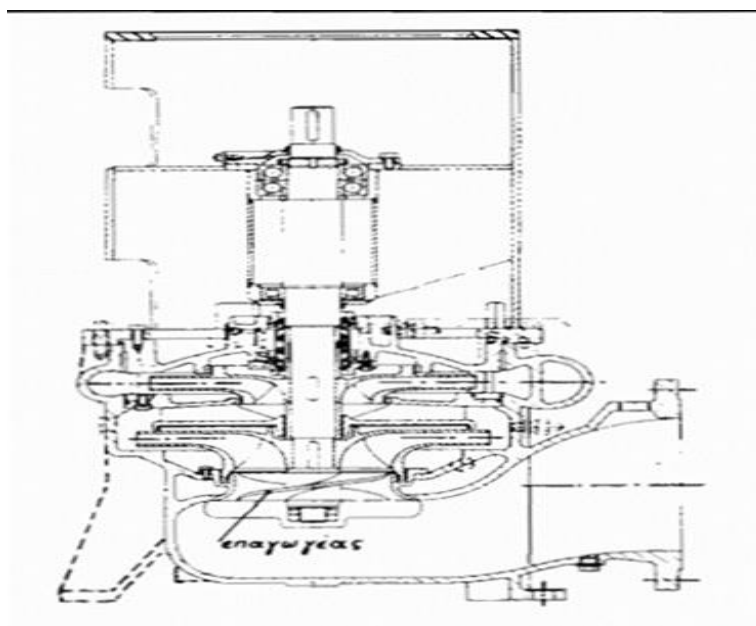
(1) Φυγοκεντρική Πτερωτή (2) Αναγεννητική Πτερωτή (3) Κέλυφος (4) Στόμιο Εξόδου

(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

B) Κατακόρυφη διβάθμια φυγοκεντρική αντλία:

Στην είσοδο της αντλίας αυτής είναι τοποθετημένη και κινείται από τον ίδιο άξονα μια πτερωτή αξονικής ροής με αποτέλεσμα να έχουμε μια σύνθετη αντλία.

Η πτερωτή αξονικής ροής ονομάζεται επαγωγέας (Inducer). Πολλές φορές για λόγους αυξημένης ακαμψίας και χαμηλού θορύβου ο επαγωγέας, η φυγοκεντρική πτερωτή και ο άξονας αποτελούν ένα τεμάχιο. Οι ειδικές αντλίες είναι δυναμικές αντλίες των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε κάποιο ιδιαίτερο φυσικό φαινόμενο. Τέτοιες είναι οι αντλίες περιστρεφόμενου κελύφους (ή αντλίες pilot), οι δισκοαντλίες (disc pumps), οι αντλίες περιδίνησης (vortex pumps).



(Κατακόρυφη διβάθμια φυγοκεντρική αντλία) (Σχ. 25)

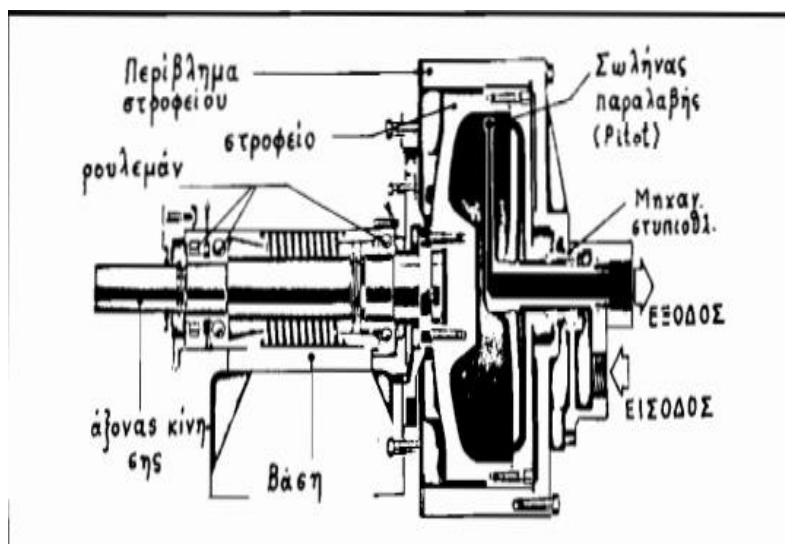
(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, *Αντλίες και Σωληνώσεις*, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Γ) Αντλία pilot:

Στην αντλία pilot το υγρό από το στόμιο εισόδου περνά σ' ένα περιστρεφόμενο κέλυφος όπου η φυγόκεντρη δύναμη το επιταχύνει.

Ένας σταθερός σωλήνας παραλαβής με το στόμιο του κοντά στην εσωτερική περιφέρεια του περιστρεφόμενου κελύφους (στροφείου), όπου η πίεση και η ταχύτητα έχουν τη μέγιστη τιμή τους, παραλαμβάνει το υγρό μετατρέποντας τη μεγάλη του ταχύτητα σε υψηλή πίεση.

Οι αντλίες αυτές αναπτύσσουν τετραπλάσια πίεση (μανομετρικό ύψος) από αντίστοιχες μονοβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες ίδιας ταχύτητας περιστροφής.



(Αντλία pilot) (Σχ. 26)

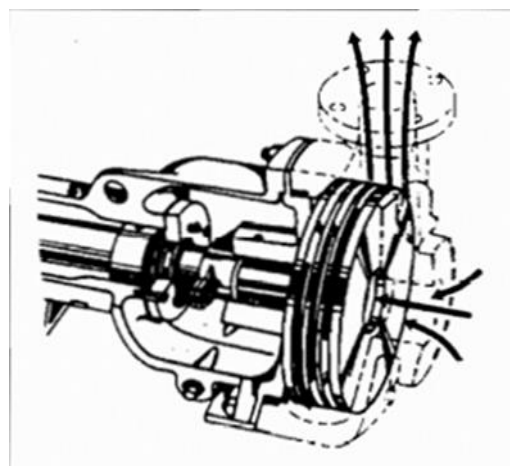
(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, *Αντλίες και Σωληνώσεις*, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Η λειτουργία των δισκοαντλιών στηρίζεται στα φαινόμενα επιφανειακής τάσης και συνεκτικότητας των υγρών.

Ο ρότορας των αντλιών αντί για πτερωτή έχει μια ομάδα από δίσκους σε μικρή απόσταση μεταξύ

τους. Επάνω σ' αυτούς προσκολλάται και στη συνέχεια εκτινάσσεται από τη φυγόκεντρη δύναμη το αντλούμενο υγρό.

Οι κατασκευαστές τους προβάλλουν ως πλεονεκτήματα την: ελάχιστη φθορά ρότορα, την ομαλή διακίνηση ευαίσθητων υγρών και τη δυνατότητα άντλησης παχύρευστων υγρών.



(Δισκοαντλία) (Σχ. 27)

(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, *Αντλίες και Σωληνώσεις*, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

5.4.2 Αντλίες θετικής μετατόπισης

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία είναι οι αντλίες θετικής μετατόπισης. Οι αντλίες αυτές παραλαμβάνουν το υγρό από τον σωλήνα αναρρόφησης και το μετατοπίζουν, το

εκτοπίζουν προς το σωλήνα κατάθλιψης με κάποιο κινούμενο στερεό σώμα (έμβολο, σύρτη, οδόντωση, διάφραγμα), που κινείται μέσα σε ειδικό περίβλημα.

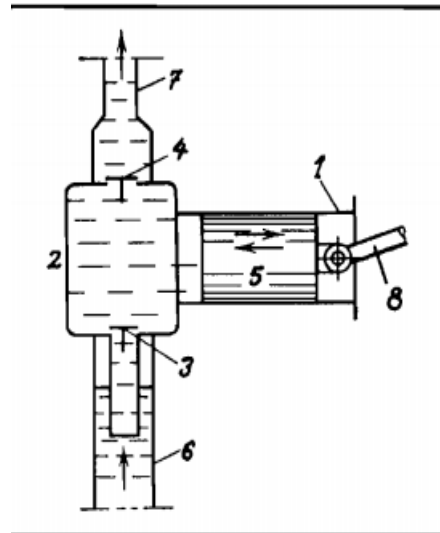
Το υγρό εξαναγκάζεται να μετατοπισθεί ανεξάρτητα από την υδραυλική αντίσταση των σωλήνων μεταφοράς του. Γι' αυτό και οι αντλίες της κατηγορίας αυτής ονομάζονται θετικής (positive) μετατόπισης. Διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους: Τις παλινδρομικές και τις περιστροφικές ανάλογα με το είδος κίνησης του κινούμενου στοιχείου.

Παλινδρομικές αντλίες:

Ο κύλινδρος συνδέεται με τον βαλβιδοθάλαμο στον οποίο υπάρχει η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα δεξιά μέσα στον κύλινδρο, κλείνει η βαλβίδα κατάθλιψης και ο θάλαμος γεμίζει με υγρό μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα αναρρόφησης.

Όταν το έμβολο κινείται προς τα αριστερά κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης, ανοίγει η βαλβίδα κατάθλιψης και το υγρό εκτοπίζεται προς το στόμιο εξόδου (κατάθλιψης). Το έμβολο κινείται παλινδρομικά από τον διωστήρα, που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα μέσω στρόφαλου.

Στις αντλίες αυτές η ταχύτητα του εμβόλου περιορίζεται από την αδράνεια και γι' αυτό δεν μπορούν να συνδεθούν άμεσα με ταχύστροφους ηλεκτροκινητήρες.



(Παλινδρομική αντλία) (Σχ. 28)

(1) Κύλινδρος (2) Βαλβιδοθάλαμος (3) Βαλβίδα Εισαγωγής (Αναρρόφησης) (4) Βαλβίδα Εξαγωγής (Κατάθλιψης) (5) Εσωτερικό κυλίνδρου (6) Περίβλημα (7) Στόμιο Εξόδου (Κατάθλιψης) (8) Διωστήρας

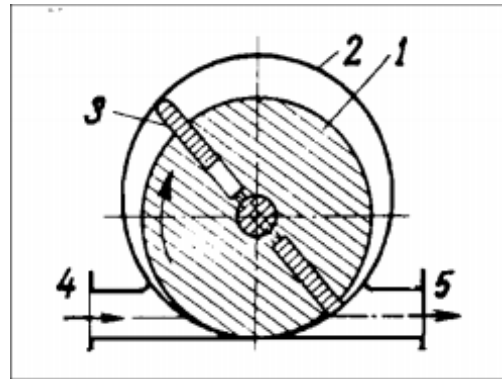
(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Επίσης η παροχή τους παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω της περιοδικής κίνησης του εμβόλου. Αντίθετα, οι περιστροφικές αντλίες μετατόπισης δεν έχουν αυτά τα μειονεκτήματα.

Περιστροφικές αντλίες μετατόπισης:

Γενικά χρησιμοποιούνται για μικρές παροχές και μέσες πιέσεις. Είναι ελαφρές και μικρού όγκου και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία τύπων.

Η αντλία με ολισθαίνουσες συρτές (sliding-gates) είναι ένας αντιπροσωπευτικός τύπος αυτής της κατηγορίας. Ο συμπαγής ρότορας με ακτινικές ενκοπές σταθερού πλάτους έχει μια έκκεντρη τοποθέτηση μέσα στο κέλυφος.



(Περιστροφική αντλία μετατόπισης) (Σχ. 29)

(1) Ρότορας (2) Κέλυφος (3) Σύρτες (4) Στόμιο Εισόδου (5) Στόμιο Εξόδου
(Πηγή: I. M. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

Ο άξονας του ρότορα βγαίνει έξω από το κέλυφος μέσα από στυπιοθλίπτη και συνδέεται με τον άξονα του κινητήρα.

Οι ενκοπές του ρότορα φέρουν ορθογωνικούς σύρτες που ωθούνται από το κέντρο προς την περιφέρεια από τη φυγόκεντρη δύναμη.

Καθώς ο ρότορας περιστρέφεται, οι σύρτες αναρροφούν υγρό από το στόμιο εισόδου και το καταθλίβουν μέσα από το στόμιο εξόδου.

Η αναρρόφηση επιτυγχάνεται γιατί ο όγκος του θαλάμου που βρόσκειται προς την πλευρά της αναρρόφησης αυξάνεται και γεμίζει με το υγρό. Αντίθετα ο όγκος αυτός μικραίνει όσο ο σύρτης προχωρεί προς την πλευρά της κατάθλιψης αυξάνοντας την πίεση του υγρού.

Ο τύπος της αντλίας αυτής είναι αναστρέψιμος, δηλαδή αν αλλάξει η φορά περιστροφής του στροφείου (ρότορα), τότε θα αναστραφεί η ροή του υγρού.

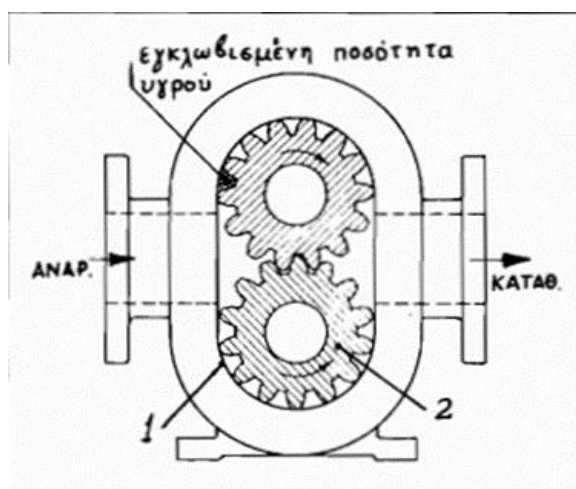
Το τόξο ανάμεσα στο τέλος του ανοίγματος αναρρόφησης στο κέλυφος και στην αρχή του ανοίγματος κατάθλιψης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη γωνία που σχηματίζουν δύο διαδοχικοί σύρτες. Έτσι θα υπάρχει πάντοτε μεταξύ των ανοιγμάτων ένας ή δύο σύρτες (στην πράξη οι σύρτες είναι συνήθως περισσότεροι από δύο) για να εξασφαλίζεται η στεγανότητα μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Γραναζωτές αντλίες:

Ένας άλλος εξίσου αντιπροσωπευτικός τύπος των περιστροφικών αντλιών είναι η γραναζωτή αντλία (gear pump). Το διάκενο μεταξύ του ωσειδούς περιβλήματος και των γραναζιών είναι πολύ μικρό.

Η κίνηση δίνεται στο ένα γρανάζι ενώ το άλλο παρασύρεται από το πρώτο. Το υγρό εγκλωβίζεται ανάμεσα στο περίβλημα και τα κενά των δοντιών και μετατοπίζεται προς την κατάθλιψη.

Τα δόντια που βρίσκονται συνεχώς σε επαφή εξασφαλίζουν τη στεγανότητα ανάμεσα στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη.



(Γραναζωτή αντλία) (Σχ. 30)

(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

(1) Ωοειδές Περίβλημα (2) Γρανάζια

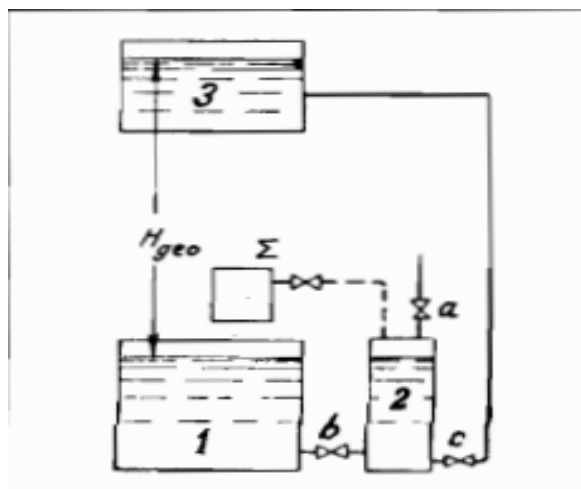
5.4.3 Πνευματικές αντλίες

Η τρίτη κατηγορία αντλιών (με βάση την αρχή λειτουργίας) είναι οι πνευματικές αντλίες. Ορίζουμε σαν πνευματικές αντλίες, τις αντλίες στις οποίες η ενέργεια μεταδίδεται στο υγρό από αέρα (ή κάποιο άλλο αέριο) που έρχεται σε άμεση επαφή με το υγρό. Διακρίνονται σε 3 κατηγορίες: πιεστικού θαλάμου, ανύψωσης με αέρα και εγχυτήρες αερίου.

Αντλίες πιεστικού θαλάμου (blow case):

Από τη δεξαμενή το υγρό ανυψώνεται με τη χρήση του αεροσυμπιεστή και του πιεστικού θαλάμου. Με τον αεροσυμπιεστή κλειστό και τις βαλβίδες ανοιχτές ο πιεστικός θάλαμος γεμίζει με υγρό από τη δεξαμενή.

Οι βαλβίδες κλείνονται και ξεκινά ο αεροσυμπιεστής. Η πίεση του αέρα που εξασκείται στην επιφάνεια του υγρού μέσα στον πιεστικό θάλαμο το καταθλίβει μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα στη δεξαμενή.



(Αντλία πιεστικού θαλάμου) (Σχ. 31)

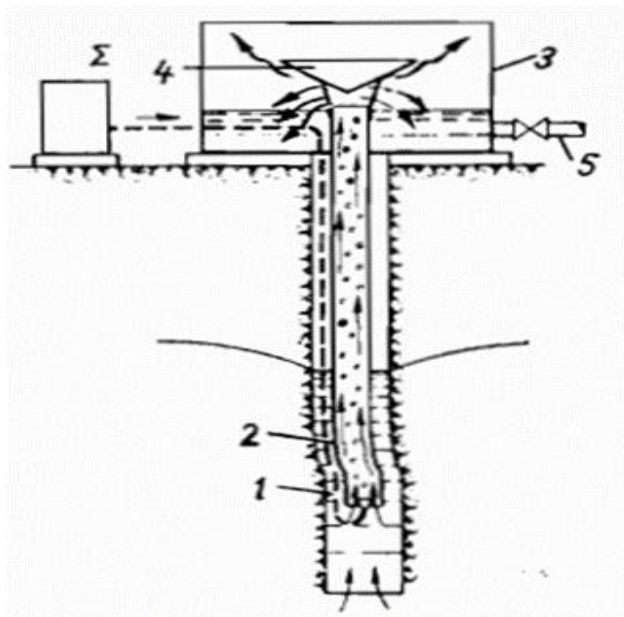
(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

(1) Δεξαμενή (a,b,c) Βαλβίδες (2) Πιεστικός Θάλαμος (3) Δεξαμενή (Σ) Αεροσυμπιεστής

Αντλίες ανύψωσης με αέρα (air lift): Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την άντληση νερού ή πετρελαίου από γεωτρήσεις μικρού βάθους, θερμών υπογείων νερών, ανύψωση διαβρωτικών υγρών. Στη γεώτρηση ο σωλήνας ανύψωσης νερού είναι κατεβασμένος μέσα στον εξωτερικό σωλήνα.

Αέρας από τον αεροσυμπιεστή φθάνει με πίεση στο κάτω άκρο του σωλήνα. Μέσα από ειδικά διαμορφωμένο στόμιο αναμιγνύεται με το νερό και σχηματίζεται ένα μίγμα νερού-αέρα μέσα στο σωλήνα ανύψωσης. Το μίγμα αυτό έχει μικρότερο ειδικό βάρος από το νερό που βρίσκεται εξωτερικά του σωλήνα.

Λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων η στήλη του μίγματος ανυψώνεται. Ο σωλήνας βυθίζεται σε τέτοιο βάθος κάτω από τη στάθμη του νερού, ώστε η στήλη του μίγματος να ανυψώνεται λίγο πιο πάνω από το άνω άκρο του σωλήνα. Καθώς το μίγμα χτυπά πάνω στον κώνο διαχωρίζεται ο αέρας από το νερό και το νερό συγκεντρώνεται στον συλλέκτη απ' όπου ρέει προς τον σωλήνα.



Αντλία ανυψώσεως με αερά (Σχ. 32)

(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

(1) Άκρο Σωλήνα (2) Σωλήνας Ανυψώσεως (νερού) (3) Συλλέκτης (4) Σημείο διαχωρισμού (αέρα-νερού) (5) Σωλήνας (Σ) Αεροσυμπιεστής

5.4.4 Εγχυτήρες

Εγχυτήρες (τζιφάρια):

Χρησιμοποιούνται για την αποστράγγιση των δεξαμενών με πολύ καλή απόδοση και βεβαίως και κατά το πλύσιμο των δεξαμενών. Δεν παθαίνουν ζημιές από σωματίδια που τυχόν υπάρχουν στα αντλούμενα υγρά, δεν χρειάζονται φίλτρα γιατί δεν παρατηρούνται ακαθαρσίες σε τέτοιου τύπου αντλίες.

Είναι ιδανικές για την αποστράγγιση γιατί μαζί με το υγρό φορτίο αναρροφούν και αέρα χωρίς να ξεπιάνουν. Δεν έχουν κινούμενα μέρη και επομένως δε χρειάζονται συντήρηση.

Στους εγχυτήρες η ενέργεια μεταδίδεται από ένα ρευστό (υγρό ή αέριο) που λέγεται κινητήριο ρευστό σε ένα άλλο ρευστο, το αντλούμενο ρευστό, που κατά τη λειτουργία του εγχυτήρα αναμιγνύεται με το κινητήριο. Αν το κινητήριο ρευστό είναι αέριο π.χ. (αέρας ή ατμός) ο εγχυτήρας λέγεται εγχυτήρας αερίου.

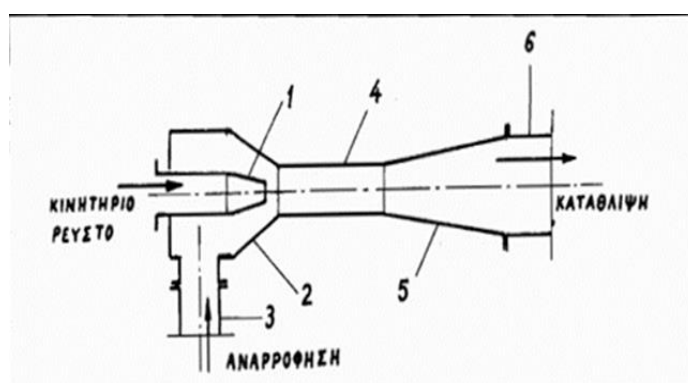
Επειδή εξ ορισμού οι αντλίες είναι διακινητές υγρών, για να ονομασθεί ένας εγχυτήρας «αντλία» πρέπει το αντλούμενο ρευστό να είναι υγρό.

Το κινητήριο ρευστό διοχετεύεται με πίεση μέσα από το ακροφύσιο. Η διατομή του ακροφυσίου ελαττώνεται κατά μήκος, οπότε η ταχύτητα ροής μέσα σε αυτό, όλο και αυξάνεται. Η κινητική ενέργεια του ρευστού το οποίο βγαίνει με μεγάλη ταχύτητα από το ακροφύσιο μεταδίδεται στα μόρια του αντλούμενου υγρού που το περιβάλλουν, τα οποία συμπαρασύρονται προς την έξοδο και έτσι δημιουργείται υποπίεση στον θάλαμο

αναρρόφησης. Η υποπίεση αυτή αναρροφά νέες ποσότητες αντλούμενου υγρού από τον σωλήνα αναρρόφησης.

Η μετάδοση της κινητικής ενέργειας από το κινητήριο ρευστό στο αντλούμενο γίνεται με τις δυνάμεις τριβής και ανταλλαγής της ορμής στην επιφάνεια της φλέβας του κινητήριου ρευστού. Η μετάδοση αυτή γίνεται στο θάλαμο ανάμιξης.

Στη συνέχεια το αποκλίνον ακροφύσιο του εγχυτήρα προκαλεί ελάττωση της ταχύτητας και μετατρέπει ένα μέρος της κινητικής ενέργειας σε δυναμική, δηλαδή αυξάνει την πίεση. Με αυξημένη την πίεση το μίγμα κινητήριου-αντλούμενου υγρού ρέει προς τον σωλήνα κατάθλιψης. Οι κύριες παράμετροι λειτουργίας ενός εγχυτήρα είναι η παροχή (m^3/h) και η πίεση (bar) του κινητήριου ρευστού, η πίεση στο στόμιο αναρρόφησης και η πίεση στο στόμιο κατάθλιψης του εγχυτήρα, και η παροχή του αντλούμενου υγρού.



(Εγχυτήρας κενού) (Σχ. 33)

(Πηγή: I. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη)

- (1) Ακροφύσιο (2) Θάλαμος Αναρρόφησης (3) Σωλήνας Αναρρόφησης (4)
Θάλαμος Ανάμιξης (5) Ακροφύσιο (6) Σωλήνας Κατάθλιψης

6 Ανάλυση των αντλιών στα δεξαμενόπλοια

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνταν μέχρι το 1950 ήταν κυρίως παλινδρομικές και σπάνια είχαν δυνατότητα παροχής φορτίου σε ποσότητα μεγαλύτερη των 500 τον. την ώρα. Από την εποχή του πολέμου και μετά αναπτύχθηκαν οι πολύ πιο αποδοτικές κεντρόφυγες αντλίες που η απόδοσή τους στα ULCC φθάνει πάνω από 8000 t/h.

Σαν γενικός κανόνας υπολογίζεται ότι η απόδοση των αντλιών πρέπει να είναι τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί η εκφόρτωση ολόκληρης της ποσότητας του φορτίου μέσα σε 12 ώρες. Οι κυριότεροι τύποι των αντλιών που συναντούμε σήμερα στα δεξαμενόπλοια είναι οι παλινδρομικές, οι κεντρόφυγες, οι περιστροφικές, οι εγχυτήρες, οι κοχλιωτές, οι υποβρύχιες, οι καταδυόμενες.

6.1 Παλινδρομικές αντλίες (reciprocating pumps)

Είναι απλές, ισχυρές και έχουν την ικανότητα αποστράγγισης των δεξαμενών, που είναι σημαντικό πλεονέκτημα. Μειονεκτούν όμως στην ταχύτητα εκφόρτωσης και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τώρα μόνο σε ειδικά παχύρρευστα φορτία ή σαν βοηθητικές για την αποστράγγιση των δεξαμενών, που δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί από τις κύριες αντλίες του πλοίου (τις φυγοκεντρικές).

Επίσης ανάλογα με το σύστημα που υπάρχει στο κάθε πλοίο είναι δυνατόν να βοηθήσουν τις φυγοκεντρικές αντλίες στο τελικό στάδιο της εκφόρτωσης, όταν η στάθμη του φορτίου στις τελευταίες δεξαμενές βρίσκεται σε χαμηλό ύψος και οι φυγοκεντρικές αντλίες "ξεπιάνουν". Τέλος χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις και για την παροχή νερού ή αέρα στις γραμμές του φορτίου για τον καθαρισμό τους, μετά το τέλος της εκφόρτωσης.

Οι αντλίες αυτές κινούνται με ατμό και είναι είτε απλού (simplex) ή διπλού (duplex) τύπου (στις οποίες όταν αναρροφά φορτίο ένα υδρέμβολο, καταθλίβει φορτίο το άλλο) οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα. Ο τελευταίος τύπος πλεονεκτεί στα δεξαμενόπλοια, καθώς για την εγκατάσταση της αντλίας απαιτείται σημαντικά μικρότερη έκταση στον περιορισμένο χώρο του αντλιοστασίου

Η αντλία αποτελείται από ατμέμβολα που κινεί ο ατμός παλινδρομικά μέσα στους ατμοκυλίνδρους. Στη διαδρομή αναρρόφησης, το υδρέμβολο δημιουργεί κενό στη γραμμή αναρρόφησης του φορτίου και το φορτίο αναρροφάται και εισάγεται μέσα στον υδροκύλινδρο. Στη διαδρομή κατάθλιψης, το υδρέμβολο πιέζει το υγρό φορτίο και τα βγάζει από τις βαλβίδες κατάθλιψης, δημιουργώντας παράλληλα πίεση αντίθλιψης στη γραμμή κατάθλιψης του φορτίου.

Κάθε αντλία είναι εφοδιασμένη με τρία μανόμετρα. Το ένα δείχνει την πίεση του ατμού που κινεί την αντλία, το άλλο την πίεση στη γραμμή κατάθλιψης του φορτίου και το τρίτο το κενό ή την πίεση που υπάρχει στη γραμμή αναρρόφησης του φορτίου.

Οι μεγάλες ατμοκίνητες παλινδρομικές αντλίες έχουν σχεδιαστεί για να δίνουν μέγιστη απόδοση στην ταχύτητα 30-32 διαδρομών του εμβόλου. Δε θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια αύξησης της ταχύτητας από αυτή που συνιστά ο κατασκευαστής της αντλίας, γιατί αυτό μπορεί να προξενήσει ζημιά στην αντλία.

Όταν η γραμμή αναρρόφησης είναι γεμάτη από φορτίο, η αντλία έχει τη μέγιστη απόδοση στις κινήσεις αυτές. Όταν η στάθμη του φορτίου στη δεξαμενή πέσει χαμηλά και η αντλία αναρροφά με κενό (στη γραμμή αναρρόφησης) η ποσότητα του υγρού φορτίου που περνά απ' την αντλία είναι ελαττωμένη, που σημαίνει μικρότερη ποσότητα παροχής φορτίου και σαν συνέπεια πτώση της πίεσης στη γραμμή κατάθλιψης. Στο σημείο αυτό η αντλία αυξάνει αυτόματα την ταχύτητα της εφ' όσον υπάρχει η ίδια κινητήρια δύναμη (παροχή ατμού) ενώ καλείται να αναρροφήσει λιγότερο διαθέσιμο φορτίο (υγρό). Τότε θα πρέπει η ταχύτητα της να ελαττώνεται ανάλογα με μείωση της παροχής ατμού.

Η παλινδρομική αντλία έχει βελτιωμένη απόδοση και λιγότερους κραδασμούς όταν τραβάει από ανεξάρτητη δική της γραμμή (από την οποία δεν τραβάει και άλλη αντλία)

και το καταθλίβει πάλι σε ανεξάρτητη γραμμή (που δεν καταθλίβουν φορτίο και άλλες αντλίες). Αυτό έχει και σαν αποτέλεσμα σημαντική μείωση της φθοράς της.

Εάν υπάρξει περίπτωση μικρής ποσότητας φορτίου στη δεξαμενή στο τελικό στάδιο της εκφόρτωσης και μεγάλης πίεσης στη γραμμή κατάθλιψης, που καθιστά αδύνατη ή πολύ δύσκολη την εκφόρτωση του, αυτό ίσως θα μπορέσει να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση δυο παλινδρομικών αντλιών, από τις οποίες η πρώτη θα αναρροφά φορτίο από τη δεξαμενή του πλοίου και θα το καταθλίβει στη γραμμή αναρρόφησης της άλλης. Η δεύτερη αντλία, έχοντας τη γραμμή αναρρόφησης της γεμάτη φορτίο και με θετική πίεση, θα έχει την πιθανότητα να εκφορτώσει το φορτίο στην ξηρά.

Η διευθέτηση αυτής της εκφόρτωσης ονομάζεται εν σειρά (pumps in series). Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι παλινδρομικές αντλίες για τη φόρτωση έρματος σε ποτάμια που έχουν λασπωμένα νερά, γιατί προξενείται σημαντική φθορά σ' αυτές.

Στις περιοχές αυτές θα πρέπει το έρμα να φορτώνεται με τη βαρύτητα και αργότερα, όταν το πλοίο φύγει από την περιοχή αυτή να συμπληρώνεται με τις αντλίες.

Οι συχνότερες ανωμαλίες που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία των παλινδρομικών αντλιών:

A) Μη παροχή φορτίου:

- Δεν υπάρχει υγρό φορτίο μέσα στην αντλία (η αντλία έχει ξεπιάσει). Πρέπει η αντλία να πληρωθεί με φορτίο από γεμάτη δεξαμενή, μέχρι να αποκατασταθεί η λειτουργία της.
- Η ταχύτητα παλινδρομήσεων των εμβόλων δεν είναι κανονική.
- Η πίεση κατάθλιψης είναι πολύ μεγάλη.
- Υπάρχει πολύ μεγάλο κενό στη γραμμή αναρρόφησης.
- Τα παρεμβύσματα (σαλαμάστρες) του υδρεμβόλου είναι φθαρμένα.
- Οι βαλβίδες μέσα στην αντλία δεν εφαρμόζουν στεγανά.
- Από λανθασμένη διάταξη επιστομίων στις γραμμές φορτίου, το φορτίο κυκλοφορεί από τη γραμμή κατάθλιψης προς τη γραμμή αναρρόφησης, γίνεται δηλαδή επανακυκλοφορία (recirculation) του φορτίου.

B) Περιορισμένη παροχή φορτίου:

- Εισαγωγή αέρα στη γραμμή της αναρρόφησης (π.χ. από ρωγμή στο σωλήνα ή από το κουτί αναρρόφησης).
- Εισαγωγή αέρα στην αντλία από τα κολάρα της αντλίας.
- Η θερμοκρασία του φορτίου είναι πολύ υψηλή.
- Είναι πολύ περιορισμένο το άνοιγμα του επιστομίου αναρρόφησης.
- Υπάρχουν ακαθαρσίες γύρω από την αναρρόφηση της δεξαμενής που περιορίζει την ελεύθερη είσοδο του φορτίου στην αναρρόφηση.

Δεξαμενόπλοια – Με ή χωρίς αντλιοστάσιο – Είδη αντλιών για εκφόρτωση

- Υπάρχουν ακαθαρσίες στο φίλτρο της γραμμής αναρρόφησης που περιορίζουν τη διέλευση του υγρού φορτίου.

Γ) Μη επαρκής πίεση φορτίου στις γραμμές κατάθλιψης:

- Περιορισμένος αριθμός παλινδρομήσεων των εμβόλων.
- Υπάρχει αέρας μέσα στο υγρό φορτίο.
- Χαμηλή πίεση ατμού.
- Δημιουργία αντίθλιψης στην εξαγωγή ατμού.
- Ελατήρια εμβόλων ατμού φθαρμένα.
- Παρεμβύσματα υδρεμβόλων πολύ σφικτά.
- Ελατήρια υδρεμβόλων δε στεγανοποιούν (είτε τα ελατήρια είναι φθαρμένα ή το χιτώνιο του κυλίνδρου φθαρμένο).
- Κακή ρύθμιση ατμοσύρτη.

Δ) Κραδασμοί της αντλίας:

- Κακή ζυγοστάθμιση της αντλίας.
- Η βάση της αντλίας δεν είναι αρκετά στερεωμένη.
- Τα παρεμβύσματα του υδρεμβόλου είναι πολύ σφικτά.

Ε) Χτυπήματα στο ατμοκύλινδρο:

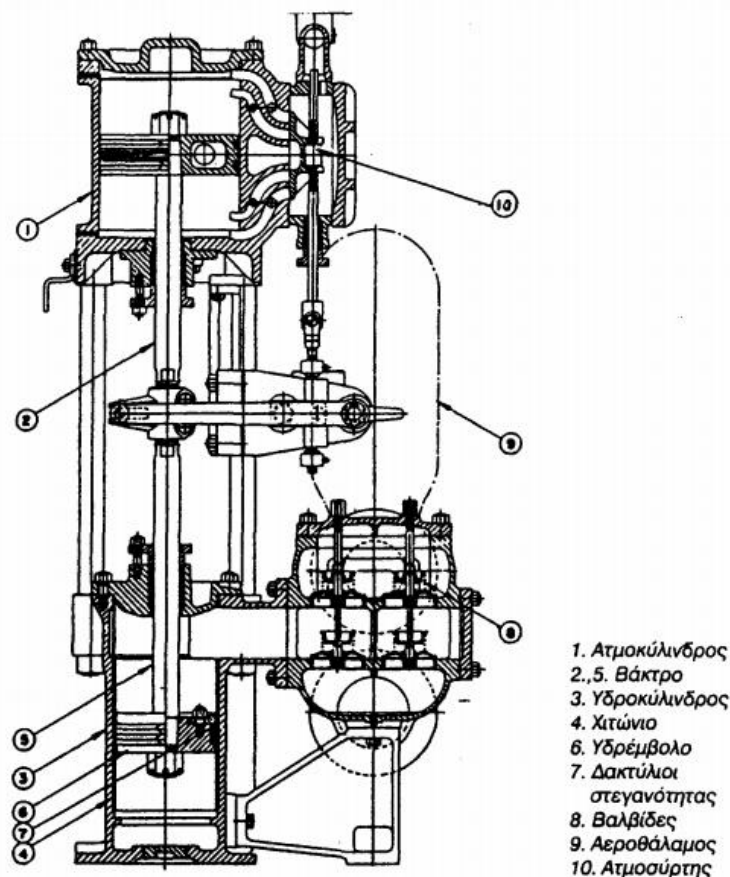
- Προκαλούνται από υγρά που υπάρχουν στον ατμοκύλινδρο.

Στ) Χτυπήματα στην αντλία:

- Προκαλούνται από μεγάλη πίεση του υγρού στην αναρρόφηση. Αυτά αποφεύγονται με την τοποθέτηση ισχυρότερων ελατηρίων στις βαλβίδες αναρρόφησης ή και με περιορισμό του ανοίγματος του επιστομίου αναρρόφησης που είναι δίπλα στην αντλία.

Ζ) Πήδημα των εμβόλων κατά την έναρξη κάθε εμβολισμού:

- Οφείλεται στην εισαγωγή αέρα στην αντλία από τη γραμμή αναρρόφησης.



(Παλινδρομική αντλία) (Σχ. 34)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις Ε. Ν. Σταυριδάκη)

6.2 Φυγοκεντρικές αντλίες (centrifugal pumps)

Οι κεντρόφυγες αντλίες είναι ανώτερες από τις παλινδρομικές σε πολλά ουσιώδη σημεία.

- Παρέχουν περισσότερο φορτίο, σε λιγότερο χρόνο.
- Πιάνουν μικρότερο χώρο και είναι πιο εύκολες στην εγκατάσταση.
- Στοιχίζουν φθηνότερα.
- Είναι πιο αξιόπιστες και θέλουν λιγότερη συντήρηση.
- Παρέχουν το φορτίο με σταθερή ροή και όχι με αυξομειούμενη ένταση.
- Δημιουργούν μικρότερο θόρυβο και λιγότερους κραδασμούς.
- Λόγω του ότι είναι τοποθετημένες στο πρυμναίο αντλιοστάσιο δίπλα στο μηχανοστάσιο, μπορούν να πάρουν κίνηση από πολλές πηγές του μηχανοστασίου που περιλαμβάνουν ατμοστροβίλους και ηλεκτρικούς κινητήρες.

Έχουν όμως ένα σημαντικό μειονέκτημα καθώς δεν έχουν τη δυνατότητα αναρρόφησης του φορτίου όταν η στάθμη του πέσει σε χαμηλότερο επίπεδο από την αντλία.

Αυτό αντιμετωπίζεται με την πρόβλεψη πριμοδότησης της κεντρόφυγος αντλίας με φορτίο από άλλη (παλινδρομική) αντλία και στα σύγχρονα πλοία με αυτόματα συστήματα πριμοδότησης. Η μηχανή που δίνει κίνηση στην αντλία ευρίσκεται στο μηχανοστάσιο και στρέφει την αντλία με τη βοήθεια ενός άξονα που διέρχεται από το μπουλμέ μεταξύ μηχανοστασίου και αντλιοστασίου μέσω ενός αεροστεγούς κολάρου. Με τον τρόπο αυτό, το μηχανήμα που δίνει την κίνηση είναι απομονωμένο από την ατμόσφαιρα του αντλιοστασίου που πιθανό να περιέχει κάποια στιγμή εκρηκτικά ή τοξικά αέρια.

Μέσα στην αντλία υπάρχουν ένα ή περισσότερα στροφεία που μετακινούν το υγρό από το κέντρο των στροφείων προς το σπειροειδές περίβλημα με τη φυγόκεντρη δύναμη που δημιουργείται κατά την περιστροφή τους για να οδηγηθεί στη συνέχεια το υγρό προς το σωλήνα κατάθλιψης. Νέα ποσότητα υγρού κινείται μέσα από το σωλήνα αναρρόφησης προς το σημείο χαμηλής πίεσης της αντλίας, δηλαδή προς το κέντρο του στροφείου και έτσι δημιουργείται μια σταθερή ροή από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη της αντλίας.

Το σπειροειδές κέλυφος της αντλίας έχει μια αυξανόμενη διατομή έτσι ώστε καθώς το υγρό προχωρεί κατά μήκος του σπειροειδούς αυτού αγωγού, η ταχύτητα του να ελαττώνεται.

Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, η ενέργεια του υγρού δεν χάνεται και η ελάττωση της κινητικής του ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της δυναμικής του ενέργειας (ενέργεια πίεσης) δηλαδή έχουμε αύξηση της πίεσης του υγρού στην πλευρά της κατάθλιψης.

Ο χειρισμός των κεντρόφυγων αντλιών μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Αν το κινητήριο μηχανήμα είναι ατμοστρόβιλος, η αντλία ξεκινά και σταματά με το χειρισμό των επιστομίων ατμού του ατμοστροβίλου, είτε από απόσταση από το σταθμό ελέγχου φορτίου ή από το μηχανοστάσιο.

Ο άξονας που μεταδίδει την κίνηση στην αντλία μπορεί να είναι οριζόντιος ή κάθετος. Στη δεύτερη περίπτωση το μηχανήμα που δίνει την κίνηση ευρίσκεται πάνω από το αντλιοστάσιο. Η ίδια διευθέτηση γίνεται και όταν το κινητήριο μηχανήμα είναι ηλεκτροκινητήρας. Ο κατακόρυφος άξονας πλεονεκτεί στο ότι αν υπάρξει διαρροή πετρελαίου μέσα στο αντλιοστάσιο από οποιαδήποτε αιτία, δεν υπάρχει κίνδυνος το πετρέλαιο αυτό να εισέλθει στο μηχανοστάσιο από το κολάρο του άξονα (που βρίσκεται στην περίπτωση του κατακόρυφου άξονα αρκετά ψηλά).

Οι ατμοστρόβιλοι χρησιμοποιούν υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσης. Η αυξομείωση των στροφών της κεντρόφυγης αντλίας πραγματοποιείται με κατάλληλο χειρισμό των επιστομίων ατμού του ατμοστροβίλου. Οι αντλίες αυτές είναι εφοδιασμένες με ρυθμιστές στροφών (governors) που εμποδίζουν την υπερβολική αύξηση των στροφών και καθιστούν τη λειτουργία τους ασφαλέστερη.

Αν το κινητήριο μηχάνημα είναι ηλεκτροκινητήρας αυτός είναι ειδικά σχεδιασμένος να ρυθμίζει τις στροφές του ανάλογα με το φορτίο της αντλίας. Υπάρχει και εδώ ασφαλιστική διάταξη (trip gear) για την προστασία του κινητήρα αν το φορτίο της αντλίας γίνει πολύ μεγάλο ή πέσει πολύ χαμηλά.

Η απόδοση της κεντρόφυγης αντλίας είναι ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής του στροφείου της. Ενδεχομένως όμως να παρουσιαστούν ανωμαλίες κατά τη λειτουργία των αντλιών όπως:

A) Αδυναμία παροχής φορτίου

- Δεν υπάρχει υγρό μέσα στην αντλία.
- Η ταχύτητα περιστροφής του στροφείου δεν είναι κανονική.
- Η πίεση κατάθλιψης του φορτίου είναι πολύ μεγάλη.
- Το κενό στη γραμμή αναρρόφησης είναι πολύ μεγάλο.
- Στην περίπτωση θερμού φορτίου δεν υπάρχει αρκετή πίεση στη γραμμή αναρρόφησης.
- Το στροφείο είναι φραγμένο.
- Είναι λανθασμένη η διεύθυνση περιστροφής της αντλίας.

B) Ανεπαρκής απόδοση

- Εισαγωγή αέρα στην αντλία από διαρροή στη γραμμή αναρρόφησης ή από τους στυπιοθλίπτες.
- Φθαρμένοι δακτύλιοι της αντλίας.
- Υπάρχει βλάβη στο στροφείο. (Αυτό μπορεί να συμβεί κατά τη μεταφορά ή τη συναρμολόγηση του ή όταν ξεκινήσει η αντλία χωρίς υγρό μέσα σ' αυτή).
- Ελαττωματικά παρεμβύσματα στο κέλυφος της αντλίας.

Γ) Ανεπαρκής πίεση

- Ταχύτητα περιστροφής του στροφείου περιορισμένη.
- Είσοδος αέρα μέσα στην αντλία.
- Ατμοποίηση φορτίου μέσα στην αντλία.
- Περιορισμένο το άνοιγμα του επιστομίου της γραμμής αναρρόφησης.
- Μηχανική βλάβη στο στροφείο ή στους δακτυλίους.

Δ) Ξέπιασμα της αντλίας

- Διαρροή στη γραμμή αναρρόφησης.
- Κενό στη γραμμή αναρρόφησης μεγάλο.

Δεξαμενόπλοια – Με ή χωρίς αντλιοστάσιο – Είδη αντλιών για εκφόρτωση

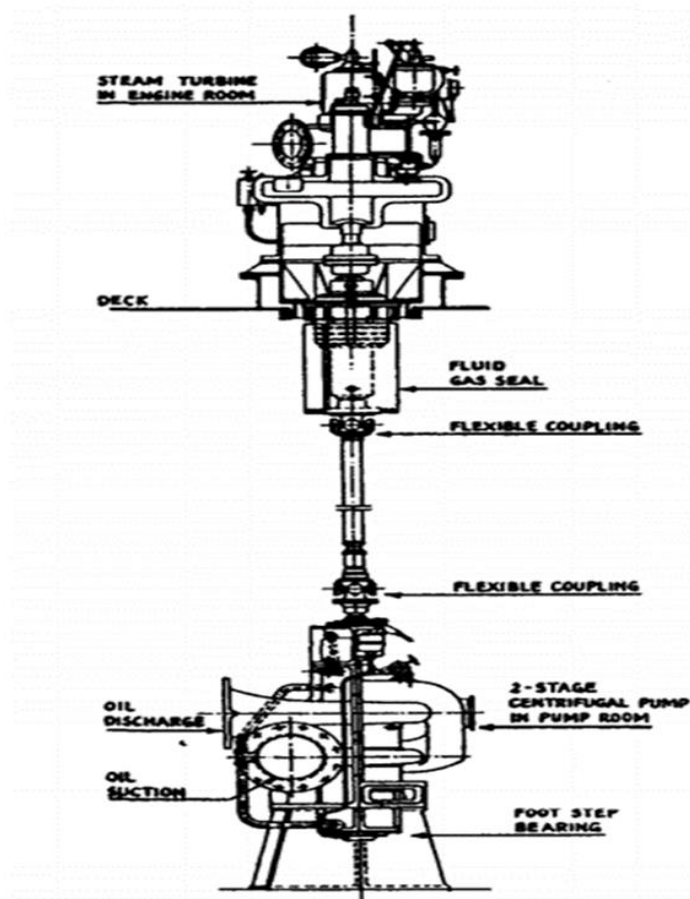
- Είσοδος αέρα μέσα στην αντλία.
- Ατμοποίηση φορτίου μέσα στην αντλία.

Ε) Υπερφόρτωση κινητήριου μηχανήματος (ατμοστροβίλου ή ηλεκτρικού κινητήρα)

- Μεγάλη ταχύτητα περιστροφής του στροφείου.
- Χαμηλή πίεση στη γραμμή κατάθλιψης. (Αυτό εξουδετερώνεται με τον περιορισμό του επιστομίου κατάθλιψης και με τον τρόπο αυτό δημιουργία τεχνητής πίεσης στη γραμμή).

Στ) Κραδασμοί στην αντλία

- Κακή ευθυγράμμιση της αντλίας.
- Η Βάση της αντλίας δεν είναι αρκετά στερεωμένη.
- Το στροφείο είναι λίγο φραγμένο με αποτέλεσμα την απώλεια της ζυγοστάθμισης.
- Τριβή ενός από τα περιστρεφόμενα εξαρτήματα.
- Φθαρμένα έδρανα (κουζινέτα).
- Στρέβλωση του άξονα της αντλίας.
- Εντάσεις που δημιουργούνται από κακή τοποθέτηση ή κακή στήριξη των σωληνώσεων που συνδέονται με την αντλία.



(Φυγοκεντρική αντλία) (Σχ. 35)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις E. N. Σταυριδάκη)

6.2.1 Τρόπος λειτουργίας και εκκίνηση των αντλιών

Η εκκίνηση της αντλίας πραγματοποιείται από το σταθμό ελέγχου φορτίου ή από το μηχανοστάσιο έπειτα από τηλεφωνική εντολή που δίνει ο Υποπλοίαρχος από το σταθμό ελέγχου φορτίου. Και στις δύο περιπτώσεις, η ρύθμιση στροφών των αντλιών καθώς και η κράτηση των αντλιών μπορεί να γίνει από το σταθμό ελέγχου.

Αμέσως πριν από την εκκίνηση της κάθε αντλίας πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι ο θάλαμος (casing) της αντλίας είναι γεμάτος με υγρό φορτίο και δεν περιέχει αέρα. Με το ξεκίνημα της αντλίας ανοίγεται βαθμιαία το επιστόμιο της γραμμής κατάθλιψης που βρίσκεται δίπλα στην αντλία και το άνοιγμα του επιστομίου κανονίζεται με τη βοήθεια του μανόμετρου πίεσης της γραμμής κατάθλιψης ώστε η πίεση αυτή να μην κατέρχεται κάτω από 50 p.s.i.

Τα επιστόμια αναρρόφησης και κατάθλιψης των αντλιών που δεν χρησιμοποιούνται πρέπει να παραμένουν κλειστά. Κατά την κράτηση της κάθε αντλίας κλείνεται πρώτα το επιστόμιο κατάθλιψης του φορτίου, γίνεται η κράτηση της αντλίας και ακολουθεί το κλείσιμο του επιστομίου της αναρρόφησης.

Κατά τη λειτουργία των αντλιών ελέγχεται συχνά η θερμοκρασία των εδράνων τους που δεν πρέπει να υπερβεί τα καθοριζόμενα από τον κατασκευαστή όρια. Ελέγχεται επίσης η καλή λίπανση των αντλιών.

6.3 Υποβρύχιες ή αυτοβυθιζόμενες αντλίες (deepwell pumps)

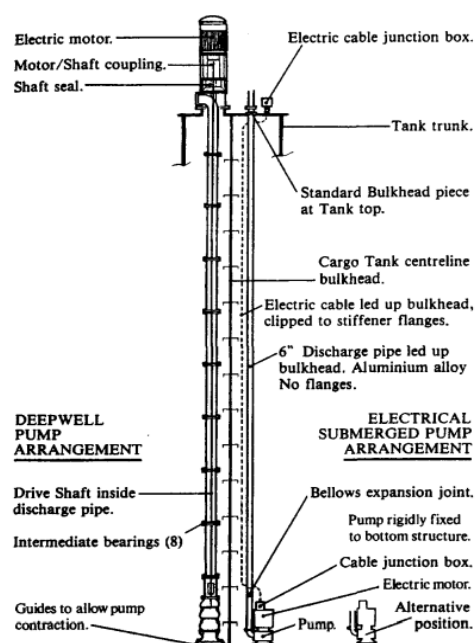
Λέγονται και αντλίες βαθιών φρεάτων. Χρησιμοποιούνται κυρίως στα πλοία μεταφοράς καθαρών προϊόντων πετρελαίου, χημικών φορτίων και στα υγραεριοφόρα.

Είναι διαφόρων τύπων: υψηλής πίεσης που εκφορτώνουν το φορτίο κατευθείαν στην ξηρά και χαμηλής πίεσης που απλά αναρροφούν το φορτίο μέχρι το κατάστρωμα από όπου ενισχυτές αντλίες (booster pumps) το εκφορτώνουν στην ξηρά.

Είναι κεντρόφυγες αντλίες, ειδικού σχεδιασμού, μόνιμα τοποθετημένες, μια σε κάθε δεξαμενή.

Το μηχάνημα που δίνει την κίνηση είναι τοποθετημένο στο κατάστρωμα και το στροφέιο ευρίσκεται στην άκρη ενός κατακόρυφου άξονα μεγάλου μήκους που φθάνει μέχρι τον πυθμένα της δεξαμενής.

Ο άξονας αυτός βρίσκεται στο εσωτερικό του σωλήνα εκφόρτωσης που μεταφέρει το φορτίο από το στροφέιο στη σωλήνωση φορτίου καταστρώματος. Με τη διεύθετηση αυτή γίνεται εκμετάλλευση των προτερημάτων (ταχύτητα, απόδοση) της κεντρόφυγης αντλίας ενώ περιορίζονται τα μειονεκτήματά της. Με την τοποθέτηση του στροφείου κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής μπορεί να εκφορτώσει σχεδόν όλο το φορτίο πριν να ξεπιάσει και δεν απαιτείται χωριστή διαδικασία αποστράγγισης.



(Υποβρύχια αντλία) (Σχ. 36)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασία στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις E. Ν. Σταυριδάκη)

Το σπουδαιότερο πλεονέκτημα των αντλιών αυτών, είναι πως ο διαχωρισμός των φορτίων είναι απόλυτος εφ' όσον μόνο μια αντλία χρησιμοποιείται σε κάθε δεξαμενή.

Οι αντλίες παίρνουν την κίνηση με αμοστροβίλο ή ηλεκτρικό ή υδραυλικό κινητήρα. Υπάρχουν και αντλίες που κινούνται με πεπιεσμένο αέρα που παρέχεται από κομπρεσέρ μόνιμα τοποθετημένο στο κατάστρωμα.

Αριστερά απεικονίζεται μια ηλεκτροκίνητη υποβρύχια (deepwell) αντλία με κατακόρυφο άξονα μετάδοσης της κίνησης και δεξιά είναι μια ηλεκτροκίνητη καταδύομηνη (submerged) αντλία.

6.4 Ηλεκτροκίνητες καταδύμενες αντλίες (electrical submerged pumps)

Καθώς το μέγεθος των πλοίων (κυρίως των υγραεριοφόρων) αυξάνεται, δημιουργούνται προβλήματα διαστολών και συναρμολόγησης του κινητήριου άξονα των υποβρύχιων αντλιών. Έτσι αντιμετωπίστηκε η ανάγκη χρησιμοποίησης καταδύμενων αντλιών ενιαίας μορφής (μαζί κινητήρας και αντλία) όπου δεν θα χρειάζεται ο χωριστός άξονας.

Οι πρώτες δοκιμές έγιναν το 1960 σε δεξαμενές LNG (υγροποιημένου φυσικού αερίου) ξηράς στην Καλιφόρνια. Μετά από επιτυχείς δοκιμές και την εμπιστοσύνη που αποκτήθηκε, έγιναν προτάσεις στους νηογνώμονες για την έγκριση της χρησιμοποίησης τους στα πλοία.

Μετά την αρχική αρνητική στάση που δημιουργούσε η σκέψη της παρουσίας ηλεκτροκινητήρων και ηλεκτρικών καλωδίων μέσα σε δεξαμενές γεμάτες από φορτία υδρογονανθράκων, επικράτησε τελικά η λογική της πρότασης, υποστηριζόμενης από σοβαρά επιχειρήματα, όπως η συνεχής απουσία οξυγόνου από τις δεξαμενές αυτές, οι βελτιωμένοι ηλεκτροκινητήρες και τα βελτιωμένα συστήματα προστασίας των καλωδίων (που είναι θωρακισμένα με πλέγμα χαλκού ή ανοξειδώτου χάλυβα και διέρχονται το κατάστρωμα και το κέλυφος του ηλεκτροκινητήρα μέσω ειδικών στεγανών παρεμβυσμάτων) και δόθηκε η απαιτούμενη έγκριση, αρχικά από το Bureau Veritas, στη συνέχεια από τα Lloyd's και μερικούς μήνες αργότερα από το ABS (το 1962).

Η αντλία αυτή, τοποθετείται στον πυθμένα. Για μεγαλύτερη εξασφάλιση στα υγραεριοφόρα τοποθετούνται δύο τέτοιες αντλίες σε κάθε δεξαμενή. Σωλήνας εκφόρτωσης, μικρής διαμέτρου, συνήθως 6" χωρίς φλάντζες, οδηγεί το φορτίο στο κατάστρωμα. Αν η αντίθλιψη στη γραμμή καταστρώματος είναι μικρότερη από 12 Kgs/cm^2 στέλνεται το φορτίο κατευθείαν στην ξηρά, αν είναι μεγαλύτερη στέλνεται με τη βοήθεια ενισχυτικής αντλίας.

Η απόδοση της αντλίας είναι συνήθως 400 m^3/hr με πίεση κατάθλιψης 9-12 Kgs/cm^2 . Ο κινητήρας είναι ενσωματωμένος στην αντλία. Πριν χρησιμοποιηθεί το σύστημα, δοκιμάζεται το ηλεκτρικό σύστημα με ένα megger και μόνο αν η ένδειξη είναι μεγαλύτερη από 2 meg τίθεται σε λειτουργία η αντλία.

Κατά την εκκίνηση απαιτείται πολύ ρεύμα που δημιουργεί μεγάλη θερμότητα στην αντλία. Αν η αντλία δεν αναρροφήσει αμέσως φορτίο τότε σταματά και δεν πρέπει να ξαναρχίσει τη λειτουργία της αν δεν περάσει χρονικό διάστημα 1 ώρας, ώστε να ψυχθεί η αντλία από τη θερμοκρασία που δημιουργήθηκε σ' αυτήν κατά την αρχική της εκκίνηση. Αν η αντλία σταματήσει να αναρροφά υγρό, διακόπτεται αυτόματα η λειτουργία της, επειδή το υγρό είναι απόλυτα απαραίτητο για την ψύξη και τη λίπανση της. Επίσης αυτόματα σταματάει η αντλία όταν τα πτερύγια της φρακάρουν (από κάποιο ξένο σώμα) ή αν η αντλία κολλήσει, οπότε μαζί με το κράτημα της αντλίας σημαίνουν και κώδωνες συναγερμού.

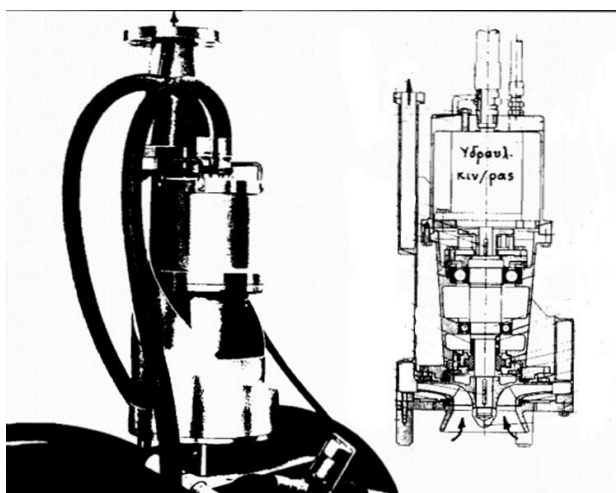
6.5 Φορητές καταδυόμενες αντλίες

6.5.1 Ηλεκτροκίνητες

Χρησιμοποιούνται από υγραεριοφόρα για την άντληση από χώρους εκτός δεξαμενών φορτίου νερού ή υγροποιημένου φορτίου υγραερίου που διέρρευσε. Επίσης και σαν αντλίες φορτίου όταν χαλάσουν οι δυο μόνιμες καταδυόμενες αντλίες της δεξαμενής. Όταν δεν χρησιμοποιούνται φυλάσσονται συνήθως σε ένα μικρό ειδικό θάλαμο που υπάρχει μέσα στη δεξαμενή (για τη μικρότερη διάβρωση τους).

6.5.2 Υδραυλοκίνητες

Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως από πλοία μεταφοράς χημικών φορτίων, για να αποφεύγεται η ανάμειξη με άλλα φορτία, όταν στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει διαθέσιμη χωριστή γραμμή.



(Υδραυλοκίνητη αντλία) (Σχ. 37)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις Ε. Ν. Σταυριδάκη)

Η φορητή μάνικα της αντλίας και η φορητή γραμμή παροχής πεπιεσμένου αέρα πρέπει να είναι από κατάλληλα υλικά που να έχουν ανοχή στις ιδιότητες του χημικού προϊόντος που πρόκειται να εκφορτωθεί.

Οι υδραυλικοί κινητήρες κινούνται με υδραυλικό λάδι που συμπιέζεται από κάποια περιστροφική αντλία θετικής μετατόπισης. Το συμπιεσμένο λάδι μεταφέρεται σε οποιαδήποτε απόσταση με σωλήνες υψηλής πίεσης εύκαμπτους ή μόνιμους, μπαίνει στον κινητήρα αποδίδει την ενέργεια του και επιστρέφει στην αντλία θετικής μετατόπισης για να συμπιεσθεί πάλι. Οι υδραυλικοί κινητήρες πλεονεκτούν καθώς:

Α) Μπορούν να λειτουργήσουν ως υποβρύχιοι λαρά είναι κατάλληλοι για υποβρύχιες αντλίες.

Β) Έχουν μεγάλη συγκέντρωση ισχύος με μικρό σχετικά όγκο και βάρος

Γ) Είναι αντιαεκρηκτικού τύπου

Δ) Όταν η αντλία θετικής μετατόπισης που συμπιέζει το λάδι τους είναι μεταβλητού εκτοπίσματος τότε επιτυγχάνουμε ρύθμιση στροφών του υδραυλικού κινητήρα άρα και της κινούμενης απ' αυτόν αντλίας. Οι υδραυλικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται και σε φορητές υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες για πετρελαιοειδή και άλλα παρόμοια υγρά.

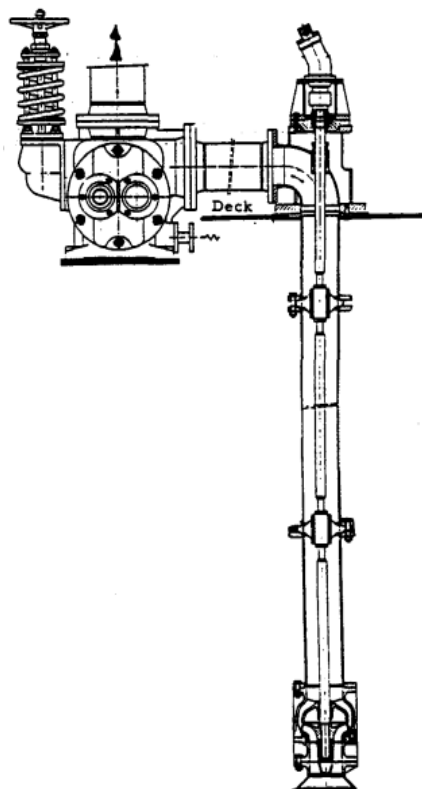
6.6 Ενισχυτικές αντλίες (booster pumps)

Είναι κεντρόφυγες ηλεκτροκίνητες αντλίες κάθετες ή οριζόντιες, με μεγάλη ικανότητα κατάθλιψης.

Τοποθετούνται στα πλοία μεταφοράς χημικών φορτίων καθώς και σε υγραεριοφόρα, εν σειρά με deerwell και submerged pumps, για να προωθούν το φορτίο προς τις δεξαμενές ξηράς, όταν οι αντλίες του πλοίου που χρησιμοποιούνται για την εκφόρτωση δεν έχουν την απαιτούμενη δύναμη.

Booster pumps υπάρχουν και στη γραμμή φορτίου ξηράς, όταν οι δεξαμενές ξηράς βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το πλοίο (ή σε υψηλότερο σημείο) και έχουν σκοπό να διευκολύνουν την εκφόρτωση.

Τίθενται σε λειτουργία με την εκκίνηση των αντλιών του πλοίου, οπότε και η μεγάλη πίεση αντίθλιψης στο manifold του πλοίου πέφτει σημαντικά.



(Ενισχυτική αντλία) (Σχ. 38)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις E. N. Σταυριδάκη)

7. Γενικά χαρακτηριστικά στοιχεία των αντλιών

7.1 Παροχή των αντλιών

Παροχή Q της αντλίας ονομάζεται ο χρήσιμος όγκος υγρού που αποδίδεται στο στόμιο κατάθλιψης της αντλίας στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε m^3/s (στο σύστημα SI) αλλά και οι μονάδες l/s (λίτρα ανά δευτερόλεπτο) και m^3/h χρησιμοποιούνται συχνά. Οι διαρροές και ο όγκος υγρού που χρησιμοποιείται για εξισορρόπηση δεν αποτελούν μέρος της παροχής Q .

Ειδικές έννοιες της παροχής:

- Ονομαστική παροχή (nominal capacity) Q_N , που είναι η παροχή για την οποία η αντλία παραγγέλεται και ισχύει για λειτουργία της αντλίας με την ονομαστική

ταχύτητα n_N , στο ονομαστικό ύψος H_N και για το αντλούμενο υγρό το αναγραφόμενο στο συμβόλαιο παραγγελίας (συμβατικό υγρό).

- Ελάχιστη παροχή Q_{min} , που είναι η ελάχιστη επιτρεπτή παροχή με την οποία η αντλία μπορεί να λειτουργήσει συνεχώς χωρίς να υποστεί βλάβη.

- Μέγιστη παροχή Q_{max} , που είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή με την οποία η αντλία μπορεί να λειτουργήσει συνεχώς χωρίς να υποστεί βλάβη.

- Βέλτιστη παροχή Q_{opt} , που είναι η παροχή στο σημείο μέγιστης απόδοσης στις ονομαστικές στροφές n_N και για το συμβατικό υγρό.

- Παροχή μάζας (mass flow) m , μιας αντλίας είναι το γινόμενο $m = \rho \times Q$, όπου ρ η πυκνότητα του αντλούμενου υγρού. Η παροχή μιας αντλίας καθορίζεται από το μέγεθος της, την ταχύτητα του περιστρεφόμενου ή παλινδρομούντος στοιχείου της και το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένη.

7.2 Ενεργειακά ύψη αντλιών

Ένα σημαντικό ύψος της υδροδυναμικής είναι το ύψος (head) που είναι η ενέργεια την οποία έχει η μονάδα βάρους του υγρού σε κάποιο σημείο. Η ενέργεια αυτή εκφράζεται σε m γιατί είναι το ύψος στήλης του ίδιου υγρού που περιέχει το ίδιο ποσό ενέργειας. Η ενέργεια αυτή εμφανίζεται με τρεις μορφές που μετατρέπονται η μία στην άλλη:

A) Το στατικό ύψος (static head): Εκφράζει τη μεταβολή της δυναμικής ενέργειας, από την αρχή ως το τέλος του συστήματος αντλήσεως. Ισούται με την υψομετρική διαφορά μεταξύ αρχής και τέλους του συστήματος και οφείλεται στην ανύψωση z του υγρού πάνω από ένα επίπεδο αναφοράς.

B) Το ύψος πίεσης (pressure head): Ονομάζεται η μεταβολή του ύψους πίεσεως μεταξύ αρχής και τέλους του συστήματος. Το ύψος πίεσης οφείλεται στη (στατική) πίεση p του υγρού και είναι ίσο με $p/\rho \times g$ όπου ρ είναι η πυκνότητα του υγρού. Αν ένας ανοικτός μανομετρικός σωλήνας τοποθετηθεί κάθετα προς τη ροή, το υγρό μέσα σ' αυτόν θα ανέβει σε ύψος ίσο με $p/\rho \times g$. Το ύψος πίεσεως που αποδίδει η αντλία καλείται μανομετρικό ύψος της αντλίας.

Γ) Το κινηματικό ύψος ή ύψος ταχύτητας (velocity head): Ονομάζεται η μεταβολή του ύψους ταχύτητας μεταξύ αρχής και τέλους του συστήματος, που οφείλεται στην ταχύτητα v του υγρού και είναι ίσο με $v^2/2g$. Αυτό μπορεί να μετρηθεί με ένα σωλήνα Pitot που «βλέπει» τη ροή του υγρού.

Η ολική ενέργεια της μονάδας βάρους του υγρού που λέγεται και ολικό ύψος είναι το άθροισμα αυτών των τριών υψών: $h = (p/\rho \times g) + (v^2/2g) + z$. Για ένα ιδανικό υγρό που δεν παρουσιάζει απώλειες τριβών και για σταθερή ροή το h είναι σταθερό για οποιοδήποτε σημείο της ροής (αρχή διατήρησης της ενέργειας-θεώρημα bernoulli). Για πραγματικά υγρά μεταξύ δύο σημείων 1 και 2 της ροής ισχύει $h_1 = h_2 + H_v$ όπου H_v είναι η απώλεια ύψους λόγω τριβών.

Δ) Το ύψος απωλειών (head loss ή friction head): Εκφράζει τις απώλειες λόγω τριβών. Το ύψος απωλειών του συστήματος αντλήσεως ισούται με το άθροισμα του ύψους απωλειών στο σωλήνα αναρρόφησης και στο σωλήνα καταθλίψεως.

Οι απώλειες ενέργειας διακρίνονται σε:

-Απώλειες ενέργειας: οι οποίες οφείλονται στην αντίδραση της αδράνειας λόγω του ύψους της στήλης του υγρού, ώστε το υγρό να πρέπει να αποκτήσει ορισμένη ταχύτητα κινήσεως v . Η ταχύτητα ορίζεται για την αναρρόφηση της αντλίας ως v_A , και για την κατάθλιψη ως v_K , διότι λαμβάνεται υπόψη η διαφορά στη διάμετρο που υπάρχει μεταξύ αναρρόφησης και καταθλίψεως στις κατασκευές.

-Παθητικές απώλειες: οι οποίες οφείλονται σε τριβές, στροβιλισμούς της φλέβας ροής του υγρού, στενώσεις δύναμης, διευρύνσεις διατομής, καμπύλες σωληνώσεων, παρεμβολές στοιχείων ρυθμίσεως και ελέγχου όπως για παράδειγμα (τα επιστόμια).

Ε) Το ολικό ύψος αντλίας (total head): Ολικό ύψος αντλίας (H) ονομάζεται η χρήσιμη μηχανική ενέργεια που μεταδίδεται από την αντλία στη μονάδα βάρους του υγρού και είναι ίσο με τη διαφορά: $H = h_d - h_s$ όπου h_d = ολικό ύψος κατάθλιψης και h_s = ολικό ύψος αναρρόφησης. Ως επίπεδο αναφοράς συνήθως λαμβάνεται το διερχόμενο από τον άξονα της αντλίας για οριζόντιες αντλίες και για κατακόρυφες το διερχόμενο από το «μάτι» της περωτής εισόδου. Ο καθορισμός του ολικού ύψους της αντλίας από τις μανομετρικές ενδείξεις στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη δίνεται από τη σχέση $H = (p_d - p_s / \rho \times g) + (v_d^2 - v_s^2 / 2g) + z_d - z_s$.

Οι τρόποι ένδειξης της πίεσης είναι τρεις:

- Η μανομετρική (gauge)

- Η απόλυτη (absolute)

- Το κενό (vacuum)

Ένα μανόμετρο πίεσης (pressure gauge) δείχνει πιέσεις πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση ενώ ένα κενόμετρο (vacuum gauge) που λέγεται και μανόμετρο αναρρόφησης (suction manometer) δείχνει πιέσεις κάτω από την ατμοσφαιρική. Όταν ένα μανόμετρο πίεσης δείχνει πίεση p_μ (πάνω από την ατμοσφαιρική), η απόλυτη πίεση είναι: $p_b + p_\mu$, όπου p_b είναι η ατμοσφαιρική (βαρομετρική) πίεση. Όταν υπάρχει πίεση κάτω από την ατμοσφαιρική αυτή μπορεί να δοθεί με δύο τρόπους: ως κενό και ως απόλυτη πίεση. Το ύψος H είναι ανεξάρτητο της πυκνότητας ρ του υγρού, δηλαδή μία αντλία θα δημιουργεί το ίδιο ύψος H για όλα τα υγρά ανεξάρτητα από την πυκνότητά τους ρ . Η πυκνότητα ρ καθορίζει την πίεση μέσα στην αντλία και την ισχύ εισόδου.

7.3 Ισχύς των αντλιών

Η αντλία δεν παράγει ενέργεια, αλλά παραλαμβάνει την αναγκαία ενέργεια από την κινητήρια μηχανή. Η μεταφορά ενέργειας από την κινητήρια μηχανή στην αντλία και από αυτήν στο διερχόμενο ρευστό, πρακτικά είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί χωρίς ενεργειακές απώλειες λόγω τριβών.

Εφόσον η αντλία αποτελεί το διαμεσολαβητή για τη μεταβίβαση ισχύος από το κινητήριο μηχάνημα στο αντλούμενο υγρό, η ισχύς διακρίνεται ως εξής:

A) Ισχύς του κινητήριου μηχανήματος (pump motor rated power): ονομάζεται η ισχύς που παράγει η κινητήρια μηχανή και με την οποία τροφοδοτεί την αντλία. Η κινητήρια μηχανή μπορεί να είναι ηλεκτροκινητήρας ή κάποια θερμική μηχανή. Η μεταβίβαση της ισχύος στην αντλία γίνεται με μηχανικό σύστημα μεταδόσεως. Αναλογα με το σύστημα αντλήσεως και την αντλία, η ισχύς που αποστέλλει ο κινητήρας στην αντλία κυμένεται από μερικά kW (έως μερικές χιλιάδες Kw).

B) Εισερχόμενη ισχύς ή αξονική ισχύς (pump shaft power): ονομάζεται η ισχύς που φτάνει από τον κινητήρα στον άξονα της αντλίας. Κατά τη μετάδοση ισχύος από το κινητήριο μηχάνημα στον άξονα της αντλίας υπάρχουν κάποιες μηχανικές απώλειες λόγω τριβών. Αν το σύστημα μεταδόσεως είναι απλό και ο άξονας της αντλίας ξεκινά από τον κινητήρα (πράγμα που είναι σύνηθες για τις ανεξάρτητες αντλίες, δηλαδή για τις αντλίες στις οποίες ο κινητήρας λειτουργεί αποκλειστικά για αυτές), τότε η αξονική ισχύς ισούται με την αξονική ισχύς. Επίσης η αξονική ισχύς αποτελεί την ενεργειακή κατανάλωση της αντλίας.

Γ) Εσωτερική ισχύς (hydraulic power): ονομάζεται η ισχύς που μεταβιβάζεται από την αντλία. Είναι μικρότερη από την αξονική, επειδή ένα τμήμα της αξονικής ισχύος καταναλώνεται για την υπερκίνηση των μηχανικών τριβών στους τριβείς εδράσεως και στο εσωτερικό αποδιδόμενο ύψος και στην εσωτερική παροχή της αντλίας.

Δ) Αποδιδόμενη, πραγματική ή ωφέλιμη ισχύς (actual power): ονομάζεται η ισχύς που αποδίδεται τελικά στο εξερχόμενο από την αντλία ρευστό, υπό την προϋπόθεση πως η εσωτερική ισχύς δεν μεταβιβάζεται συνολικά στο διερχόμενο ρευστό. Ένα τμήμα της καταναλώνεται για την κυκλοφορία της ποσότητας του ρευστού, που δεν εξέρχεται από την αντλία (εσωτερικές διαρροές). Ένα άλλο τμήμα της ισχύος, αντιμετωπίζει της απώλειες λόγω τριβών του ρευστού εντός της αντλίας.

-Ισχύς κινητήρα: Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από την εισερχόμενη ισχύ της αντλίας κατά ένα ποσοστό που λέγεται περιθώριο ασφάλειας και κατά τις απώλειες της μετάδοσης κίνησης (αν υπάρχουν) από τον κινητήρα στην αντλία. Το περιθώριο ασφαλείας κυμαίνεται μεταξύ 40% και 10% και είναι μεγαλύτερο στις μικρές αντλίες και μικρότερο στις μεγάλες. Επιλέγεται από τον κατασκευαστή της αντλίας με βάση την πρακτική του, εκτός αν καθορισθεί από τον αγοραστή της αντλίας. Εάν αναμένονται υπερβολικές διακυμάνσεις ροής, η ονομαστική ισχύς του κινητήρα πρέπει να επιλέγεται για τη μέγιστη δυνατή παροχή της αντλίας από τις καμπύλες λειτουργίας.

7.4 Βαθμοί αποδόσεως αντλιών

Ο βαθμός αποδόσεως μίας αντλίας (pump efficiencies) ισούται με τον λόγο της ωφέλιμης αποδιδόμενης ισχύος προς την καταναλισκόμενη ισχύ. Όσο πιο μεγάλος είναι αυτός ο λόγος τόσο καλύτερη είναι η αντλία.

Επίσης, η ροή του ρευστού, με τη λειτουργία της αντλίας συνοδεύεται με την ανάπτυξη απωλειών που αντιστοιχούν στη διαφορά ισχύος, η οποία παρέχεται από

τον κινητήρα με την ισχύ που παραλαμβάνει τελικά το ρευστό. Τότε το έργο που αποδίδει η αντλία θα είναι μικρότερο από αυτό που παρέχεται στον άξονα της.

Αυτό που επιδιώκεται με τη χρήση αντλίας, είναι να αποδοθεί στο διακινούμενο υγρό ένα ύψος ενέργειας (αποδιδόμενο ύψος) και να επιτευχθεί μια παροχή στο σύστημα αντλήσεως. Για να πραγματοποιηθούν αυτά, πρέπει να αποδοθεί ισχύς από την αντλία στο διερχόμενο από αυτήν υγρό.

Οι βαθμοί αποδόσεως των αντλιών διακρίνονται σε:

Α) Ογκομετρικό βαθμό αποδόσεως (volumetric efficiency): είναι ο λόγος της πραγματικής παροχής προς την εσωτερική παροχή της αντλίας. Ο ογκομετρικός βαθμός παρέχει το μέτρο των απωλειών, οι οποίες οφείλονται στις διαρροές από το διάκενο μεταξύ της στρεφόμενης περωτής και του σταθερού κελύφους ή της ανεπαρκούς στεγανότητας των βαλβίδων καθώς και τις απώλειες από τους στυπιοθλίπτες. Τότε παρατηρείται το φαινόμενο της ολισθίσεως του υγρού από την κατάθλιψη προς το χώρο της αναρροφήσεως.

Ο ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως κυμαίνεται από 80% έως 98%, με τις μεγαλύτερες τιμές να αντιστοιχούν σε αντλίες θετικής μετατόπισης που είναι σε άριστη κατάσταση, ενώ τις μικρότερες στις φυγοκεντρικές αντλίες, ιδιαίτερα όταν λόγω φθοράς έχουν αυξηθεί τα διάκενα μεταξύ κινητών και σταθερών τμημάτων.

Β) Υδραυλικό βαθμό αποδόσεως (hydraulic efficiency): Σχετίζεται με την κατασκευή και την εγκατάσταση της αντλίας. Εξαρτάται από τις υδραυλικές απώλειες που αναπτύσσονται στο τμήμα εισόδου, στο εσωτερικό από τη διατομή εισόδου έως τη διατομή εξόδου, και στο τμήμα εξόδου της αντλίας.

Είναι το μέτρο των αντιστάσεων που προκύπτουν από την τριβή του υγρού και των τοιχωμάτων, την επιτάχυνση και την επιβράδυνση του ρευστού και την αλλαγή της κατευθύνσεως ροής του.

Ορίζεται ως ο λόγος του αποδιδόμενου ή ολικού ύψους προς το εσωτερικό (θεωρητικό) ύψος, που αποτελείται από την ολική ενέργεια, η οποία περιλαμβάνει το υγρό από την αντλία με τις υδραυλικές απώλειες.

Γενικά, όσο πιο μεγάλο είναι το ύψος απωλειών εντός της αντλίας, τόσο μικρότερος είναι ο υδραυλικός βαθμός αποδόσεως.

Γ) Μηχανικό βαθμό αποδόσεως (mechanical efficiency): είναι ο λόγος της εσωτερικής ισχύος (δηλαδή της ισχύος που μεταβιβάζεται στο υγρό, το οποίο ρέει εντός της αντλίας) προς την αξονική ισχύ (που αποτελεί την ενεργειακή κατανάλωση της αντλίας). Εξαρτάται κυρίως από τις δυνάμεις τριβής, οι οποίες αναπτύσσονται μεταξύ των κινούμενων μερών μιας αντλίας.

Η αξονική ισχύς η οποία μεταδίδεται στην αντλία θα μετατραπεί σε ωφέλιμη ισχύ του διακινούμενου υγρού και σε ισχύ των μηχανικών απωλειών που διατίθεται για να υπερνικήσει τις απώλειες τριβής των κινούμενων μερών της αντλίας.

Δ) Ολικό βαθμό αποδόσεως (total efficiency): είναι ο καθοριστικός λόγος ποιότητας από την ενεργειακή πλευρά της αντλίας. Ο ολικός βαθμός απόδοσης μια αντλίας είναι

όταν η εισερχόμενη ισχύς υπερβαίνει την αποδιδόμενη ισχύ και τις απώλειες που οφείλονται σε διαρροές, στροβιλισμούς, τριβές υγρού και απώλειες διακένων καθώς και τις μηχανικές τριβές.

Οι απώλειες που υπάρχουν στο σήμα μετάδοσης ισχύος ή στον μειωτήρα δε θεωρούνται σαν απώλειες της αντλίας. Ο ολικός ή μέγιστος βαθμός μιας αντλίας κυμένεται από 70% έως 90% (αυτές είναι και οι απαιτήσεις του συστήματος αντλήσεως).

7.5 Αναρρόφηση των αντλιών

Με τον όρο αναρρόφηση (pump suction) ορίζεται η εισαγωγή του υγρού στο θάλαμο της αντλίας. Οι συνθήκες αυτές αναφέρονται είτε στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού σε σχέση με την αντλία, είτε στον κενό χώρο (όγκος του κυλίνδρου) στο εσωτερικό της αντλίας και τη χαμηλή πίεση που δημιουργείται από την περιστροφή ενός στροφείου ή από την παλινδρόμηση ενός εμβόλου στο εσωτερικό της.

Όταν η άντληση ενός υγρού πραγματοποιείται από δεξαμενή τοποθετημένη υψηλότερα από την εγκατεστημένη αντλία και στην ελεύθερη επιφάνεια του ασκείται ατμοσφαιρική πίεση, τότε το υγρό ρέει προς την αντλία. Η ροή του υγρού οφείλεται στο στατικό ύψος αναρροφήσεως που προκύπτει από την επίδραση της ατμοσφαιρικής πιέσεως στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Σε αυτήν την περίπτωση η αντλία προσθέτει ενέργεια για τη ροή του υγρού μόνο για τη διέλευση του από το υπόλοιπο σύστημα.

Όταν η δεξαμενή βρίσκεται χαμηλότερα από την εγκατεστημένη αντλία, στην εισαγωγή της αντλίας θα πρέπει να δημιουργηθεί η απαραίτητη πτώση πιέσεως, ώστε με την επίδραση της ατμοσφαιρικής πιέσεως να μεταφέρει το υγρό προς την αντλία.

Η πτώση πιέσεως είναι το κενό αναρροφήσεως (suction vacuum) της αντλίας και έχει μια τιμή απόλυτης πιέσεως μικρότερη από εκείνη που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Έτσι, το υγρό λόγω της διαφοράς των πιέσεων που επικρατούν στην αναρρόφηση της αντλίας και την ελεύθερη επιφάνεια του, αναγκάζεται να κινηθεί μέσω του σωλήνα από το χώρο υψηλότερης πιέσεως, όπου η πίεση είναι η ατμοσφαιρική, στο χώρο χαμηλότερης πιέσεως που είναι ο θάλαμος αναρροφήσεως της αντλίας.

Γενικά, μια αντλία πραγματοποιεί αναρρόφηση δημιουργώντας υποπίεση στο θάλαμό της, και ανάλογα με την αρχή λειτουργίας της δημιουργεί στο θάλαμο της αναρρόφησης (δεξαμενή) μια απόλυτη πίεση, η οποία είναι μικρότερη από εκείνη που εφαρμόζεται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού το οποίο αντλεί. Οι πιέσεις αυτές είναι συνήθως η ατμοσφαιρική πίεση, η βαρομετρική ή μια επιπλέον πίεση που εφαρμόζουμε εμείς χρησιμοποιώντας κάποιο μέσο (πχ. αδρανές αέριο).

Από αυτό προκύπτει ότι μια αντλία θα μπορεί να αναρροφά από ύψος 10,33 μέτρα (μετρικό σύστημα $1 \text{ atm} = 10,33 \text{ mmwg}$, $1 \text{ τεχνητή ατμόσφαιρα} = 10 \text{ mmwg}$). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θεωρητικό ύψος αναρροφήσεως. Αυτό όμως δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί γιατί στην πράξη δεν μπορούμε να δημιουργήσουμε το

απόλυτο κενό, καθώς το ύψος του υγρού και η επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσεως επηρεάζουν την δυνατότητα αναρρόφησης της αντλίας.

Οι απώλειες στην αναροφητική ικανότητα των αντλιών είναι:

A) Θερμοκρασία του αντλούμενου υγρού: όσο πιο θερμό είναι το υγρό τόσο δυσκολότερα αναρροφάται από την αντλία. Αυτό συμβαίνει διότι η υποπίεση που δημιουργείται στην αναρρόφηση (λόγω των ατμών που προκύπτουν), διευκολύνει την εξάτμιση του υγρού με αποτέλεσμα να εμποδίζουν την αναρρόφηση του και να δυσχεραίνεται το έργο της αντλίας. Το φαινόμενο αυτό χρήζει άμεσης προσοχής όταν χειριζόμαστε πετρελαιοειδή ή άλλα φορτία που στην θερμοκρασία άντλησης αναδύουν πολλά πτητικά αέρια.

B) Ειδικό βάρος: το ειδικό βάρος επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα την αναροφητική ικανότητα της αντλίας. Αυτό σημαίνει πως όσο βαρύτερο είναι ένα υγρό, τόσο δυσχεραίνεται η αναρρόφηση του μέσω της αντλίας.

Γ) Ιξώδες: χαρακτηρίζεται πόσο παχύρευστο ή λεπτόρευστο είναι ένα υγρό. Όσο πιο παχύρευστο είναι ένα υγρό τόσο πιο δύσκολα αντλείται λόγω απωλειών μέσα στις σωληνώσεις.

Δ) Αντιστάσεις στη σωλήνωση αναρρόφησης: όσο λιγότερες είναι τόσο ευκολότερα πραγματοποιείται η αναρρόφηση από την αντλία. Οι αντιστάσεις αυτές που δημιουργούνται λόγω του μήκους, της μορφής και της εγκατάστασης των σωληνώσεων. Σημαντικό ρόλο στην απόδοση της αντλίας έχει

-η διάμετρος του σωλήνα (όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος του, τόσο μειώνονται οι αντιστάσεις),

-η εσωτερική υφή (πόσο τραχύ ή πόσο λεία επιφάνεια έχει εσωτερικά),

-η διεύθυνση των σωλήνων,

-οι παραμβολές στη σωλήνωση (όπως για παράδειγμα η ύπαρξη επιστομιών).

E) Στεγανότητα: όσο καλύτερη στεγανότητα έχουμε στο σωλήνα αναρρόφησης και στο μηχανισμό της αντλίας, τόσο καλύτερη αναροφητική ικανότητα έχουμε.

7.6 Κατάθλιψη των αντλιών

Η κατάθλιψη είναι η εξαγωγή του υγρού από την αντλία προς το δίκτυο στο οποίο είναι εγκατεστημένη. Μια αντλία θεωρητικά έχει τη δυνατότητα να καταθλίβει σε απεριόριστο ύψος, εφόσον τα υγρά είναι ασυμπίεστα και η λειτουργία των αντλιών βασίζεται είτε στην εκτόπιση του υγρού (αντλίες θετικής μετατόπισης), είτε στη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του υγρού (δυναμικές αντλίες).

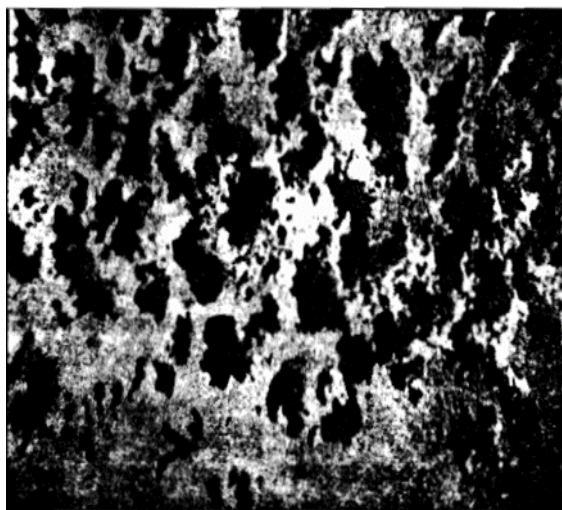
Αυτό είναι αδύνατο στην πράξη, καθώς ένα μέρος της ενέργειας που παρέχεται για την λειτουργία της αντλίας, εξαιτίας των τριβών των κινούμενων μερών της, διαχέεται με τη μορφή θερμότητας προς το περιβάλλον. Από την αύξηση της πίεσεως που δημιουργείται, ένα μέρος της ενέργειας θα χαθεί στις απώλειες από τις αντιστάσεις τριβής στο δίκτυο καταθλίψεως, ένα μέρος στο στατικό ύψος του συστήματος και ένα μέρος στην πίεση που ασκείται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

Σύμφωνα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και την ικανότητα των αντλιών, οι αντλίες εκτοπίσεως και οι εμβολοφόρες είναι εκείνες που μπορούν να καταθλίβουν σε πολύ μεγάλα ύψη. Αντίθετα, οι φυγόκεντρες αντλίες χρησιμοποιούνται για την κατάθλιψη σε μικρότερο ύψος και την αύξηση της ταχύτητας του υγρού.

7.7 Σπηλαιώση των αντλιών

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάζεται κατά τη λειτουργία των κεντρόφυγων αντλιών που χρησιμοποιούνται στα πετρελαιοειδή φορτία είναι το φαινόμενο της σπηλαιώσης (cavitation). Αυτό συμβαίνει όταν η πίεση στη γραμμή αναρρόφησης της αντλίας πέσει σε τέτοιο σημείο ώστε να αρχίσει ο σχηματισμός φυσαλίδων στο υγρό φορτίο που αναρροφάται.

Αυτές οι φυσαλίδες μπορεί να σχηματιστούν με μεγάλη ταχύτητα και σε μεγάλη έκταση να πάρουν τη μορφή ατμοποίησης του υγρού φορτίου και να εισέλθουν στην περιοχή μεγάλης πίεσης μέσα στην αντλία. Εκεί με ταχύτητα συντρίβονται οι φυσαλίδες και κατά τη διεργασία αυτή δημιουργούνται θορυβώδεις κρούσεις στο εσωτερικό της αντλίας. Ο ήχος που δημιουργείται μοιάζει με ήχο κινητήρα αεροπλάνου σε λειτουργία. Οι κρούσεις αυτές, αν και μικροσκοπικές, λόγω της πληθώρας τους αν συνεχιστούν μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στην αντλία.



(Απεικόνιση του φαινομένου σπηλαιώσης) (Σχ. 39)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, *Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια*, εκδόσεις E. N. Σταυριδάκη)

Μερικές φορές τα καταστρεπτικά αποτελέσματα της σπηλαιώσης εντείνονται από επιπρόσθετα φαινόμενα ηλεκτροχημικών διαβρώσεων. Σε αντλίες χαμηλής πίεσης από χυτοσίδηρο οι περιοχές που έχουν υποστεί βλάβη από σπηλαιώση φαίνονται σπογγώδεις. Η κατεστραμμένη επιφάνεια είναι ανώμαλη γεμάτη με πορώδεις κοιλότητες που προχωρούν βαθειά μέσα στο υλικό. Σε φυγόκεντρικές αντλίες υψηλής πίεσης με μέρη από χάλυβα κατασκευών η καταστροφή από σπηλαιώση φαίνεται διαφορετική και έχει τη μορφή κοιλοτήτων ή αυλακώσεων με λεία επιφάνεια. Η σπηλαιώση δεν προκαλεί μόνο καταστροφές στα μέταλλα, αλλά και ελαττώνει απότομα την απόδοση της αντλίας. Η λειτουργία μιας αντλίας σε συνθήκες σπηλαιώσης συνοδεύεται από θόρυβο, εσωτερικό βόμβο, κραδασμούς και αυξημένες ταλαντώσεις.

Η σπηλαιώση συνήθως συμβαίνει στην πλευρά της αναρρόφησης της αντλίας. Σπανιότερα μπορεί να παρατηρηθεί και στην κατάθλιψη σε σημεία «αποκόλλησης» της ροής. Στις φυγόκεντρικές αντλίες η σπηλαιώση δημιουργείται συχνότατα στην

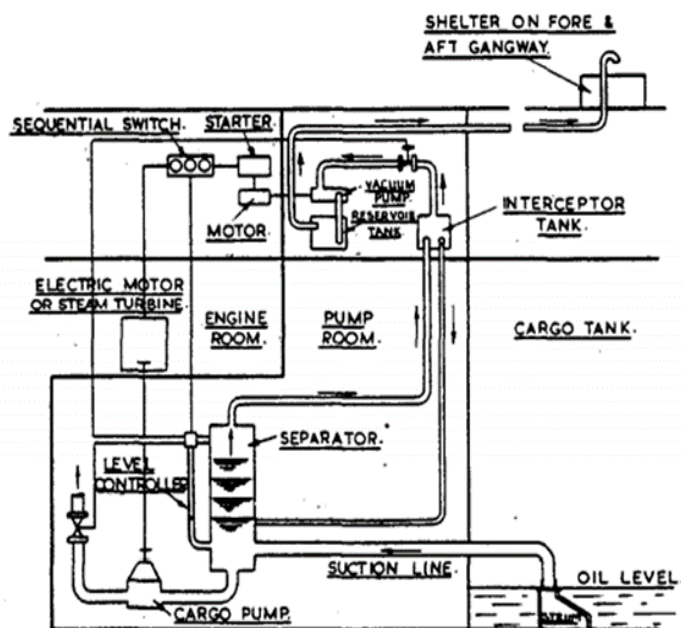
εσωτερική πλευρά των πτερυγίων κοντά στην είσοδο της πτερωτής, στα σημεία όπου το υγρό ρέει δια μέσου διακένων στεγανότητας, ή όταν κάνει απότομες στροφές με αποτέλεσμα να «αποκολλάται» η ροή από τις επιφάνειες του μετάλλου. Μια αντλία μπορεί να λειτουργήσει σε συνθήκες σπηλαιώσης για περισσότερο ή λιγότερο διάστημα εάν τα τμήματά της είναι κατασκευασμένα από υλικό που αντέχει σε σπηλαιώση. Επίσης λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που θα δημιουργηθεί μέσα στην αντλία (από την έλλειψη υγρού φορτίου) λόγω τριβής του στροφείου και του κελύφους της αντλίας (από τα περιορισμένα διάκενα μεταξύ τους) δημιουργούνται συνθήκες αυτοανάφλεξης των αερίων που εμφανίστηκαν στην αντλία και έκρηξης.

Το φαινόμενο αυτό πρακτικά ονομάζεται "ξέπιασμα" της (κεντρόφυγης) αντλίας. Μόλις "ξεπιάσει" η αντλία πρέπει αμέσως να σταματήσει και δε θα πρέπει να τεθεί πάλι σε λειτουργία παρά μόνο μετά από πλήρωση της αντλίας με υγρό φορτίο από γεμάτη δεξαμενή και αφού εξασφαλιστεί ότι η αντλία πριν από την εκκίνηση της έχει πληρωθεί με φορτίο. Η πίεση στη γραμμή αναρρόφησης πέφτει (και δημιουργείται η σπηλαιώση) όταν η στάθμη του φορτίου στη δεξαμενή (από την οποία η αντλία το αναρροφά) πέσει κάτω από τη γραμμή αναρρόφησης της αντλίας και επομένως σε χαμηλότερο ύψος από την αντλία.

Γενικότερα η σπηλαιώση αποφεύγεται με ομαλή διαμόρφωση των διόδων ροής, σωστές αεροτομές πτερυγίων, περιορισμένες ταχύτητες υγρού στη δίοδο του μέσα από την αντλία. Το κυριότερο μέτρο αποφυγής της σπηλαιώσης είναι η εξασφάλιση κατάλληλης ελάχιστης πίεσης στην πλευρά αναρρόφησης της αντλίας.

Για τον λόγο αυτόν υπάρχει στο αντλιοστάσιο πρόβλεψη τροφοδοσίας των κεντρόφυγων αντλιών με υγρό φορτίο (priming της αντλίας). Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά συστήματα priming στα διάφορα αντλιοστάσια. Στην περίπτωση που υπάρχουν αποτελεσματικά αυτόματα συστήματα priming περιορίζεται και η χρήση των αντλιών αποστράγγισης.

Παρακάτω απεικονίζεται ένα τέτοιο σύστημα το οποίο αφαιρεί συνεχώς τον αέρα ή τα αέρια από τη γραμμή αναρρόφησης της αντλίας. Στη δεξαμενή διαχωρισμού υγρού φορτίου - αερίων (separator), αφαιρείται ο αέρας/αέρια με αντλία κενού. Μέρος των αφαιρεθέντων αερίων επιστρέφει από τη δεξαμενή ανάσχεσης (interceptor) πάλι στην προηγούμενη δεξαμενή με σκοπό δημιουργίας τεχνητής πίεσης στην επιφάνεια του υγρού που περιέχει η δεξαμενή separator για τη διευκόλυνση της εκφόρτωσης του φορτίου. Όταν τελικά αδειάσει η δεξαμενή separator, η αντλία που εξακολουθεί να εργάζεται, αυτή τη φορά χωρίς υγρό φορτίο υπερθερμαίνεται και ενεργοποιείται ένας θερμοστάτης που είναι τοποθετημένος στο περίβλημα της αντλίας και προκαλείται η άμεση κράτηση της αντλίας.



(Σύστημα αυτοτροφοδότησης με υγρό φορτίο κεντρόφυγης αντλίας) (Σχ. 40)

(Πηγή: I.K. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις E. N. Σταυριδάκη)

8 Η πετρελαϊκή αγορά

8.1 Η σύσταση και η προέλευση του πετρελαίου

Το αργό πετρέλαιο (crude oil) ή ακατέργαστο πετρέλαιο, είναι η πρωτογενής μορφή πετρελαίου. Είναι ορυκτό λάδι που παράγεται από τη φύση το οποίο συναντάται σε υγρή μορφή.

Σύμφωνα με τη θεωρία της οργανικής προελεύσεως του πετρελαίου, αυτό προέρχεται από την αποσύνθεση και διάσπαση οργανικών ουσιών με διαφορετικές προελεύσεις ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Το πετρέλαιο το οποίο βρίσκεται σήμερα σε κοιτάσματα στο εσωτερικό της γης, σχηματίστηκε πριν από εκατομμύρια χρόνια, όταν νεκρά φυτά και ζώα καλύφθηκαν από στρώματα εδάφους.

Το ορυκτό πετρέλαιο κάτω από ορισμένες συνθήκες πετρωμάτων στο υπέδαφος είναι δυνατόν να συγκεντρωθεί σε υπόγεια κοιτάσματα σε αρκετό βάθος κάτω από την επιφάνεια της γης. Από τα κοιτάσματα αυτά το ορυκτό πετρέλαιο εξάγεται με τη διαδικασία της γεώτρησης, που είναι παρόμοια είτε γίνεται στη στεριά ή σε θαλάσσια περιοχή. Τέτοια κοιτάσματα σήμερα βρίσκονται κάτω από βουνά, ερήμους και θάλασσες, σε βάθη που φτάνουν και τα 5.000 μέτρα.

Το εξαγόμενο από τη γη πετρέλαιο περιέχει αέρια σε υγρή κατάσταση για το λόγο του ότι το κοιτάσμα βρίσκεται υπό πίεση. Μόλις το πετρέλαιο φτάσει στην επιφάνεια της γης όπου η πίεση πέφτει στο επίπεδο της ατμοσφαιρικής πίεσης και τα αέρια αυτά μετατρέπονται από την υγρή στην αέρια κατάσταση.

Αρχικά γίνεται ο διαχωρισμός των αερίων αυτών από το υγρό πετρέλαιο και στη συνέχεια το υγρό πετρέλαιο απαλλάσσεται από το νερό που τυχόν να περιέχει καθώς και από το χώμα και άλλες ακαθαρσίες. Το πετρέλαιο στο στάδιο αυτό λέγεται ορυκτό, ακάθαρτο, ακατέργαστο, ή αργό πετρέλαιο (crude oil).

Τα πετρέλαια κατηγοριοποιούνται ως «μαύρα» ή «λευκά». Τα «μαύρα» πετρέλαια περιλαμβάνουν στην κατηγορία τους τα ακατέργαστα πετρέλαια, τα μίγματα ακατέργαστου πετρελαίου, τα πετρέλαια καυσίμων και τα προϊόντα ασφάλτου. Τα «λευκά» πετρέλαια περιλαμβάνουν τη βενζίνη, τα αεριοθούμενα καύσιμα και την κηροζίνη.

Τα ακατέργαστα πετρέλαια είναι υγρά μίγματα υδρογονανθράκων, που βρίσκονται φυσικά στο εσωτερικό της γης και οι φυσικές και χημικές ιδιότητές τους ποικίλλουν αρκετά ανάλογα με την περιοχή προέλευση τους. Τα συστατικά των ακατέργαστων πετρελαίων έχουν διαφορετικά σημεία ανάφλεξης και διαφορετική πίεση ατμού. Τα περισσότερα ακατέργαστα πετρέλαια έχουν ένα σημείο ανάφλεξης γύρω στους 27°C και μια πίεση ατμού μεταξύ 42 και 84 KPa. Η πυκνότητα για τα ακατέργαστα πετρέλαια ποικίλλει από περίπου 10 (ειδικό βάρος 1,00 στους 15°C) σε 40 (ειδικό βάρος 0,82 στους 15°C).

Ως συνέπεια του ευρέως φάσματος των ιδιοτήτων του ακατέργαστου πετρελαίου, οι εγκαταστάσεις διύλισης σχεδιάζονται για το χειρισμό συγκεκριμένων ακατέργαστων πετρελαίων. Τα ακατέργαστα πετρέλαια περιέχουν ποικίλα στοιχεία, μεταξύ των οποίων ενώσεις θείου και βαναδίου, οι οποίες τείνουν να επιταχύνουν τη διάβρωση και ενδέχεται να προξενήσουν μεγάλους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Τα ακατέργαστα πετρέλαια με το υψηλό και χαμηλό ποσοστό περιεκτικότητας θείου αναφέρονται ως «ξινά» και «γλυκά» ακατέργαστα πετρέλαια. Άλλα συστατικά διαχωρίζονται, αφήνοντας το στερεό μέρος και τα υπολείμματα, που πρέπει να αφαιρεθούν. Οι παραφίνες και τα προϊόντα ασφάλτου προσκολλώνται στο εσωτερικό των δεξαμενών.

Αν και το περισσότερο ακατέργαστο πετρέλαιο φορτώνεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ορισμένα πιο ιξώδη ακατέργαστα πετρέλαια πιθανόν να απαιτήσουν τη θέρμανση των δεξαμενών. Τα προϊόντα διύλισης τείνουν να έχουν ένα ευρύ φάσμα φυσικών ιδιοτήτων, που διαφέρουν μεταξύ τους. Για παράδειγμα, τα αεριοθούμενα καύσιμα μπορούν να είναι ιδιαίτερα πτητικά με σημεία ανάφλεξης έως και 20°C, ενώ τα πετρέλαια βαριών καυσίμων πρέπει χαρακτηριστικά να διατηρηθούν σε θερμοκρασία 70°C και τα προϊόντα ασφάλτου σε θερμοκρασία 150°C. Όταν μεταφέρονται αυτά τα προϊόντα, ο αποτελεσματικός διαχωρισμός είναι αναγκαίος και οι δεξαμενές και τα συστήματα του πλοίου πρέπει να σχεδιαστούν και να διατηρηθούν, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν ότι η ποιότητα θα διατηρηθεί αναλλοίωτη.

8.2 Περιοχές παραγωγής και ζήτησης πετρελαίου

Οι περιοχές παραγωγής πετρελαίου είναι οι χώρες της Μέσης Ανατολής, οι οποίες αποτελούν τους μεγαλύτερους εξαγωγείς πετρελαίου, οι χώρες της Μαύρης Θάλασσας όπως η Ρωσία, η Ουκρανία και η Γεωργία αλλά και οι χώρες του Καύκασου που

εξάγουν το πετρέλαιό τους μέσω των λιμανιών των προαναφερθέντων χωρών, οι χώρες της Βόρειας Θάλασσας, η Ινδονησία, η Νιγηρία και η Βενεζουέλα.

Οι Η.Π.Α. παρόλο που έχουν μεγάλη παραγωγή δεν συμμετέχουν στο παγκόσμιο εμπόριο γιατί καταναλώνουν οι ίδιες όλη τη παραγόμενη ποσότητα της εγχώριας παραγωγής τους. Αντιθέτως προχωράνε σε εισαγωγή πετρελαίου για να καλύψουν τις ανάγκες τους και τα πιο κοντινά κοιτάσματα πετρελαίου είναι αυτά της Βενεζουέλας που αυτομάτως προσδίδουν ένα σημαντικό στρατηγικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων χωρών παραγωγής στη Βενεζουέλα. Οι κυριότερες περιοχές ζήτησης πετρελαίου είναι οι βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες της Δυτικής Ευρώπης, η Ιαπωνία και η Κίνα.

Επίλογος

Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για πετρέλαιο από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις Ηνωμένες Πολιτείες, όπως και η ραγδαία ανάπτυξη των Ασιατικών χωρών, θέτουν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος, όχι μόνο την αύξηση των τιμών του πετρελαίου διεθνώς, αλλά και την ασφαλέστερη και οικονομικότερη μεταφορά των ποσοτήτων του πετρελαίου, που χρειάζονται για την κινητοποίηση της παγκόσμιας οικονομίας.

Τα χύδην υγρά φορτία, που μεταφέρονται δια θαλάσσης, όπως το αργό πετρέλαιο (crude oil) και τα προϊόντα πετρελαίου (oil products), τα υγροποιημένα αέρια σε φυσική μορφή (LNG) και σε επεξεργασμένη μορφή (LPG) και τα υγρά χημικά αντιστοιχούν περίπου στο μισό του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου. Με το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου να καταλαμβάνουν τους μεγαλύτερους όγκους μεταφοράς και την πιο σημαντική θέση της αγοράς.

Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια ενσωματώνουν την προστασία διπλών τοιχωμάτων για τις δεξαμενές πετρελαίου, την υψηλή ικανότητα διάπραξης ελιγμών, την εφεδρική του συστήματος πρόωσης και πηδαλιούχησης και την ικανότητα της αδρανοποίησης των δεξαμενών φορτίου και έρματος. Αυτό σημαίνει ότι η αναζήτηση για ασφαλέστερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον σκάφη, έχει συμβάλει στη διαμόρφωση του σχεδιασμού δεξαμενοπλοίων, καθώς το κύριο μέλημα, τόσο των κυβερνήσεων όσο και των διεθνών οργανισμών αποτελεί η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, ώστε να αποτραπεί η υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε τη λεπτομερή ανάλυση του κάθε τύπου αντλίας, με ξεχωριστή αναφορά στις αντλίες που χρησιμοποιούνται στα σημερινά σύγχρονα δεξαμενόπλοια. Επιχειρήθηκε να παρουσιαστεί μια ιστορική αναδρομή των δεξαμενοπλοίων, καθώς και η διάκριση τους ως προς τον τύπο και την εμπορική δραστηριότητα τους. Ακόμα αναφέρθηκε ξεχωριστά ο τύπος δεξαμενοπλοίων χωρίς αντλιοστάσιο. Παρατίθενται επίσης και ορισμένες πληροφορίες για τη προέλευση του πετρελαίου και των περιοχών παραγωγής και ζήτησης του.

Βιβλιογραφία

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tanker_\(ship\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tanker_(ship))
2. <https://e-nautilia.gr/zoroaster-to-prwto-deksamenoploio-ston-kosmo/>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_oil_tanker
4. https://en.wikipedia.org/wiki/T2_tanker
5. <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/different-types-of-tankers-extensive-classification-of-tanker-ships/>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Panama_Canal
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Double-hulled_tanker
8. <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/single-hull-vs-double-hull-tankers/>
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Oil_Pollution_Act_of_1990
10. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/constructionrequirements.aspx>
11. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM:l24231>
12. <https://www.tms-tankers.com/fleet.html#>
13. Ι.Κ. Φαννέλης, Σύγχρονη Πρακτική Εργασίας στα Δεξαμενόπλοια, εκδόσεις Ε. Ν. Σταυριδάκη
14. MARPOL 73/78
15. SOLAS 2004
16. ISGOTT μετάφραση Ι. Κ. Παπαϊωάννου, εκδόσεις Ε. Ν. Σταυριδάκη
17. Ν. Α. Ζυγομαλάς, Μεταφορά Φορτίων, εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου 2015
18. R. Keith Michel and Michael Osborne, Oil Tankers the Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), edition 2008
19. <https://www.framo.com/About-Framo/history/>
20. <https://www.framo.com/cargo-pumping-systems/cargo-pumping/submerged-cargo-pumping/>
21. <https://www.framo.com/cargo-pumping-systems/cargo-pumping/hydraulic-piping/>
22. <https://www.framo.com/cargo-pumping-systems/cargo-pumping/Types-of-tankers/>
23. https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/investors/english/capital-market-day/2014/2014_cmd_framo_product_range
24. <https://www.framo.com/globalassets/pdf-files/framo-cargo-pumping-system>
25. Ι. Κ. Δάγκινης, Α. Ι. Γλύκας, Βοηθητικά Μηχανήματα Πλοίων, εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου 2017
26. Ι. Μ. Μαυρουδής, Αντλίες και Σωληνώσεις, εκδόσεις Α. Σταμούλη
27. Ι. Κ. Δάγκινης, Α. Ι. Γλύκας, Αντλίες, εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου 2016
28. <https://en.wikipedia.org/wiki/Petroleum>