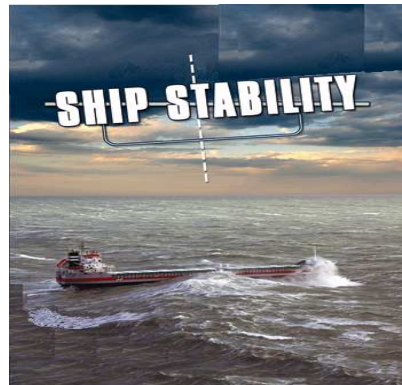


**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΑΛΑΤΙΝΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΠΑΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ 2012

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : [ΑΛΑΤΙΝΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ]

ΑΜ : [4264]

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :28/06/2012

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία αναφερόμαστε στην ευστάθεια του πλοίου, αλλά και στα συστήματα που ενεργούν για την ευστάθεια αυτού. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στην εξέλιξη του γυροσκοπίου, και σε ορισμένα πρόσωπα που ασχολήθηκαν πάνω σε αυτή την εξέλιξη, παρουσιάζοντας ορισμένες φωτογραφίες που απεικονίζουν το γυροσκόπιο. Σημαντική είναι η αναφορά στα συστήματα με σταθερά πτερύγια (bilge keels), στο πηδάλιο, στα ενεργητικά πτερύγια αλλά και στην εφαρμογή τους στην ναυτιλία με την πάροδο του χρόνου.

Η συνέχεια της εργασίας περιλαμβάνει γενική αναφορά για ορισμούς και μελέτες ευστάθειας, καθώς για το κέντρο βάρους, την άντωση και κύρια βοηθήματα τα οποία επιδρούν πάνω στο πλοίο. Σε αυτή την εργασία επίσης γίνεται και μία σημείωση για το κέντρο βάρους των υποβρυχίων.

Παρακάτω αναλύουμε τα αίτια που επηρεάζουν την ευστάθεια ενός πλοίου, και τις διάφορες παραμέτρους. Παρουσιάζονται τα είδη κλίσεως, ορισμοί και όροι διατοίχισμού καθώς και η φυγόκεντρος δύναμη και τα είδη ταλαντώσεων από κυματισμό.

Στη συνέχεια της εργασίας μας, επισημαίνουμε τα συστήματα σταθεροποίησης και τις δύο μεγάλες κατηγορίες τα Παθητικά και Ενεργητικά. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειώσουμε και τις αντιδιατοίχιστικές δεξαμενές. Επίσης γίνεται και αναφορά στους γυροσκοπικούς σταθερωτήρες οι οποίοι αντισταθμίζουν τις ροπές που δημιουργούνται από την διατοίχιση του πλοίου.

ABSTRACT

This thesis refers to the ship's stability, and also to the ship systems that are necessary for its stability. There is a report to the evolution of the gyroscope and those who worked on this development, which includes some pictures of the gyroscope. There is also an important reference to the systems with bilge keels, the helm, the active fins, and their support in shipping over the years.

Consequently, this thesis includes a general reference to definitions and stability studies, the center of gravity, the buoyancy and the major sources that support a ship. There is also a note about the center of gravity of submarines.

Moreover, this thesis analyzes the causes that affect the stability of a ship and the various parameters. It also presents the types of listing, the definitions and the terms of rolling, the centrifugal force and the types of wave oscillations.

Next, our thesis refers to the stabilizers and the two major categories, Passive and Active. At this point there is a note to the anti rolling tanks. A report is also made to the gyroscopic stabilizers, which compensates the torques, produced by the rolling of the ship.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Κατά την διάρκεια σχεδιασμού ενός πλοίου κύριος παράγοντας είναι η μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς και της ευστάθειας του. Το θέμα το οποίο αναλύεται παρακάτω, έχει να κάνει με την επίδραση εσωτερικών (π.χ. μετακίνηση βαρών) ή εξωτερικών (π.χ. δράση κυμάτων) δυνάμεων το οποίο έχει ως επακόλουθο ανεπιθύμητες καταστάσεις ισορροπίας ή ακόμα και ανατροπής. Συνεπώς η εφαρμογή ελέγχου, σε πλοία κυρίως μεσαίου και μικρού μεγέθους, αποκτά ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, σε θέματα που έχουν να κάνουν με την βελτίωση της δυναμικής συμπεριφοράς και της σταθεροποίησης των πλοίων.

Τα συστήματα σταθεροποίησης πλοίων είναι σημαντικά για την καλή ευστάθεια του πλοίου. Με την πάροδο των χρόνων υπάρχει σπουδαία εξέλιξη στα συστήματα αυτά ξεκινώντας από τα παροτροπίδια και φτάνοντας έως τα συστήματα ελέγχου και ευστάθειας του πλοίου.

Σκοπός αυτής της πτυχιακής είναι να αναφερθούν λεπτομερώς τα συστήματα αυτά, καθώς και να διευκρινιστεί ο τρόπος λειτουργίας τους.

Η εργασία δομείται σε τέσσερα ανεξάρτητα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορική αναδρομή των συστημάτων ευστάθειας των πλοίων. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται σε ορισμούς που σχετίζονται με αυτήν. Στην συνέχεια ακολουθεί το τρίτο κεφάλαιο όπου αναφέρονται τα αίτια που επηρεάζουν την ευστάθεια των πλοίων. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφερόμαστε στα συστήματα σταθεροποίησης (παθητικά και ενεργητικά) τα οποία αναλύονται εκτενώς.

Κεφάλαιο 1

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΛΟΙΩΝ.

Ο σχεδιασμός συστημάτων ελέγχου πορείας, σταθεροποίησης (roll stabilization) καθώς και ο συνδυασμός τους αποτελεί αντικείμενο έρευνας από τις αρχές του 1970. Η βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων του πλοίου οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην πρόοδο της τεχνολογίας και υλοποίησης αυτών των συστημάτων παρά στην αντίληψη του φυσικού προβλήματος.

Από τις εγκατεστημένες εφαρμογές φαίνεται να έχουν χρησιμοποιηθεί συστήματα με μετακινούμενα βάρη, δεξαμενές anti-roll, γυροσκόπια και πτερύγια, με ενεργητική και παθητική δράση.

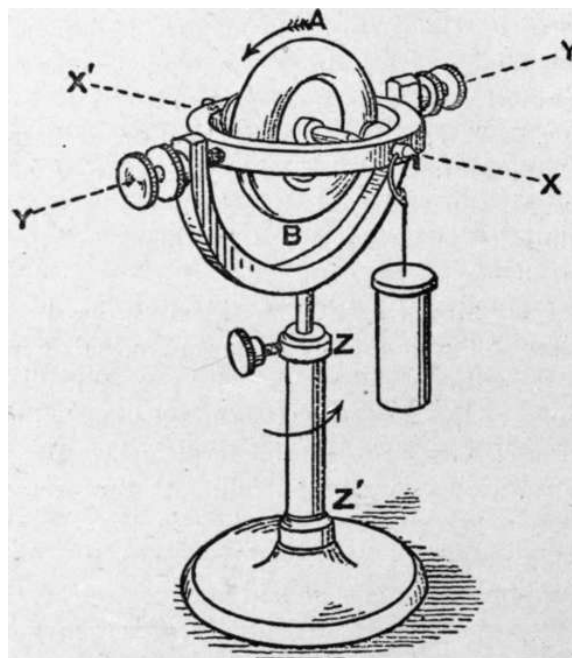
1.1 Γυροσκόπια

Καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη των συστημάτων ελέγχου πλοίου έπαιξε το γυροσκόπιο. Το πρώτο γυροσκόπιο με ηλεκτρική οδήγηση (electrically driven gyroscope) παρουσιάστηκε το 1890 από τον **G. Hopkins** όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.1.1. Κίνητρο για την εξέλιξή του αποτέλεσε η ανάγκη για αξιόπιστη πλοήγηση μεταλλικών σκαφών καθώς και υποβρυχίων. Η μαγνητική πυξίδα σε αντίθεση με τη γυροσκοπική παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία σε μαγνητικές διαταραχές, που δημιουργούνται εύκολα σε τέτοιου είδους σκάφη που έχουν ηλεκτρικές διατάξεις.

Την ίδια περίοδο, ο **H. Anschultz** στη Γερμανία και ο **E. Sperry** στις ΗΠΑ, εργάζονταν επάνω στις πρακτικές εφαρμογές του γυροσκοπίου όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1.2. Το 1908 και οι δύο κατέθεσαν πατέντες σχετικές με τα γυροσκόπια. Το 1910 ιδρύθηκε μία εταιρεία με την ονομασία «γυροσκόπιο Sperry», στην οποία κατασκεύαζαν εξοπλισμό πλοήγησης όπως είναι η γυροσκοπική πυξίδα που φαίνεται στην εικόνα 1.1.3. Η γυροσκοπική πυξίδα είναι ένα είδος μη-μαγνητικής πυξίδας, η οποία βασίζεται σ'ένα ταχέως περιστρεφόμενο δίσκο και την περιστροφή της γης. Η γυροσκοπική πυξίδα δεν είναι ίδια συσκευή με το γυροσκόπιο. Στην εικόνα 1.1.4 φαίνεται και ένας επαναλήπτης γυροσκοπικής πυξίδας.



Εικόνα 1.1.1:Γυροσκόπιο G. Hopkins.



Εικόνα 1.1.2:Πρακτική εφαρμογή γυροσκοπίου του H.Anschultz και E.Sperry.



Εικόνα 1.1.3:Γυροσκοπική πυξίδα ετερείας Sperry.



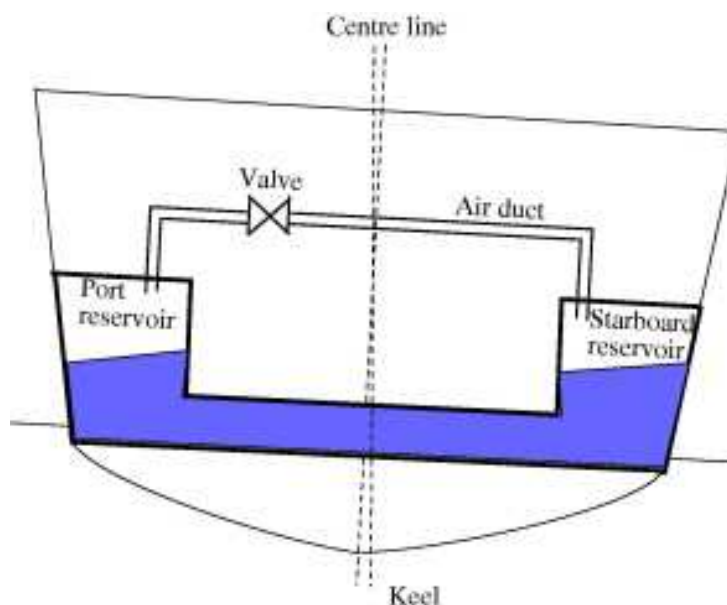
Εικόνα 1.1.4:Ένας επαναλήπτης γυροσκοπική πυξίδα.

Οι εργασίες επάνω στα γυροσκόπια επεκτάθηκαν στην οδήγηση των πλοίων (shipsteering) και στα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου. Το 1911 ο **Sperry** κατασκεύασε τον πρώτο μηχανισμό αυτόματης οδήγηση πλοίων. Η συσκευή αυτή ονομάστηκε **Metal Mike** και παρουσίαζε την συμπεριφορά ενός έμπειρου χειριστή στον τιμόνι ενός πλοίου. Λάμβανε υπόψη τις διάφορες καταστάσεις της θάλασσας χρησιμοποιώντας έλεγχο κλειστού βρόχου και αυτόματες ρυθμίσεις των παραμέτρων του ελεγκτή. Το 1922 παρουσιάστηκε από τον **N. Minorsky** σύστημα ελέγχου θέσης, όπου ο νόμος ελέγχου ήταν τύπου **PID** (Proportional – Integral -Derivative).

1.2 Συστήματα σταθεροποίησης με σταθερά πτερύγια(bilge keels)

Παρουσιάστηκαν το 1860 από τον **W.Froude** (Βρετανία). Το 1874 τοποθετήθηκαν από τον ίδιο δεξαμενές νερού στο επάνω μέρος ενός πλοίου. Το νερό μπορούσε να μετακινηθεί από τη μία δεξαμενή στην άλλη, περνώντας από μία στένωση. Το περιεχόμενο των δεξαμενών συντονίζονταν με την κλίση (roll) του πλοίου, μεταβάλλοντας έτσι το μέγεθος της στένωσης και άλλαζε η συχνότητα συντονισμού. Το σύστημα ήταν αποδοτικό μόνο για ορισμένες περιπτώσεις πλοίων, όπως σε πλεύση με ομοιόμορφο κυματισμό.

Το 1911 ο **Frahm** παρουσίασε την εξέλιξη της δεξαμενής σχήματος U. Η δεξαμενή αυτή όπως απεικονίζεται στην εικόνα 1.2.1 ήταν πιο αποδοτική σε σχέση με παρόμοιες λύσεις και δοκιμάστηκε στο πλοίο **Ypiranga**, εικόνα 1.2.2, στο ταξίδι **Hamburg – Mexico – Buenos Aires**. Ο **Minorsky** έκανε εκτεταμένες έρευνες για το αμερικανικό Ναυτικό μεταξύ 1934 και 1940. Χρησιμοποίησε ενεργητικές δεξαμενές anti - roll, όπου η στάθμη του νερού σε αυτές έπρεπε να διατηρείται ανάλογα με το ρυθμό κλίσης του πλοίου. Η τροφοδοσία του νερού γινόταν με αντλίες μεταβαλλόμενης παροχής. Παρόμοια συστήματα με δεξαμενές anti - roll χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα.



Εικόνα 1.2.1: Δεξαμενές σχήματος – U Frahm.



Εικόνα 1.2.2:Πλοίο Ypiranga γερμανικής κατασκευής.

Συστήματα σταθεροποίησης με ενεργητικά πτερύγια άρχισαν να εφαρμόζονται μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Το 1930 υπήρχαν εγκατεστημένα συστήματα πτερυγίων σε επιβατικά και ναρκαλιευτικά πλοία. Το σύστημα αποτελείται από τυποποιημένο μηχανισμό οδήγησης πτερυγίων και γυροσκόπιο, με μέγιστη γωνία κλίσης 18° , η οποία μπορούσε να επιτευχθεί μέσα σε 0.5 sec. Τα πτερύγια έφταναν στην μέγιστη τιμή της γωνίας αμέσως, χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα για αναλογικό έλεγχο. Σε επόμενες εργασίες μελετήθηκε ο απαιτούμενος αριθμός πτερυγίων και οι παράμετροι του συστήματος ελέγχου, ώστε να επιτυγχάνεται συγκεκριμένος βαθμός σταθεροποίησης.



Εικόνα 1.2.3:Ενεργητικά πτερύγια.

Η ιδέα σταθεροποίησης με το πηδάλιο (rudder roll stabilisation) εμφανίστηκε το 1967, από παρατηρήσεις στη συμπεριφορά πλεύσης πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με αυτόματο πιλότο πορείας. Η πρώτη σχετική εφαρμογή έγινε το 1972 με την πλεύση του **MS Peggy** στην Ολλανδία. Στην αρχή τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά, λόγω της μέτριας απόδοσης των συστημάτων ελέγχου που βασίζονταν σε αναλογικούς υπολογιστές. Έτσι με την εφαρμογή προηγμένων μεθόδων ελέγχου σε συνδυασμό με ψηφιακά συστήματα, στη δεκαετία του 1980 οι εφαρμογές στη ναυτιλία παρουσίασαν θεαματική επιτυχία. Οι βασικές ερευνητικές ομάδες εργάστηκαν στην Ολλανδία, στη Δανία, στη Σουηδία και στις ΗΠΑ.

Τα αντιδιατοιχιστικά πτερύγια εφευρέθηκαν το 1890, από τον Άγγλο **Thomcroft**, αλλά εφαρμόστηκαν μετά από 25 χρόνια περίπου. Μετά από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο τοποθετήθηκαν σε ικανό αριθμό πλοίων μετά τις τελειοποιήσεις που έκαναν διάφοροι κατασκευαστές.

Κεφάλαιο 2

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

Γενικά

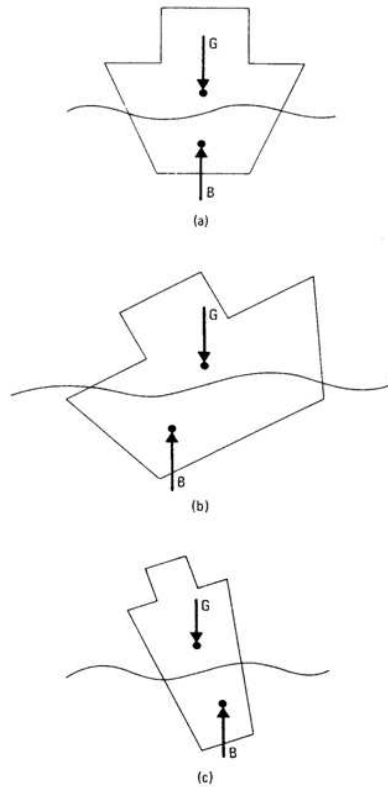
Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το βάρος του πλοίου είναι μια ενιαία δύναμη που ενεργεί μέσω ενός ενιαίου σημείου. Το κέντρο βάρους του και η άνωση του νερού είναι δυνάμεις που δρουν μέσα από ένα άλλο μοναδικό σημείο, το κέντρο της άνωσης. Το κέντρο της άνωσης βρίσκεται στο κέντρο βάρους του εκτοπιζόμενου υγρού. Για υποβρύχια πλοία, που βρίσκονται είτε στην επιφάνεια του νερού είτε βυθισμένα, είναι συνήθως πάνω από το κέντρο βάρους αλλά για τα περισσότερα πλοία επιφανείας, το κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω από το κέντρο της άνωσης. Τα μονής γάστρας πλοία είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να επιπλέουν κάθετα με το κέντρο βάρους και το κέντρο της άνωσης στον άξονα.

2.1 Ορισμός ευστάθειας

Ευστάθεια πλοίου (stability), ονομάζεται η τάση που παρουσιάζει ένα πλοίο ν' ανθίσταται σε οποιαδήποτε κλίση *εγκάρσια* ή *διαμήκη*, που προκαλείται από διάφορες αιτίες, καθώς επίσης και η τάση επαναφοράς του στην αρχική θέση ισορροπίας του (κατακόρυφη θέση).

2.2 Μελέτη ευστάθειας πλοίου

Ένα αντικείμενο που επιπλέει σε ένα αδιατάραχτο υγρό δέχεται δύο κατακόρυφες, αντίθετης φοράς δυνάμεις. Το βάρος και την δύναμη της ανώσεως (άνωσης) όπως φαίνονται στην εικόνα 2.2 στα σχήματα. Το σχήμα **(a)** δείχνει ότι όταν το κέντρο ανώσεως βρίσκεται στην ίδια ευθεία με το κέντρο βάρους τότε το πλοίο ισορροπεί. Αν το πλοίο κυλήσει στον εγκάρσιο άξονα κύλισης (άξονας του Roll) και το κέντρο ανώσεως μετακινηθεί με την ίδια διεύθυνση τότε το πλοίο τείνει να επιστρέψει στο σημείο ισορροπίας και είναι ευσταθές **(b)**. Αν όμως το κέντρο ανώσεως μετακινηθεί με διεύθυνση αντίθετη από αυτής της κύλισης του πλοίου τότε το πλοίο τείνει να ανατραπεί και είναι ασταθές **(c)**.



Εικόνα 2.2: Ευστάθεια πλοίου στον εγκάρσιο άξονα κύλισης (άξονας του Roll):

(a) πλοίο σε ισορροπία (b) ευσταθές πλοίο (c) ασταθές πλοίο.

Για την εξέταση της ευστάθειας του πλοίου σε μεγάλες κλίσεις πρέπει να γνωρίζουμε το αρχικό μετακεντρικό ύψος GM, όπως το εκτόπισμα και τις γεωμετρικές ιδιότητες της γάστρας του πλοίου. Επίσης θεωρούμε ότι έχουμε ισόογκη μεταβολή, δηλαδή ότι ο όγκος εκτοπίσματος του πλοίου παραμένει σταθερός.

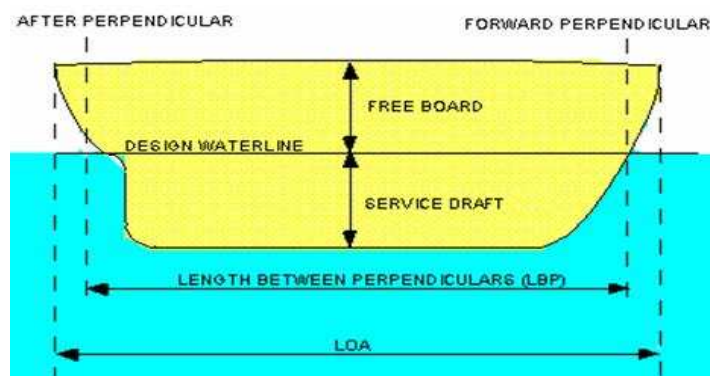
2.3 Βασικοί όροι - ορισμοί

Ακολουθεί παράθεση τριών αναγκαίων όρων:

Ίσαλος γραμμή θέρους ή έμφορτος ίσαλος (Load Water Line): είναι η τομή της εξωτερικής επιφάνειας του περιβλήματος του σκάφους με την ελεύθερη επιφάνεια του ύδατος, όταν το σκάφος είναι "ζυγостаθμισμένο" στο μέγιστο βύθισμα φόρτου (επιτρεπόμενο από Νηογνώμονες) κατά το θέρος.

Πρωραία κάθετος (Forward Perpendicular): Είναι η γραμμή στη πλώρη, κάθετος προς το επίπεδο του ορίζοντα, αναγόμενη από το σημείο τομής τριών επιφανειών: α) της ισάλου κατασκευής (Design Water Line) β) του κεντρικού - συμμετρικού επιπέδου και γ) της εσωτερικής όψης του περιβλήματος. Η αντίστοιχη κάθετος στη πρύμη καλείται Ακραία πρυμναία κάθετος.

Πρυμναία κάθετος (After Perpendicular): Είναι η γραμμή η κάθετος που διέρχεται από τον άξονα του πηδαλίου όπως αναπαρίσταται στην παρακάτω εικόνα 2.3.1.



Εικόνα 2.3.1: Πρυμναία κάθετος (After Perpendicular).

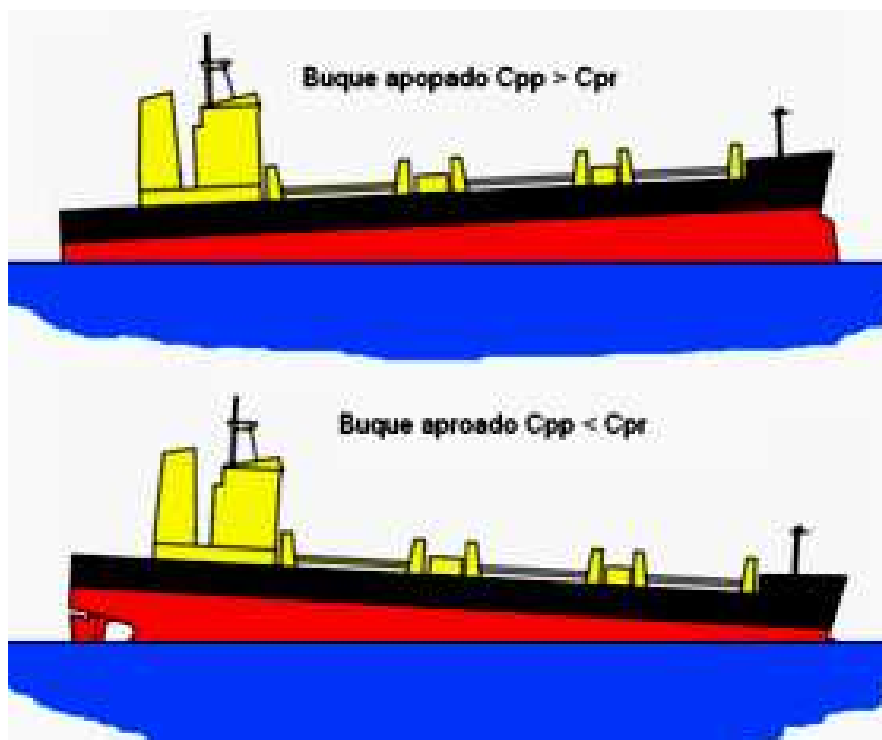
2.4 Κύρια στοιχεία

Κύρια στοιχεία της ευστάθειας των πλοίων είναι: το κέντρο βάρους του πλοίου και το κέντρο άντωσης, όπου και τα δύο επενεργούν ως ζεύγος ευστάθειας ή ροπή ευστάθειας (μοχλοβραχίονας ευστάθειας), το μετάκεντρο, το μετακεντρικό ύψος, ο βαθμός ευστάθειας και οι συνθήκες ευστάθειας στις διάφορες κλίσεις πλοίου.

2.5 Κύρια βοηθήματα

Κύρια βοηθήματα που λαμβάνονται υπόψη στην ευστάθεια του πλοίου είναι το εκάστοτε μέσο βύθισμα του πλοίου, το μετακεντρικό διάγραμμα, η καμπύλη ευστάθειας και ερευνητικά το πείραμα ευσταθείας.

2.6 Διαγωγή πλοίου



Εικόνα 2.6: Απεικόνιση έμπρυσμου πλοίου (άνω) και έμπρωρου πλοίου (κάτω).

Διαγωγή πλοίου (trim), ονομάζεται οποιαδήποτε εικόνα παρουσιάζει ένα πλοίο όταν δεν είναι ζυγοσταθμισμένο, δηλαδή δεν είναι ισοβύθιστο κυρίως κατά το διάμηκες, (κατά το εγκάρσιο χαρακτηρίζεται κλίση πλοίου).

Η Διαγωγή πλοίου συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα d . Και υφίσταται κάθε φορά που παρατηρείται διαφορά μεταξύ του προραίου και του πρυμναίου βυθίσματος, ($d = d_{ΠΡ} - d_{ΠΜ}$). Όταν $d = 0$ δεν υπάρχει διαγωγή.

Δύο είναι οι μορφές διαγωγής ενός πλοίου:

1. Όταν το προραίο βύθισμα είναι μικρότερο του πρυμναίου, οπότε και καλείται έμπρυσμο (by the stern), και
2. Όταν το προραίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο του πρυμναίου, οπότε το πλοίο χαρακτηρίζεται έμπροω (by the bow).

Σε τακτά χρονικά διαστήματα θα πρέπει να ελέγχονται τα βυθίσματα πλώρης μέσου και πρύμνης προκειμένου να διαπιστώνεται αν το πλοίο έχει υποστεί παραμορφώσεις από τις διάφορες καταπονήσεις του, στο κυματισμό όπως αυτές είναι η κύρτωση ή η κοίλωση του πλοίου.

2.7 Ίσαλος

Ίσαλος είναι η τομή που σχηματίζεται από την επιφάνεια της θάλασσας με το πλοίο.

Ο όρος ίσαλος γραμμή (Waterline) είναι πλέον διαδεδομένος ως γενικός όρος, για τους έχοντες κάποιες ναυπηγικές γνώσεις ή σχετίζονται επαγγελματικά με τον ναυτικό χώρο. Ο όρος αυτός περιορίζεται αφενός μεν στην ειδική περίπτωση της έμφορτης ισάλου, δηλαδή της τομής του σκάφους από το επίπεδο της επιφάνειας της θαλάσσης όταν το πλοίο είναι πλήρως και κανονικά φορτωμένο (ζυγοσταθμισμένο και νόμιμα) και αφετέρου, στις ειδικές περιπτώσεις φορτίου ειδικών ενδείξεων.

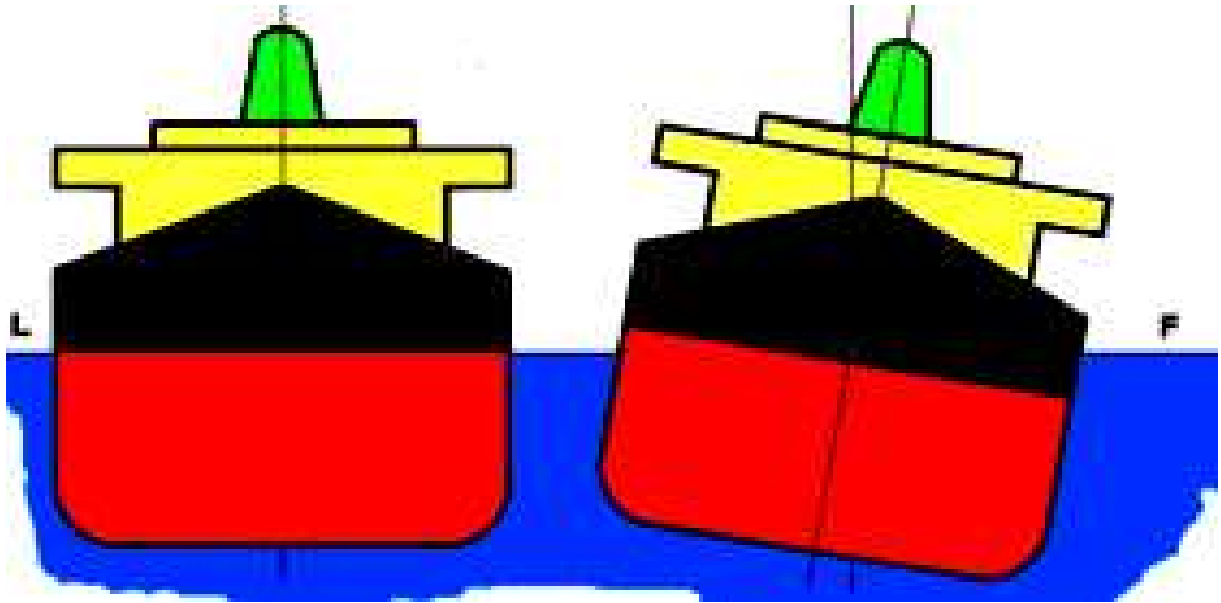
Από ναυπηγικής άποψης σχεδιασμού, η ίσαλος είναι μία από τις παρίσαλους των ναυπηγικών γραμμών οι οποίες και αποτελούν τομές οριζοντίων επιπέδων μετά της εσωτερικής όψης των ελασμάτων του περιβλήματος του πλοίου, που καταδεικνύουν τη προοδευτική ναυπηγική μορφή του πλοίου από την λεγόμενη καρίνα μέχρι το κύριο κατάστρωμα. Στα ναυπηγικά σχέδια οι παρίσαλοι εμφανίζονται ως προβολές συνήθως της αριστερής πλευράς του σκάφους επί οριζοντίου επιπέδου όπου και φέρεται στο κάτω δεξιό μέρος του ναυπηγικού σχεδίου του πλοίου, καλούμενο κάτοψη σκάφους. Η απόσταση μεταξύ των παραλλήλων αυτών επιπέδων του σχεδίου αντιπροσωπεύει συνήθως το 1 μέτρο. Τέλος αυτές συμβολίζονται από τους ναυπηγούς με ενωμένα τα γράμματα WL και αριθμούνται από τη βασική γραμμή (που αντιστοιχεί με το 0) και προς τα πάνω 1, 2, 3, 4, ...κ.λπ. ή με λατινικούς αριθμούς I, II, III, κ.λπ. (χωρίς όμως τα διακριτικά γράμματα προ αυτών).

Οι παρίσαλοι στην εγκάρσια όψη και πρόοψη του πλοίου εμφανίζονται ως ευθείες γραμμές.

Εκτός όμως της σχεδιαστικής βοήθειας που παρέχουν οι παρίσαλοι στη ναυπήγηση ενός υπόψη σκάφους, στη πράξη κάποιοι απ' αυτούς ταυτίζονται με τα οριζόντια επίπεδα εκείνα της ασφαλούς πλήρους φόρτωσης του πλοίου, ανάλογα με το είδος του φορτίου, την εποχή, αλλά και το είδος του νερού (θαλάσσιο, ποταμού ή λίμνης) που προτίθεται αυτό να εκτελεί πλόες, λαμβάνοντας ανάλογες ονομασίες ισάλου. Για τη μεγάλη σπουδαιότητα αυτών, των συγκεκριμένων ισάλων, που αγγίζουν τα όρια ασφάλειας φόρτωσης των πλοίων, καθώς και του τρόπου κατάδειξης των δείτε σχετικά γραμμή φόρτωσης.

2.8 Άντωση πλοίου

Γενικά η άντωση των πλοίων, όπως φαίνεται και στη εικόνα 2.3.3 (buoyancy), που λέγεται και πλευστότητα, (floatation), αποτελεί αφενός μεν ιδιαίτερης σημασίας κεφάλαιο που εξετάζεται από τη ναυπηγική, αφετέρου στο σύνολό του απόλυτα απαραίτητες γνώσεις (ασφάλειας) για τους αξιωματικούς των πλοίων, τόσο για τους ίδιους όσο και για τα σκάφη στα οποία επιβαίνουν και δραστηριοποιούνται.



Εικόνα 2.8: Άντωση πλοίου.

Παραστατική απεικόνιση "όγκου άντωσης" (ερυθρό + μαύρο τμήμα), "άντωσης" μόνο το ερυθρό, κι "εφεδρικής", μόνο το μαύρο. Στις διάφορες κλίσεις οι όγκοι δεν αλλάζουν, η θέση ισορροπίας είναι αυτή που αλλάζει. Με κίτρινο χρώμα δηλώνονται "μη υδατοστεγή" τμήματα όπως είναι οι υπερκατασκευές.

Όγκος άντωσης: Χαρακτηρίζεται ολόκληρο το υδατοστεγές τμήμα ενός σκάφους. Και σ' αυτό μπορεί να ανήκουν τα τμήματα (όγκοι) του πλοίου που βρίσκονται στα ύφαλα, στα έξαλα και οποιοδήποτε άλλο τμήμα είναι υδατοστεγές (μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, αντλιοστάσιο κ.λπ.). Η υδροστατική δύναμη που δέχεται όλος αυτός ο όγκος ονομάζεται ολική άντωση (buoyancy over all).

Άντωση πλοίου: Χαρακτηρίζεται το όλο τμήμα του "όγκου άντωσης" που βρίσκεται ανά στιγμή υπό την ίσαλο, δηλαδή υπό την επιφάνεια της θάλασσας, συνεπώς ο όγκος των υφάλων (κοινώς των βρεχάμενων) του πλοίου. Η υδροστατική δύναμη που ασκείται σ' αυτόν τον όγκο του πλοίου ονομάζεται σχετική άντωση (relative buoyancy).

Εφεδρική άντωση ενός πλοίου χαρακτηρίζεται το υπόλοιπο τμήμα του "όγκου άντωσης" που βρίσκεται κάθε φορά πάνω από την ίσαλο, δηλαδή ο όγκος των εξάλων. Ως υδροστατική δύναμη χαρακτηρίζεται η διαφορά της "ολικής" - "σχετικής".

Συνεπώς τα έξαλα ενός πλοίου παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην ασφάλεια του πλοίου. Επειδή δε, στα περισσότερα πλοία τα εξωτερικά πλευρικά τους τοιχώματα είναι κάθετα προς την ίσαλο και προς την επιφάνεια της θάλασσας, τα έξαλα (το ύψος τους) μπορούν να δώσουν μια προσεγγίζουσα έννοια καθώς και ένα προσεγγιστικό μέτρο της "εφεδρικής άντωσης".

Η εφεδρική άντωση μεταβάλλεται σε κάθε μεταβολή του βυθίσματος του πλοίου.

2.9 Κέντρο βάρους πλοίου

Με το γενικό όρο βάρος πλοίου χαρακτηρίζεται το σύνολο των βαρών των αντικειμένων που βρίσκονται σ' ένα πλοίο όπου συμπεριλαμβάνεται το συνολικό βάρος κατασκευής, των πάσης φύσεως μηχανών και εξαρτημάτων, συσκευών, εφοδίων, καυσίμων, υφιστάμενου μεταφερομένου φορτίου, του πληρώματος και των επιβατών. Η συνισταμένη όλων των βαρών εφαρμόζεται ως σημείο G που ονομάζεται κέντρο βάρους του πλοίου (center of Gravity - G) που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης.

Το πλοίο γενικά είναι ένα σύνολο μαζών, όπου σε κάθε μία εφαρμόζεται κατ' αναλογία η δύναμη της βαρύτητας στο κέντρο βάρους της κάθε μάζας. Όλες οι επιμέρους αυτές δυνάμεις συντίθενται σε μία ίση δύναμη με το ολικό βάρος του πλοίου, που εφαρμόζεται στο σημείο G. Όλα τα σημαντικά και μόνιμα βάρη του πλοίου είναι (από ναυπήγησης) συμμετρικά κατανεμημένα εκατέρωθεν του μέσου διαμήκους άξονα του πλοίου. Επομένως για πλοίο, κενού φορτίου και ορθό σε ήρεμη θάλασσα, το κέντρο βάρους του θα βρίσκεται επί του μέσου κατακόρυφου άξονα.

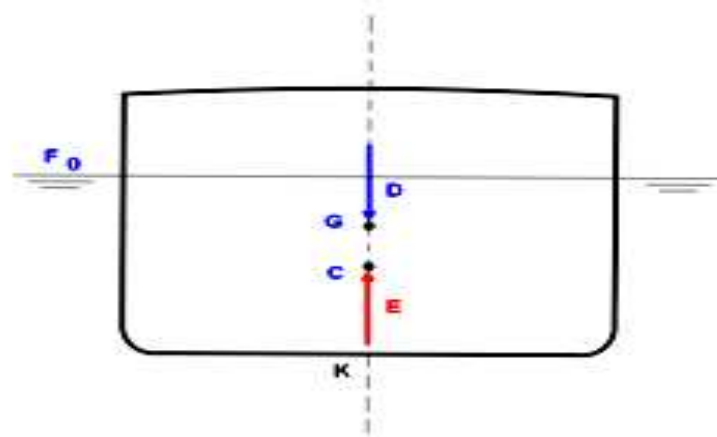
2.10 Μετάκεντρο

Ένα πλοίο είναι δυνατόν να αποκτήσει κλίση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση από δύο μόνο λόγους: ή λόγω επίδρασης εξωτερικών δυνάμεων, (π.χ. κυματισμού), ή από μετατόπιση βάρους. Για την απλούστευση του θέματος, οι διάφορες κλίσεις και τ' αποτελέσματά τους εξετάζονται χωριστά «κατά το εγκάρσιο», δηλαδή εκατέρωθεν του διαμήκους άξονα (που διέρχεται από πλώρη-πρύμνη), και «κατά το διαμήκες», δηλαδή εκατέρωθεν του μέσου εγκάρσιου άξονα, (που διέρχεται στο μέσον αυτού από πλευρά σε πλευρά).

Μετάκεντρο (metacenter) ονομάζεται το θεωρητικό σημείο τομής της γραμμής επί της οποίας ενεργεί η δύναμη της άντωσης, (η διεύθυνση της άντωσης), με τον κατακόρυφο άξονα ενός πλοίου. Μετακεντρικό ύψος (metacentric height) ονομάζεται η απόσταση από το μετάκεντρο μέχρι το κέντρο βάρους πλοίου.

2.11 Κέντρο άντωσης πλοίου

Το Κέντρο άντωσης πλοίου, (εικόνα 2.11.1) (center of buoyancy - B) προσδιορίζεται κατ' αντίθετη έννοια με το κέντρο βάρους πλοίου. Πρόκειται για συνισταμένη υδροστατικών πιέσεων που ασκούνται από το κάτω μέρος της γάστρας (του πυθμένα) του πλοίου, η οποία αντιτίθεται στο βάρος του πλοίου και ισορροπεί μ' αυτό. Συνεπώς το κέντρο άντωσης πλοίου μπορεί να οριστεί και ως το κέντρο βάρους του εκτοπιζόμενου από το πλοίο ύδατος, και κατά τη θέση ως γεωμετρικό κέντρο του όγκου της γάστρας του βυθισμένου δηλαδή τμήματος του πλοίου με κατεύθυνση ακριβώς αντίθετη του βάρους.



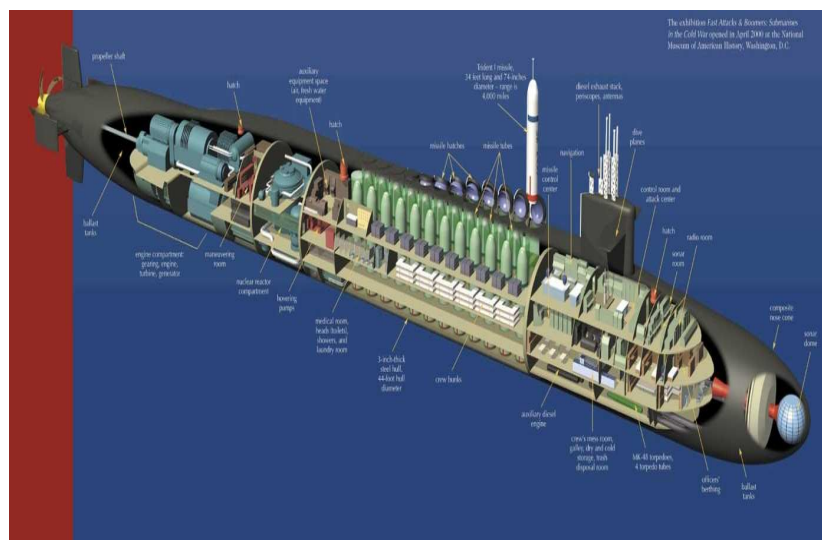
Εικόνα 2.11.1: Εγκάρσια απεικόνιση του κέντρου άντωσης C έμφορτου πλοίου (με μπλε απεικονίζεται το κέντρο βάρους του πλοίου). Και τα δύο αυτά κέντρα αποτελούν το ζεύγος ευστάθειας.

Η θέση του επομένως εξαρτάται κυρίως από το σχήμα και τον όγκο των υφάλων. Σε ορθό πλοίο, που ισορροπεί σε ήρεμη επιφάνεια το κέντρο άντωσης βρίσκεται σε κατακόρυφο επίπεδο όπου είναι και το κέντρο βάρους του. Εν τούτοις στις διάφορες κλίσεις του πλοίου το σχήμα της υπό την ίσαλο (επιφάνεια θαλάσσης) τομής του πλοίου, καθώς επίσης και το σχήμα του όγκου του εκτοπιζόμενου ύδατος μεταβάλλεται. Στη περίπτωση αυτή το κέντρο άντωσης μετατοπίζεται ανάλογα δεξιά ή αριστερά, πρώραθεν ή πρύμνηθεν του μέσου κατακόρυφου επιπέδου ανάλογα με τη κλίση του πλοίου που παρουσιάζεται κάθε φορά.

Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, ιδίως στις κλίσεις του πλοίου σε θαλασσοταραχή, διότι η παραπάνω μετατόπιση του κέντρου άντωσης παράγει το απαραίτητο εκείνο ζεύγος δυνάμεων, καλούμενο και ως ζεύγος ευστάθειας, για την επαναφορά και ανόρθωση του πλοίου στη θέση ισορροπίας του. Σ' ένα πλοίο που ισορροπεί στην επιφάνεια του ύδατος το κέντρο βάρους του G βρίσκεται πάνω από το κέντρο άντωσης C , όπως φαίνεται και στο σχήμα της παραπάνω εικόνας.

Το κέντρο άντωσης συμβολίζεται διεθνώς με το γράμμα **B (buoyancy)** ή με το **C (center)**.

Στα υποβρύχια και στα βαθυσκάφη όπως στην εικόνα 2.11.2 «εν καταδύσει» το κέντρο βάρους βρίσκεται κάτω από το κέντρο άντωσης.



Εικόνα 2.11.2:Κέντρο άντωσης υποβρύχιου πλοίου.

Κεφάλαιο 3

ΑΙΤΙΑ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Γενικά

Ένα πλοίο μπορεί να επηρεαστεί από την κατάσταση ηρεμίας, από καταστάσεις οι οποίες τείνουν να το κάνουν να διατοιχιστεί. Αυτές οι καταστάσεις περιλαμβάνουν πράγματα όπως η κίνηση του κύματος, πιέσεις ανέμου, φυγόκεντρη δύναμη κατά την στροφή του πλοίου, μετατόπιση των βαρών επί του σκάφους και η προσθήκη βαρών εκτός του κέντρου. Οι καταστάσεις αυτές μπορούν να ασκήσουν ροπή στο πλοίο που μπορεί να είναι προσωρινή ή διαρκής. Όταν μια δύναμη ασκεί μια επικλινή στιγμή σ' ένα πλοίο υπάρχει μια αλλαγή στο σχήμα των υφάλων του πλοίου. Ο υποθαλάσσιος όγκος μετατίθεται και το χύμα φορτίο του μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση της κλίσης. Αυτή η κατάσταση προκαλεί το κέντρο της άνωσης να αφήσει τον κεντρικό άξονα του πλοίου και να στραφεί προς την κατεύθυνση της κλίσης.

3.1 Κλίση πλοίου

Με το γενικό όρο κλίση πλοίου (inclination) χαρακτηρίζεται η από οποιονδήποτε λόγο και αιτία στιγμιαία απομάκρυνση του πλοίου από τη κατακόρυφη θέση του (θέση ισορροπίας), προς οποιαδήποτε διεύθυνση, κατά την έννοια του εγκάρσιου.

Σε ένα μηχανοκίνητο ή και ιστιοφόρο ακόμα πλοίο, μία κλίση μπορεί να προκληθεί είτε λόγω κυματισμού, είτε και κατά τη διάρκεια στροφής υπό την επίδραση της φυγόκεντρη δύναμης, είτε τέλος από μετατόπιση φορτίου. Σ' ένα ιστιοφόρο η κλίση προκαλείται κυρίως από τον άνεμο και πάντα προς την υπήνεμη πλευρά του σκάφους.

3.1.1 Είδη κλίσεων

Οι κλίσεις που παρατηρούνται σ' ένα πλοίο είναι η εγκάρσια ή πλευρική, η διαμήκης κλίση, και κατά χρόνο: η μόνιμη και η παροδική. Στην φωτογραφία (εικόνα 3.1.1) παρακάτω φαίνεται μία επικίνδυνη εγκάρσια κλίση που έχει πάρει ένα επιβατηγό πλοίο.



Εικόνα 3.1.1:Επικίνδυνη εγκάρσια κλίση άνω των 70° (εγκατάλειψης) που υπέστη το υπό σημαία Σιγκαπούρης πλοίο Cougar Ace, τύπου Ro/Ro, με έντονη όμως εφεδρική άντωση. Ως αιτία διαφαίνεται η μεγάλη παροδική κλίση που συνέβη και που κατέληξε τελικά μόνιμη.

Εγκάρσια κλίση ή πλευρική κλίση (transverse inclination): ονομάζεται η αλλαγή θέσης ως προς την εγκάρσια ισορροπία και μετράται ως γωνία που δημιουργείται μεταξύ της κατακόρυφου και του διαμήκους επιπέδου του πλοίου. Η περιοδική κλίση αυτή, κατά πλευρά του σκάφους, δημιουργεί τον διατοιχισμό (το κοινώς λεγόμενο μπότζι ή μποτζάρισμα) του πλοίου.

Διαμήκης κλίση (longitudinal iclination): ονομάζεται η αλλαγή θέσης ως προς τη διαμήκη ισορροπία του σκάφους και μετράται ως γωνία μεταξύ του διαμήκους άξονα και της εγκάρσιας καθέτου (κατακορύφου). Η περιοδική κλίση αυτή κατά πλώρη - πρύμνη δημιουργεί τον προνευστασμό, (κοινώς σκαμπανέβασμα) του πλοίου.

Μόνιμη κλίση (list inclination): ονομάζεται η προκαλούμενη από ακανόνιστη κατανομή βαρών επί του πλοίου. Η κλίση αυτή είναι μόνιμη συνήθως μετά από μετασκευή πλοίου μέχρι και να διορθωθεί τεχνικά.

Παροδική κλίση (loll inclination): ονομάζεται η κατάσταση εκείνη που για να έλθει το πλοίο σε κατάσταση ισορροπίας πρέπει ν' ασκηθεί εξωτερική δύναμη π.χ. άνεμος ή κύμα. Συνεπώς στη περίπτωση αυτή η ισορροπία του πλοίου δεν είναι σταθερή. Η παροδική κλίση μπορεί να επέλθει είτε με μετακίνηση φορτίου ή βαρών ψηλά στο πλοίο είτε με προσθήκη έρματος (ηθελημένη κλίση). Η παροδική είναι τελείως διάφορος της μονίμου δεδομένου ότι συντελείται υπό διαφορετικές συνθήκες με συνέπεια διαφορετικό τρόπο διόρθωσής της. Πολλές φορές όμως

συμβαίνει να γίνεται ηθελημένα, για παράδειγμα: ένα πλοίο αποπλέει από Πειραιά για Κρήτη με δελτίο καιρού έντονων δυτικών ανέμων, τότε αυξάνει το έρμα από δεξιά πλευρά ώστε να πλέει με δεξιά κλίση, λόγω όμως του υφιστάμενου ανέμου στη πραγματικότητα το πλοίο πλέει ισοροπημένο και με μεγαλύτερη ευστάθεια.

3.2 Διατοιγισμός

Γενικά

Η Διατοίχιση ή διατοιγισμός (rolling, heeling), κοινώς «μπότζι» (λέγεται ακόμη και «σάλος»), είναι όρος της Ναυτιλίας και αφορά μορφή ταλάντωσης του πλοίου κατά τον εγκάρσιο άξονα δηλαδή οι κλίσεις δεξιά και αριστερά που παίρνει το πλοίο «εξ υπαμοιβής» (διαδοχικά), είτε «εν πλω» (όταν κινείται), είτε «εν όρμω» (αγκυροβολημένο).

Αιτία που προκαλεί τη διατοίχιση είναι είτε ο υφιστάμενος πλάγιος κυματισμός (κατάσταση θαλάσσης), είτε κυματισμός από το φαινόμενο της αποθαλασσίας, είτε και από άλλο παράγοντα όπως από κυματισμό που προκάλεσε κάποιο διερχόμενο άλλο πλοίο.

3.2.1 Όροι

Απλή διατοίχιση καλείται η κλίση του πλοίου από τη μια πλευρά μέχρι την άλλη και διπλή ή διπλός διατοιγισμός η επάνοδος του στην αρχική θέση ισοροπίας.

Γωνία διατοίχισης ή εύρος διατοιγισμού ονομάζεται το τόξο που διαγράφεται σε μία απλή διατοίχιση. Έτσι αν ένα πλοίο από 5° δεξιά έλθει σε κλίση 5° αριστερά τότε έχουμε γωνία διατοιγισμού 10°. Το εύρος (ανάπτυγμα) της διατοίχισης μετράται δι' ειδικού οργάνου που φέρεται στη «Γέφυρα» του πλοίου και ονομάζεται «κλισιόμετρο» ή «σαλόμετρο».

Περίοδος διατοίχισης ή διατοιγισμού, καλείται ο χρόνος μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η απλή διατοίχιση, δηλαδή μια πλήρης ταλάντωσης, δηλαδή από τη μέγιστη κλίση προς μία πλευρά στη μέγιστη κλίση της άλλης πλευράς και επιστροφή στην αρχική θέση. Αυτή εξαρτάται από το μετακεντρικό ύψος. Η περίοδος διατοίχισης επηρεάζει μέγιστα την ευστάθεια του πλοίου, συνεπώς χρήζει ιδιαίτερης προσοχής.

Απόσβεση διατοιγισμού ονομάζεται η εκμηδένιση του εύρους του διατοιγισμού.

3.2.2 Χαρακτηρισμοί

Πλοίο με μικρό μετακεντρικό ύψος, δηλαδή με μικρή ευστάθεια έχει μεγάλη περίοδο διατοιχισμού. Αντίθετα πλοίο με μεγάλο μετακεντρικό ύψος έχει μεγαλύτερη ευστάθεια και διατοιχίζεται τάχιστα και απότομα, το οποίο καλείτε «σταθερό πλοίο» (stiff vessel), όπως π.χ. τα πολεμικά πλοία, ανεξάρτητα ότι αυτή η διατοιχίση δημιουργεί έντονη ναυτία των επιβαινόντων. Εξ αυτού δε του λόγου προήλθαν και οι λανθασμένες όμως, λαϊκές εκφράσεις: "καλοτάξιδο" και "σκυλοπνίχτης" σε χαρακτηρισμό πλοίων.

Η τροποποίηση της περιόδου διατοιχίσης επιτυγχάνεται για την επιβράδυνση με μεταφορά βαρών, έρμα, καθ' ύψος προς τα πλευρά (πλευρικές δεξαμενές) και για το αντίθετο με πληρότητα των διπυθμένων.

3.2.3 Βασικές παρατηρήσεις

Η μεγάλη διατοιχίση «εν πλω» είναι πολύ επικίνδυνη και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, αφού υπήρξε πολλές φορές αιτία μετακίνησης φορτίου, ιδίως μεταλλευμάτων με καταστροφικό αποτέλεσμα για πολλά πλοία.

Ειδικότερα η διατοιχίση μπορεί να καταστεί επικίνδυνη σε περίπτωση συγχρονισμού (synchronism), που παρατηρείται όταν η περίοδος διατοιχισμού φθάσει το ήμισυ της περιόδου του κύματος, οπότε κάθε νέο κύμα βρίσκει το πλοίο στην αρχή μιας νέας κλίσης. Οι κλίσεις αυτού τότε, αυξάνονται βαθμιαία με κίνδυνο την άμεση ανατροπή του πλοίου, που αποτρέπεται μόνο με τάχιστα αλλαγή της πορείας.

Γενικά μέτρα αντιμετώπισης της διατοιχίσης κατά τη πλεύση είναι τουλάχιστον η διατήρηση πορείας 30°-45° προς το κυματισμό, η μείωση η αυξομείωση της ταχύτητας του πλοίου και η προσθαφαίρεση έρματος.

Επίσης επικίνδυνη για πρόκληση ζημιών είναι η διατοιχίση που προκαλείται από κυματισμό διερχόμενου πλοίου πολύ κοντά σε μαρίνες όπου τα σκάφη εκεί βρίσκονται κυρίως «επ' άλληλα» πλαγιοδετημένα.

Τα σύγχρονα πλοία Επιβατηγά και Κρουαζιερόπλοια, όπου η άνεση των επιβατών είναι σημαντικός παράγοντας, για μείωση του διατοιχισμού φέρουν στα ύφαλα σταθερωτήρες ή πτερύγια ευστάθειας.

Άλλες κινήσεις, μορφές ταλάντωσης πλοίου είναι η πρόνευση ή προνευτασμός (το κοινώς "σκαμπανέβασμα"), και η ανάπαυση (κοινώς "ανεβοκατέβασμα").

Οι διάφοροι χειρισμοί του πλοίου, η κατανάλωση καυσίμων και ποσίου ύδατος, η ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου, ο τρόπος στοιβασίας του (κυρίως), η πλήρωση, ή η εκκένωση θαλασσέρματος κ.λπ. είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ευστάθεια του πλοίου. Η γνώση της ευστάθειας του πλοίου θεωρείται ζωτικής σημασίας και ενδιαφέρει κυρίως στις εγκάρσιες κλίσεις (κατά δεξιά - αριστερή πλευρά), του λεγόμενου διατοιχισμού αφού απ' αυτήν εξαρτάται ο κίνδυνος ανατροπής του πλοίου.

Προκειμένου τα πλοία να διατηρούν την ευστάθειά τους ιδίως όταν είναι άφορτα γεμίζουν τις ειδικές δεξαμενές που φέρουν με έρμα. Στη ναυπηγική γίνεται ιδιαίτερος λόγος για αρχική (initial st.), δυναμική (dynamical st.), αρνητική (negative st.), στατική (statical st.), εγκάρσια ευστάθεια (transverse st.) κ.λπ. που εξαρτάται από το ύψος εξάλλων, επίσης για καμπύλη ευστάθειας (curve of st.), όριο ευστάθειας (range of st.) καθώς και για ροπή ευστάθειας (moment of st.).

Για όλες όμως τις παραπάνω αναφορές έξι είναι οι βασικές έννοιες: η βαρύτητα και το κέντρο βάρους, η άντωση και το κέντρο άντωσης, καθώς και το μετάκεντρο και το μετακεντρικό ύψος, όπου εξ αυτών ορίζονται σχετικές αποστάσεις και ροπές επί των διαστάσεων του κάθε πλοίου.

Η εξακρίβωση της ευστάθειας ενός πλοίου γίνεται με ειδικό πείραμα το λεγόμενο πείραμα ευσταθείας (experiment of stability).

3.2.4 Επίδραση ελεύθερων επιφανειών υγρών στο πλοίο

Η ύπαρξη ελεύθερων επιφανειών έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του μετακεντρικού ύψους και γενικά την επιδείνωση ευστάθειας των πλοίων.

Φρόνιμο δε θεωρείται η αρχική σχεδίαση του πλοίου να μεριμνά περί των ελεύθερων επιφανειών των δεξαμενών του να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τον σκοπό αυτό είναι η υποδιαίρεση των δεξαμενών του πλοίου με διαμήκεις στεγανές φρακτές σε αριστερές, αριστερές και μεσαίες ή ακόμη και σε περισσότερα τμήματα.

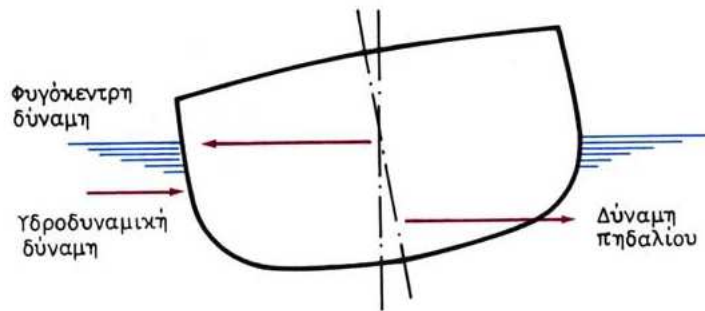
Ο λόγος αυτής της αναγκαιότητας της διαίρεσης του χώρου αφορά την επικινδυνότητα της αναπόφευκτης και συνεχούς δημιουργίας ελεύθερων επιφανειών.

Οι λόγοι είναι προφανείς αφού σ' ένα πλοίο από τις διάφορες δεξαμενές του καταναλίσκονται διάφορα υγρά συμπεριλαμβανομένου και τα υγρά που καταναλίσκονται για

λειτουργικούς και άλλους λόγους, όπου τα υγρά καταλήγουν στις σεντίνες του πλοίου (εξυδατώσεις μηχανημάτων, υπερχειλίσσεις δεξαμενών κ.τ.λ).

3.2.5 Φυγόκεντρη δύναμη κατα την στροφή του πλοίου

Ο τρόπος δημιουργίας της φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, εικόνα 3.2.5.1. Σε αυτό παρατηρείται η περίπτωση ενός συνηθισμένου πλοίου, ενώ τα μικρά ταχύπλοα επειδή η γάστρα τους έχει ειδικό σχήμα παίρνουν αντίθετη κλίση.



Εικόνα 3.2.5: Φυγόκεντρη δύναμη κατα την στροφή του πλοίου.

Σε αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζεται πάνω στο πλοίο κάποια ροπή Q . Το πλοίο θα πάρει τέτοια εγκάρσια κλίση ώστε η ροπή υδροστατικής προελεύσεως να είναι ίση και αντίθετη με την Q . Έτσι για δεδομένο εκτόπισμα του πλοίου η γωνία εγκάρσιας κλίσεως θα είναι τόσο μικρότερη όσο μεγαλύτερο είναι το μετακεντρικό ύψος. Με βάση τα παραπάνω θα μπορούσε κανείς να πεί ότι είναι επιθυμητό να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μετακεντρικό ύψος, γιατί έτσι οι σχετικές εγκάρσιες κλίσεις θα ήταν μικρότερες. Αυτό όμως δεν συμβαίνει αν λάβουμε υπόψη και τις εγκάρσιες ταλαντώσεις του πλοίου σε διατοιχισμό. Η συχνότητα του διατοιχισμού και οι δυναμικές καταπονήσεις που οφείλονται σε αυτόν αυξάνονται όσο αυξάνεται το μετακεντρικό ύψος, με συνέπεια την επιδείνωση του επιπέδου ανέσεως του πλοίου και την δημιουργία μεγάλων επιταχύνσεων. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό γιατί καταβάλλεται φροντίδα ώστε με διάφορους σχεδιαστικούς και χειριστικούς τρόπους να έχει το πλοίο μετακεντρικό ύψος λίγο μεγαλύτερο από όσο είναι απαραίτητο για την κάλυψη των απαιτήσεων ασφαλείας όπως αυτές καθορίζονται από τους σχετικούς κανονισμούς.

Ειδικά στα επιβατικά πλοία το μετακεντρικό ύψος θα πρέπει να είναι επαρκές ώστε:

1. Να εμποδίζει τη δημιουργία σημαντικής εγκάρσιας κλίσεως, όταν λόγω βλάβης κατακλυσθεί κάποιο ασύμμετρο διαμέρισμα του πλοίου.
2. Να εμποδίζει τη δημιουργία σημαντικής εγκάρσιας κλίσεως, όταν συγκεντρωθούν όλοι οι επιβάτες στη μια πλευρά και μάλιστα στο υψηλότερο κατάστρωμα.
3. Να εμποδίζει τη δημιουργία σημαντικής εγκάρσιας κλίσεως, όταν πνέει ισχυρός άνεμος από την πλευρά ή όταν το πλοίο πραγματοποιεί στροφή με τη μέγιστη ταχύτητα.

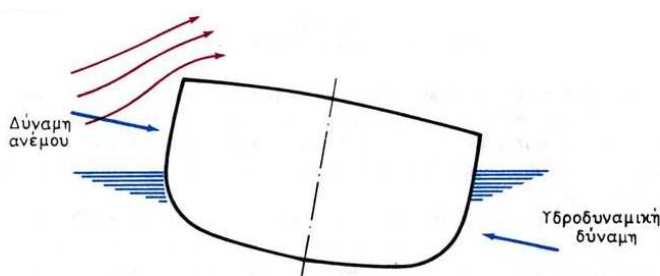
3.2.6 Η ασυμμετρία της κατανομής των βαρών σε σχέση με το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου

Μπορούμε να πούμε ότι στην κατασκευή και χρησιμοποίηση του πλοίου καταβάλλεται προσπάθεια το κέντρο βάρους του να βρίσκεται πάνω στο επίπεδο συμμετρίας. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε δυνατό, γιατί κατά τη χρησιμοποίηση του πλοίου, υπάρχουν πολλοί λόγοι που μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση του κέντρου βάρους του σε θέση εκτός του επιπέδου συμμετρίας, όπως π.χ. η ανεξέλεγκτη μετακίνηση φορτίου.

3.2.7 Η επίδραση ανέμου-ροπής έλικας

Η επίδραση του ανέμου πάνω στα έξαλα του πλοίου, είναι ένας άλλος λόγος δημιουργίας εγκάρσιας κλίσεως.

Η ροπή της έλικας στα μονέλικα πλοία μπορεί να δημιουργήσει κλίση περίπου στη 1° ή και μεγαλύτερη στα μικρότερα σκάφη όπως φαίνετε στο παρακάτω σχήμα της εικόνας 3.2.7.1.



Εικόνα 3.2.7: Η επίδραση ανέμου-ροπής έλικας.

3.2.8 Ταλαντώσεις από κυματισμό

Υπάρχουν δύο είδη ταλαντώσεων, που οφείλονται σε διέγερση από κυματισμό. Η διέγερση της μορφής αυτής συμβαίνει κατά δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος είναι η δημιουργία μιας συνεχούς τυχαίας ταλαντώσεως με κάποιο είδος συντονισμού με τα κύματα, κατά την οποία οι δυνάμεις διεγέρσεως επενεργούν σε όλο το μήκος του πλοίου. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται σαν ταλάντωση κυματισμού (**springing**). Ο δεύτερος είναι σφυροκρούσεις της πλώρης και του πυθμένος του πλοίου που συμβαίνουν σε πολύ άσχημη κατάσταση θάλασσας και μπορούν να προκαλέσουν παροδικές ταλαντώσεις που αρχίζουν απότομα και σιγά σιγά σβήνουν. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ταλάντωση χτυπήματος (**whipping**). Τα δύο αυτά είδη ταλαντώσεως συμβαίνουν συνήθως μαζί και είναι δύσκολο να τα διακρίνει κανείς στην πράξη. Η κίνηση που προκαλείται από την ταλάντωση κυματισμού υπερτίθεται στις συνήθεις κινήσεις προνευστασμού και καθ' ύψος ταλαντώσεως του πλοίου. Σε μεγάλα πλοία η παραμόρφωση από ταλάντωση κυματισμού μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί με το μάτι. Οι επιταχύνσεις μπορούν επίσης να γίνουν αισθητές από τους ανθρώπους που βρίσκονται πάνω στο πλοίο. Το επίπεδο ταλαντώσεως ενός πλοίου από κυματισμό εξαρτάται κατά πολύ από την κατάσταση της θάλασσας και του πλοίου. Οι θεωρητικές προβλέψεις είναι δύσκολες κυρίως λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζουν η υδροδυναμική διέγερση και η απόσβεση.

Είδη μετρήσεως ταλαντώσεων κυματισμού:

α) Η ταλάντωση κυματισμού αυξάνεται με αύξηση της φυσικής συχνότητας. Αυτό κυρίως σημαίνει ότι πλοία μεγάλου μήκους και λεπτά εκτίθενται περισσότερο από πλοία μικρού μήκους και επεξηγεί το γιατί πολλή προσπάθεια ελέγχου του φαινομένου έχει δαπανηθεί στα πλοία των μεγάλων λιμνών.

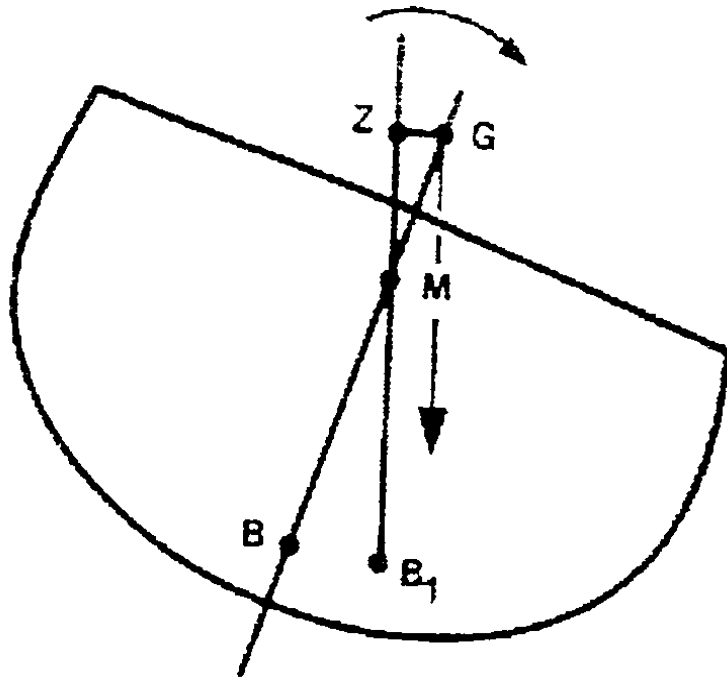
β) Η ταλάντωση κυματισμού μειώνεται με την αύξηση του βυθίσματος του πλοίου. Αυτό είναι εύκολα κατανοητό γιατί η πίεση από τον κυματισμό μειώνεται γρήγορα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

γ) Η ταλάντωση κυματισμού αυξάνεται με την ταχύτητα του πλοίου. Εάν το πλοίο επιταχύνεται μέσα σε μετωπικούς κυματισμούς, τα κύματα που είναι σε συντονισμό με τις ταλαντώσεις κυματισμού θα έχουν όλο και μικρότερη συχνότητα και όλο και μεγαλύτερο μήκος κύματος.

δ) Η ταλάντωση κυματισμού αλλάζει με την κατεύθυνση των κυμάτων. Η ταλάντωση κυματισμού είναι μέγιστη με μετωπικούς κυματισμούς και ελάχιστη με ακολουθούντες

κυματισμούς. Πρέπει όμως να αναφερθεί ότι η ταλάντωση κυματισμού δεν εξαφανίζεται με πλευρικά κύματα.

Παρακάτω παριστάνεται σε σχήμα στην εικόνα 3.2.8, η σχηματική μορφή ενός σκαριφήματος ταλαντώσεις από κυματισμό.



Σχήμα 3.2.8:Σκαρήφημα ταλαντώσεων από κυματισμό.

Κεφάλαιο 4

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Γενικά

Η πρόληψη ή μείωση των διατοιχισμών των πλοίων υπήρξε αντικείμενο εκτενούς έρευνας και διαφόρων εφευρέσεων, έτσι ώστε να αναπτυχθούν συστήματα μείωσης και αποσβέσεως του διατοιχισμού των πλοίων σ' ένα ικανοποιητικό βαθμό. Παρακάτω γίνεται εκτενέστερη αναφορά στα συστήματα σταθεροποίησης.

Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- 1) **Παθητικά συστήματα.**
- 2) **Ενεργητικά συστήματα.**

Τα συστήματα αυτά (Παθητικά - Ενεργητικά) χωρίζονται σε κάποιες υποκατηγορίες με την σειρά τους:

Παθητικά

- 1) Αντιδιατοιχιστικές δεξαμενές.
- 2) Κινούμενα βάρη.
- 3) Παρατροπίδια.

Ενεργητικά

- 1) Αντιδιατοιχιστικά πτερύγια.
- 2) Αντιδιατοιχιστικές δεξαμενές.
- 3) Γυροσκοπική σταθεροποίηση.

4.1 Παθητικά Συστήματα Ευστάθειας

4.1.1 Παρατροπίδια

Παρατροπίδιο (bilge keel) εικόνα 4.1.1, ονομάζεται μεταλλικό κατασκεύασμα μικρού πλάτους υπό μορφή λωρίδας που φέρεται κάθετα σταύφαλα του πλοίου σε μορφή μόνιμου πτερυγίου, στη καμπύλη της στροφής της γάστρας. Επειδή αυτά είναι δύο, που φέρονται συμμετρικά ως προς την τρόπιδα (καρένα), ένα από κάθε πλευρά, συνηθίζεται ν' αναφέρεται στον πληθυντικό "παρατροπίδια".

Τα παρατροπίδια συνδέονται στερεά με το σκάφος άλλοτε με κάρφωση και σήμερα με ηλεκτροσυγκόλληση, σχηματίζοντας γωνία 90° με το περίβλημα των υφάλων στα σημεία σύνδεσης. Συνηθέστερα φέρονται ως ενιαίο ανά πλευρά καταμήκος του σκάφους και πολύ σπάνια από 2 ή 3 τεμάχια ανά πλευρά. Τα παρατροπίδια δεν θα πρέπει αφενός να προεξέχουν της πλευράς του πλοίου (αυτό θα εμπόδιζε την παραβολή του πλοίου), αλλά και ούτε του πυθμένα του πλοίου, (που θα κινδύνευαν έτσι να καταστραφούν σε περίπτωση δεξαμενισμού του).

Όπως έχει αποδειχθεί με πειραματικές μεθόδους τα παρατροπίδια παρουσιάζουν τ' ακόλουθα φαινόμενα:

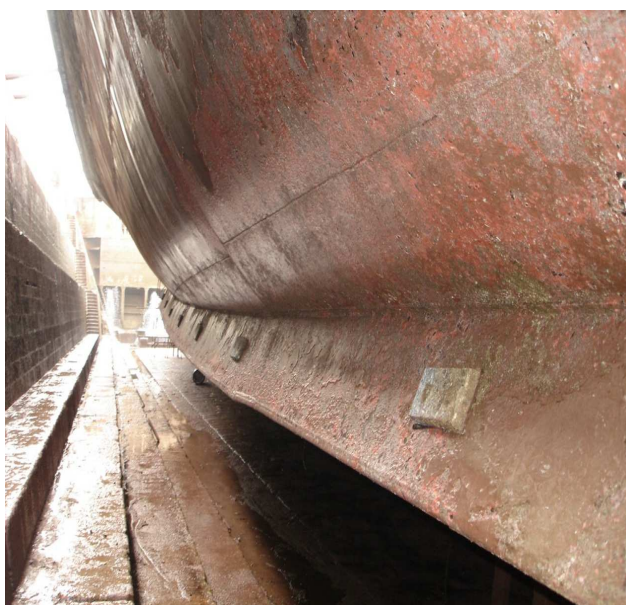
1. Αισθητή ελάττωση του διατοιχισμού.
2. Ελάττωση του μέγιστου εύρους της διατοίχισης.
3. Μικρή παράλληλα αύξηση της περιόδου του διατοιχισμού.
4. Αύξηση της αντίστασης πλευσης του σκάφους, που αυτό έχει βέβαια ως συνέπεια τη μείωση της ταχύτητας και κατ' επέκταση την αύξηση της κατανάλωσης.

Γενικά η απόδοση των παρατροπιδίων είναι ανάλογη προς την επιφάνειά τους, την απόσταση αυτών από τον άξονα περιστροφής του σκάφους κατά τον διατοιχισμό και αντιστρόφως ανάλογη προς την περίοδο διατοίχισης. Κατά τις μεγάλες γωνίες ταλάντωσης τα παρατροπίδια δρουν πολύ καλλίτερα. Συνεπώς είναι αποτελεσματικότερα στις μεγάλες ταχύτητες. Αυτός είναι και ο λόγος που παρατηρούνται τελευταία και σε μεγάλα ταχύπλοα σκάφη αναψυχής.

Η αναλογία της επιφάνειας των παρατροπιδίων ως προς το εμβαδόν της ισάλου πλευσης κυμαίνεται μεταξύ του 0,10 και 0,15. Το δε μήκος των παρατροπιδίων προσδιορίζεται μεταξύ του $1/3$ μέχρι και $2/3$ του ολικού μήκους του σκάφους, ενώ το πλάτος τους μεταξύ 0,40 εκ. μέχρι και 1 μέτρο (φθάνει να μη προεξέχουν της πλευράς του σκάφους). Τα παρατροπίδια αυξάνουν τη μάζα

του νερού που κινείται (παρασύρεται) με το πλοίο και επομένως αυξάνουν την ακτίνα αδράνειας $K_{\chi\chi}$ και την φυσική περίοδο διατοιχισμού T . Επί πλέον δημιουργούν αντιστάσεις στην περιστροφή του πλοίου περί τον διαμήκη άξονα. Το ολικό αποτέλεσμα είναι μείωση του εύρους και της περιόδου του διατοιχισμού.

Τα παρατροπίδια λόγω της απλότητας, της οικονομικότητας και της αποδοτικότητας τους, έχουν ευρεία εφαρμογή στα πλοία. Μειονεκτούν όμως γιατί το πλοίο πρέπει να διατοιχίζεται και να κινείται για να γίνουν αποτελεσματικότερα. Η μικρή αύξηση της αντιστάσεως προώσεως, την οποία επιφέρουν, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μειονέκτημα αφού και στα υπόλοιπα συστήματα απαιτείται κατανάλωση ενέργειας ή αύξηση της αντιστάσεως προώσεως.

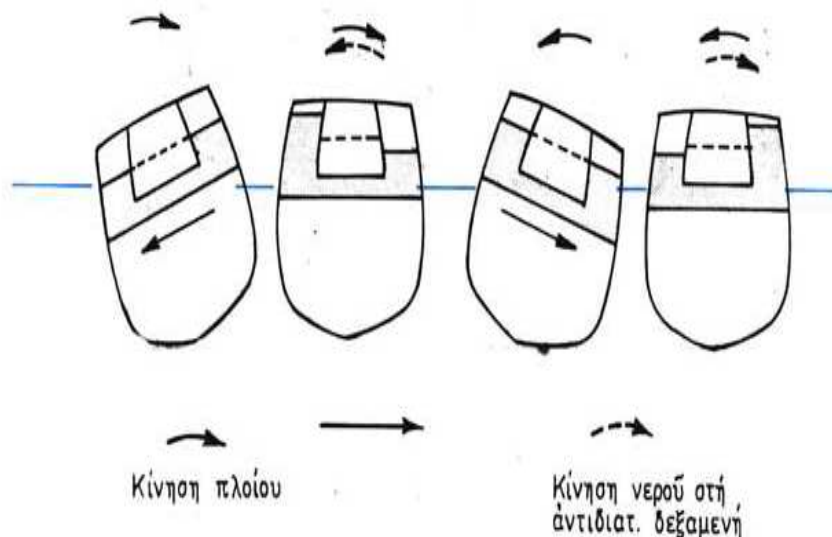


Εικόνα 4.1.1:Παροτροπίδια ενός πλοίου.

4.1.2 Αντιδιατοιχιστικές παθητικές δεξαμενές

Το μέγεθος των δεξαμενών και των οχετών επικοινωνίας, έχει υπολογισθεί έτσι ώστε όταν οι δεξαμενές είναι μισογεμάτες η φυσική περίοδος της εγκάρσιας ταλαντώσεως του νερού μέσα στις δεξαμενές να είναι περίπου ίση με τη φυσική περίοδο διατοιχισμού του πλοίου.

Ο επάνω οχετός επικοινωνίας επιτρέπει αντίστοιχα τη ροή του αέρα μέσα στις δεξαμενές κατά τις μετακινήσεις του νερού. Με τα επιστόμια που βρίσκονται πάνω του μπορεί να επηρεασθεί η φάση και η περίοδος ταλαντώσεως του νερού που υπάρχει μέσα στο σύστημα. Η φάση ροής του νερού μέσα στις δεξαμενές είναι ρυθμισμένη έτσι, ώστε να υστερεί από την κίνηση ταλαντώσεως κατά 90° περίπου και το νερό να ρέει πάντοτε προς την πλευρά της κλίσεως με καθυστέρηση, προκαλώντας έτσι ζεύγος αντίθετο προς το εκάστοτε ζεύγος διατοιχισμού, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 4.1.2.



Σχήμα 4.1.2: Ζεύγος διατοιχισμού.

Πλεονεκτήματα των παθητικών δεξαμενών

- Απλότητα και οικονομική λειτουργία.
- Ικανοποιητική απόδοση με δυνατότητα περιορισμού του εύρους της κινήσεως περίπου στο μισό απ'ότι θα ήταν χωρίς το σύστημα.
- Πιθανότητα εκκενώσεως των χώρων και χρησιμοποίησέως τους για άλλους σκοπούς.

Μειονεκτήματα των παθητικών δεξαμενών

- Μεταβαλλόμενη απόδοση ανάλογα με το εκτόπισμα του πλοίου.
- Ανεπαρκή απόδοση σε ακανόνιστα κύματα.
- Δυσμενής επίδραση στη ευστάθεια του πλοίου.

4.1.3 Κινούμενα βάρη

Θεωρούνται όλα τα εξαρτήματα-μηχανήματα που βρίσκονται τοποθετημένα επάνω στο κατάστρωμα. Στην παρακάτω εικόνα 4.1.3 φαίνονται ορισμένα μηχανήματα του καταστρώματος όπως είναι για παράδειγμα τα κρένια.



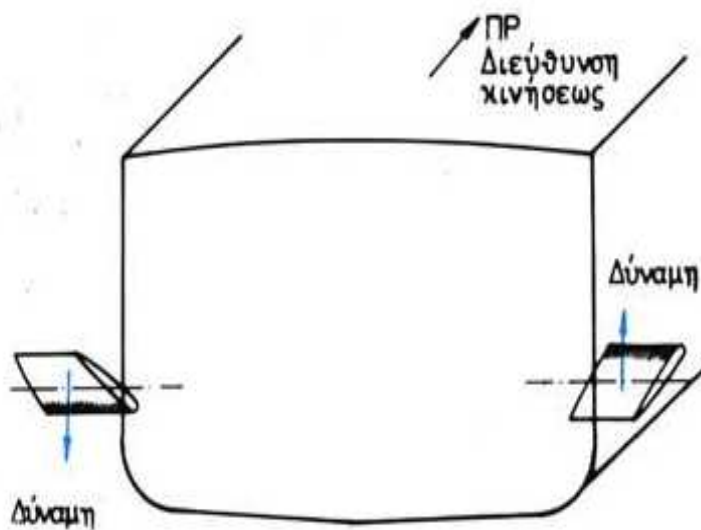
Εικόνα 4.1.3:Μηχανήματα (κρένια) πλοίου.

4.2 Ενεργητικά Συστήματα Ευστάθειας

4.2.1 Αντιδιατοιχιστικά πτερύγια

Το σύστημα αυτό αποτελείται κατά βάση από ένα ζεύγος πτερυγίων τα οποία τοποθετούνται στην πλευρά περίπου στο μέσο του πλοίου και κοντά στο κυρτό της γάστρας. Τα πτερύγια μοιάζουν με ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο και μπορούν να εξέχουν μόνιμα από την γάστρα και να αναδιπλώνονται.

Όταν εξέχουν από το πλοίο μπορούν να περιστραφούν με τη βοήθεια άξονα όπως τα πηδάλια. Το αριστερό και το δεξιό πτερύγιο στρέφονται συγχρόνως αλλά και αντίθετα έτσι ώστε να δημιουργείται ζεύγος αντίθετο προς αυτό που προκαλεί την εγκάρσια κλίση. Στην παρακάτω εικόνα 4.2.1 φαίνεται η τομή ενός πλοίου με αντιδιατοιχιστικά πτερύγια αλλά και οι δυνάμεις που ενεργούν.



Εικόνα 4.2.1: Αριστερό και δεξί πτερύγιο καθώς και οι δυνάμεις που ενεργούν.

Η κίνηση της στροφής των πτερυγίων πετυχαίνεται υδραυλικά. Τα αντιδιατοιχιστικά είναι πολύ αποτελεσματικά διότι μειώνουν το εύρος του διατοιχισμού κατά 80% περίπου, αλλά για να λειτουργήσουν αποδοτικά απαιτείται κίνηση του πλοίου για να δημιουργηθεί το απαιτούμενο ζεύγος ανορθώσεως.

Στην παρακάτω εικόνα 4.2.2 απεικονίζεται ένα σταθερό πτερύγιο που ονομάζεται σταθεροποιητής, το οποίο χρησιμοποιείται μαζί με τα αντιδιατοιχιστικά πτερύγια.

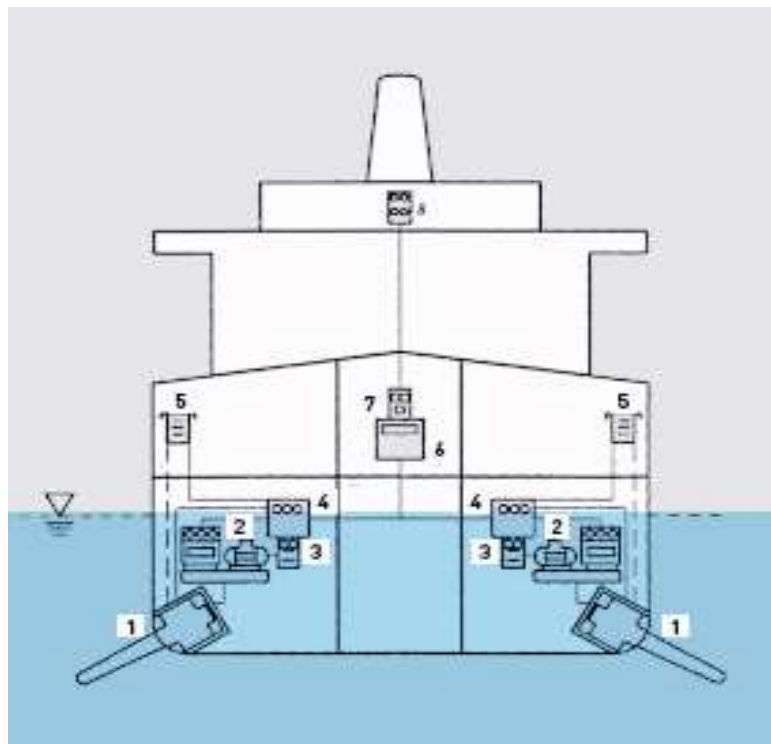


Εικόνα 4.2.2: Σταθεροποιητής.

Τα αντιδιατοιχιστικά πτερύγια κατασκευάζονται σε τρία είδη:

- 1) **Τα μόνιμα εξέχουν από την γάστρα**, όταν δεν υφίσταται επαρκής χώρος για την εισολκή τους μέσα στο πλοίο.
- 2) **Τα αναδιπλούμενα**, τα οποία όταν δεν λειτουργούν αναδιπλώνονται σε ειδικές υποδοχές της γάστρας.
- 3) **Τα εισελκόμενα ή συστρωτά**, τα οποία όταν δεν λειτουργούν εισέλκονται με υδραυλικούς μηχανισμούς μέσα στο πλοίο.

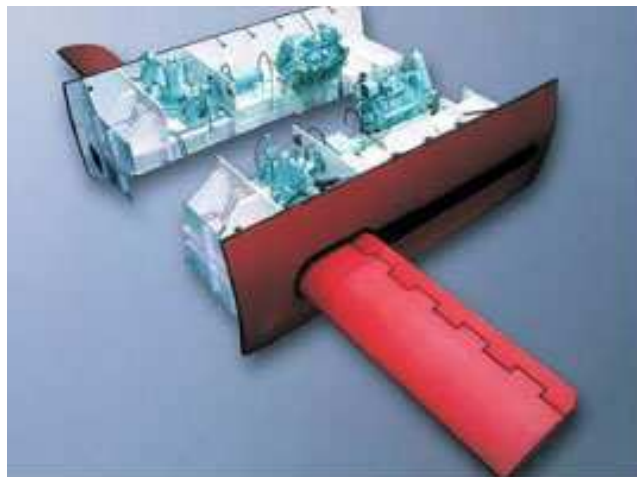
Από τα τρία είδη που αναφέρονται παραπάνω, ο πιά διαδεδομένος είναι αυτός με τα εισελκόμενα πτερύγια, γνωστός ως σταθερωτής τύπου Denny – Brown όπως φαίνεται και στις εικόνες 4.2.2.1, 4.2.2.2 και 4.2.2.3. Στην 1^η και στην 3^η εικόνα από αυτές εμφανίζονται τα πτερύγια μαζί με τους ηλεκτροϋδραυλικούς μηχανισμούς κίνησης.



Εικόνα 4.2.2.1: Πτερύγια τύπου Denny – Brown.



Εικόνα 4.2.2.2: Πτερύγια τύπου Denny – Brown.



Εικόνα 4.2.2.3: Πτερύγια τύπου Denny – Brown.

Η εγκατάσταση των πτερυγίων περιλαμβάνει τα χειριστήρια που βρίσκονται στην γέφυρα, το σύστημα ελέγχου και την μονάδα ισχύος που και τα δύο βρίσκονται μέσα στο διαμέρισμα των σταθερωτών.

Τα πτερύγια κατασκευάζονται σε δύο τμήματα:

- 1) Το κύριο τμήμα προσαρμοσμένο στον κορμό του άξονα που αιωρείται γύρω από τον κεντρικό άξονα.
- 2) Το μικρό πρόσθετο ουραίο πτερύγιο που αρθρώνεται στην ουραία ακμή του κύριου πτερυγίου, να είναι διατεταγμένο έτσι ώστε η γωνιακή μετακίνηση του να είναι

μεγαλύτερη απ' αυτή του κορμού του πτερυγίου και κατά την ίδια κατεύθυνση. Με κατάλληλο σύστημα μεταδόσεως μέσω μοχλών επιτυγχάνεται καταρχήν η στροφή των ουραίων πτερυγίων, η οποία προηγείται από την στροφή των κύριων πτερυγίων.

4.2.2 Αντιδιατοιχιστικές ενεργητικές δεξαμενές

Οι ενεργές δεξαμενές διακρίνονται με βάση τις ίδιες αρχές που διακρίνονται και οι παθητικές. Η βασική τους διαφορά από τις παθητικές είναι ότι η μεταφορά των υγρών μαζών από την μία πλευρά στην άλλη γίνεται με ενέργεια που δίνεται από το πλοίο. Σ' ένα από τα πιο συνηθισμένα συστήματα χρησιμοποιείται αέρας υπό πίεση.

Πλεονεκτήματα ενεργητικών δεξαμενών.

- Αποδίδουν σχεδόν σε οποιοδήποτε συνδυασμό φυσικής περιόδου πλοίου και καταστάσεως κυματισμού.
- Αποδίδουν πολύ ικανοποιητικά σε ακανόνιστη θάλασσα.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γρήγορη εξουδετέρωση μίας επικίνδυνης στατικής εγκάρσιας κλίσεως.
- Μπορούν σε ήρεμο νερό να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία τεχνητών κινήσεων του πλοίου.

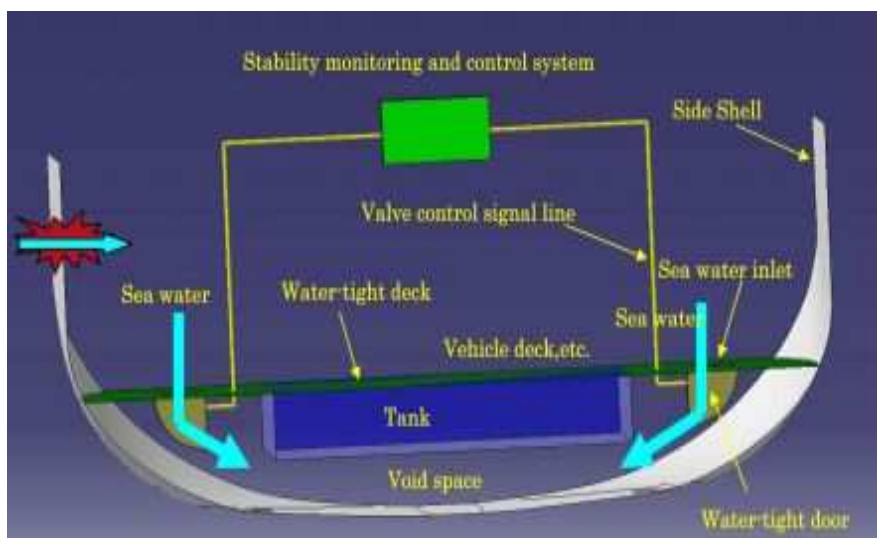
Μειονεκτήματα ενεργητικών δεξαμενών.

- Υψηλό αρχικό κόστος.
- Πολυπλοκότητα.
- Υψηλό κόστος λειτουργίας τους.

Σχέδιο συστήματος ελέγχου και ευστάθειας πλοίου (Stability monitoring and control system)

Έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα (εικόνα 4.2.2.1) από την *Mitsubishi Heavy Industries* για την ενίσχυση της ευστάθειας των πλοίων, το οποίο ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο αναποδογυρίσεως αυτών. Το νέο αυτό σύστημα απευθύνεται κυρίως σε πλοία επιβατηγά - οχηματαγωγά. Με αυτούς τους τύπους πλοίων κατα νου, η εταιρία ανέπτυξε ένα σύστημα με έμφαση στο χαμηλό κόστος.

Εάν η γάστρα του πλοίου έχει υποστεί ζημιά στην θάλασσα, το σύστημα αυτό μεταφέρει το πλημμυρισμένο θαλασσινό νερό σε κένους χώρους στο κάτω μέρος του πλοίου, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο ανατροπής του, λόγω της βελτίωσης της δυναμικής ανόρθωσης μέσω της γρήγορης μείωσης του κέντρου βάρους του πλοίου. Εκμεταλεύεται τους κενούς χώρους κοντά στο κάτω μέρος του πλοίου, με την χρήση χώρων που διατίθενται για άλλες λειτουργίες όπως π.χ. δεξαμενές έρματος. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την ταχεία πλήρωση νερού και την μείωση του κέντρου βάρους για την αντιμετώπιση καταστάσεων εκτάκτης ανάγκης.



Εικόνα 4.2.2: Stability monitoring and control system.

Το σύστημα παρακολούθησης και σταθερότητας του πλοίου όπως απεικονίζεται στην εικόνα 4.3.1, λειτουργεί σε περίπτωση εισόδου νερού στο κύτος του πλοίου. Η διαδικασία ξεκινάει δίνοντας αμέσως εντολή στην βαλβίδα ελέγχου, ούτως ώστε να ανοίξει και να κλείσει τις κατάλληλες θυρίδες που ελέγχουν την είσοδο του θαλασσινού νερού στο κάτω μέρος του σκάφους, μετατοπίζοντας έτσι τις μάζες του θαλασσινού νερού, ώστε να σταθεροποιηθεί το πλοίο μετά την ζημιά που υπέστη η γάστρα του. Στην εικόνα παρουσιάζονται σχηματικά το σύστημα

παρακολούθησης και ελέγχου της λειτουργίας του συστήματος (stability monitoring and control system) οι γραμμές ελέγχου των βαλβίδων του συστήματος (valve control signal line) και οι δίοδοι ελεγχόμενης εισόδου του θαλασσινού νερού (sea water inlet).

Απαραίτητοι όροι για την κατανόηση του συστήματος ελέγχου και ευστάθειας πλοίου.

- **Sea water:** Θαλασσινό νερό.
- **Valve control signal line:** Γραμμή σήματος ελέγχου βαλβίδων.
- **Water tight deck:** Στεγανό κατάστρωμα.
- **Vehicle deck:** Κατάστρωμα οχημάτων.
- **Tank:** Δεξαμενή.
- **Void space:** Κενός χώρος.
- **Water tight door:** Θυρίδες νερού.
- **Sea water inlet:** Είσοδος θαλασσινού νερού.
- **Side shell:** Πλευρά κελύφους.

4.2.3 Γυροσκοπική σταθεροποίηση

Το γυροσκόπιο στην ναυτιλία χρησιμοποιείται, για την **σταθεροποίηση**, τον **προσανατολισμό** και την **πλοήγηση** των πλοίων. Στην περίπτωση της σταθεροποίησης σημαίνει, ότι η διεύθυνση της γωνίας κλίσης θα αλλάξει μόλις ασκηθεί κάποια δύναμη στο γυροσκόπιο.

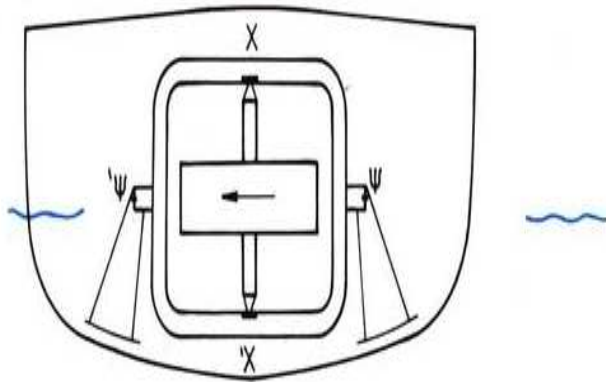
Η λειτουργία του γυροσκοπίου συνίσταται στη διατήρηση ταχείας περιστροφής ενός σφονδύλου, ο οποίος τοποθετείται εντός κινούμενου πλαισίου το οποίο διατηρεί τη συνισταμένη των εξωτερικών ροπών ίση με το μηδέν. Έτσι αν το πλοίο λάβει κλίση είτε ως προς το διαμήκη είτε ως προς τον εγκάρσιο άξονα, ο σφόνδυλος του γυροσκοπίου θα συνεχίσει να περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα ενώ παράλληλα θα διατηρείται προσανατολισμένος στην ίδια διεύθυνση.

Η γωνιακή απόκλιση ανάμεσα στο σταθερά προσανατολισμένο σφόνδυλο του γυροσκοπίου και τους άξονες των στελεχών του περιστρεφόμενου πλαισίου, παρέχει τις πληροφορίες αφενός των γωνιών στροφής, αφετέρου του ρυθμού μεταβολής τους. Με την πάροδο του χρόνου η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στη δραστική αύξηση της ακρίβειας της μετρήσεως των δύο προαναφερομένων πληροφοριών.

Με τις βελτιώσεις που προαναφέρθηκαν προέκυψε σταδιακά η δυνατότητα της χρήσεως του γυροσκοπίου σε πλήθος εφαρμογών όπως:

- α) Εκτέλεση ακριβούς ναυτιλίας.
- β) Μηχανισμοί σταθεροποιήσεως (stabilizers) κινουμένων οχημάτων (πλοία, αεροσκάφη, υποβρύχια, κατευθυνόμενα βλήματα).
- γ) Συστήματα αδρανειακής ναυτιλίας.
- δ) Συστήματα αυτόματου πιλότου.

Η ενέργεια του γυροσκοπικού σταθεροποιητή, βασίζεται πάνω στην θεωρία του γυροσκοπίου. Στο σχήμα 4.2.3.1 απεικονίζεται ένα γυροσκόπιο το οποίο βρίσκεται μέσα σε πλαίσιο που περιστρέφεται περί τον άξονα XX' .



Σχήμα 4.2.3.1:Περιστρεφόμενο γυροσκόπιο.

Αν το πλοίο στραφεί περί το διαμήκη άξονα δηλαδή διατοιχισθεί, θα δημιουργηθεί από την αντίδραση του γυροσκοπίου ζεύγος που εφαρμόζεται πάνω στους τριβείς $\Psi\Psi'$ και αντιστέκεται στο διατοιχισμό.

Η πρώτη από τις συσκευές αυτές εφευρέθηκε από τον Schlick και εφαρμόσθηκε σ' ένα γερμανικό αντιτορπιλικό. Η συσκευή αποτελείται από τον σφόνδυλο-γυροσκόπιο, του οποίου ο κατακόρυφος άξονας εδράζεται σ' ένα πλαίσιο. Το πλαίσιο εδράζεται στα σταθερά με το σκάφος συνδεδεμένα έδρανα και μπορεί να ταλαντεύεται περί τον εγκάρσιο άξονα ως εκρεμμές. Η πέδη ρυθμίζει την περίοδο αιωρήσεως του πλαισίου.

Κατά την διατοιχίση του πλοίου δημιουργούνται λόγω γυροσκοπικής επιδράσεως αιωρήσεις του πλαισίου κατά την έννοια του πώρα-πρύμνη, εκ των οποίων κατά αυτή την επίδραση εφαρμόζεται μία τάση ή μία ροπή ταλαντώσεως, στο εγκάρσιο επίπεδο των σταθερών εδράνων. Σαν αποτέλεσμα έχει η δευτερογενώς δημιουργουμένη ροπή, να είναι αντίθετη προς την ροπή κλίσεως με αποτέλεσμα την μείωση των διατοιχίσεων.

Στην γυροσκοπική συσκευή του Sperry, η οποία βασίζεται στην αρχή εργαζομένη, υφίσταται η διαφορά ότι οι ταλαντώσεις του πλαισίου δεν παράγονται ως αυτόματο αποτέλεσμα των διατοιχίσεων του πλοίου, αλλά προκαλούνται με την βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα ρυθμίζοντας την περίοδο, αντί της διαπέδης ρυθμίσεως του συστήματος Schlick. Η εκκίνηση όμως του ηλεκτροκινητήρα και η ρύθμιση της ταχύτητάς του, γίνονται μέσω πλοηγού γυροσκοπίου (Pilot gyroscope) όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.2.3.2.



Εικόνα 4.2.3.2:Εσωτερική όψη πλοηγού γυροσκοπίου.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σύμφωνα με όσα έχουν διατυπώσει παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα συστήματα σταθεροποίησης, είναι σημαντικά για την ασφαλή ναυσιπλοία του πλοίου επειδή ανταποκρίνονται αποτρεπτικά σε διάφορες εξωτερικές δυνάμεις οι οποίες τείνουν να ανατρέψουν ή να αποσταθεροποιήσουν ένα πλοίο. Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία αναφέρθηκαν σημαντικοί ορισμοί περι της ευστάθειας που εμπλέκονται στην λειτουργία αυτών των συστημάτων.

Επίσης αναφέρθηκαν και τα αίτια που επηρεάζουν την ευστάθεια του πλοίου όπως είναι η κίνηση του κύματος, οι πιέσεις ανέμου και η φυγόκεντρος δύναμη κατά την στροφή του πλοίου. Επιπροσθέτως γίνεται διαχωρισμός των κλίσεων, οι οποίες διακρίνονται σε εγκάρσιες και διαμήκεις κλίσεις και αντιστοιχα σε μόνιμες και παροδικές.

Στη συνέχεια αναφέρονται τα συστήματα σταθεροποίησης των πλοίων διεξοδικά, καθώς και οι διακρίσεις τους σε ενεργητικά και παθητικά και οι επιμέρους κατηγορίες τους.

Κλείνοντας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η εξέλιξη και η εφαρμογή των συστημάτων σταθεροποίησης πλοίων έχει κάνει μεγάλα άλματα και μαζί με τα υπόλοιπα συστήματα ελέγχου στα πλοία βρίσκεται στην αιχμή της εξέλιξης της ναυτιλιακής τεχνολογίας. .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Στοιχεία Ναυπηγείας – Εμ. Ν. Ζωγραφάκη ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ (Τ) Π.Ν. – ΝΑΥΠΗΓΟΥ.
2. Στοιχεία Ναυπηγείας – Εμ. Ν. Ζωγραφάκη ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ (Τ) Π.Ν. – ΝΑΥΠΗΓΟΥ.
3. Ευστάθεια – Φόρτωση ΙΩΑΝΝΟΥ ΕΜ. ΚΟΛΛΙΝΙΑΤΗ ΠΛΟΙΑΡΧΟΥ (Μ) Π.Ν.
4. <http://www.motorship.com/>
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Stability>
6. SHIP STABILITY AND BUOAYANCY.
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope>.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
Κεφάλαιο 1	6
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΛΟΙΩΝ.....	6
1.1 Γυροσκόπια	6
1.2 Συστήματα σταθεροποίησης με σταθερά πτερύγια(bilge keels).....	9
Κεφάλαιο 2	12
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ	12
2.1 Ορισμός ευστάθειας	12
2.2 Μελέτη ευστάθειας πλοίου.....	12
2.3 Βασικοί όροι - ορισμοί.....	13
2.4 Κύρια στοιχεία	14
2.5 Κύρια βοηθήματα.....	14
2.6 Διαγωγή πλοίου	15
2.7 Ίσαλος.....	16
2.8 Άντωση πλοίου.....	17
2.9 Κέντρο βάρους πλοίου	18
2.10 Μετάκεντρο	19
2.11 Κέντρο άντωσης πλοίου	19
Κεφάλαιο 3	21
ΑΙΤΙΑ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ.....	21
3.1 Κλίση πλοίου.....	21
3.1.1 Είδη κλίσεων	21
3.2 Διατοιχισμός.....	23
3.2.1 Όροι.....	23
3.2.2 Χαρακτηρισμοί.....	24

3.2.3 Βασικές παρατηρήσεις	24
3.2.4 Επίδραση ελεύθερων επιφανειών υγρών στο πλοίο.....	25
3.2.5 Φυγόκεντρη δύναμη κατα την στροφή του πλοίου	26
3.2.6 Η ασυμμετρία της κατανομής των βαρών σε σχέση με το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου ...	27
3.2.7 Η επίδραση ανέμου-ροπής έλικας.....	27
3.2.8 Ταλαντώσεις από κυματισμό.....	28
Κεφάλαιο 4.....	30
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	30
4.1 Παθητικά Συστήματα Ευστάθειας	31
4.1.1 Παρατροπίδια	31
4.1.2 Αντιδιατοιχιστικές παθητικές δεξαμενές	32
4.1.3 Κινούμενα βάρη	33
4.2 Ενεργητικά Συστήματα Ευστάθειας.....	34
4.2.1 Αντιδιατοιχιστικά πτερύγια.....	34
4.2.2 Αντιδιατοιχιστικές ενεργητικές δεξαμενές.....	38
4.2.3 Γυροσκοπική σταθεροποίηση	40
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44