ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΥΠΗΓΙΑΣ

ΕΜΜ. Ν. ΖΩΓΡΑΦΑΚΗ

β΄ έκδοση

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ

ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΧΟΛΩΝ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΥΠΗΓΙΑΣ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ Ν. ΖΩΓΡΑΦΑΚΗ
Υποναυάρχου (Τ) Π.Ν. – Ναυπηγού
Μέλους ΤΕΕ, FRINA

ΑΘΗΝΑ
2021

Α΄ ΕΚΔΟΣΗ 1972
Β΄ ΕΚΔΟΣΗ 2021
ISBN: 978-960-337-171-7

Copyright © 2021 Ίδρυμα Ευγενίδου
Απαγορεύεται η ολική ή μερική ανατύπωση του βιβλίου και των εικόνων με κάθε μέσο καθώς και η διασκευή, η προσαρμογή, η μετατροπή και η κυκλοφορία του (Άρθρο 3 του ν. 2121/1993)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Το 1952 ο Ευγένιος Ευγενίδης (1882-1954) όρισε με τη διαθήκη του τη σύσταση του Ιδρύματος Ευγενίδου, του οποίου ως μοναδικό σκοπό έταξε «νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν ἐκπαίδευσιν νέων ἑλληνικῆς ὑπηκοότητος ἐν τῷ ἐπιστημονικῷ καὶ τεχνικῷ πεδίῳ». Ο ιδρυτής και χορηγός του Ιδρύματος Ευγενίδου ορθά προέβλεψε ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο της Ελλάδος αποτελεί η άρτια κατάρτιση των Ελλήνων τεχνιτών κατά τα πρότυπα της επαγγελματικής εκπαίδευσης άλλων ευρωπαϊκών χωρών.

Την 23η Φεβρουαρίου του 1956 εγκρίθηκε η σύσταση του κοινωφελούς Ιδρύματος Ευγενίδου, την διοίκηση και διαχείριση του οποίου κατά την ρητή επιθυμία του ιδρυτή του ανέλαβε η αδελφή του Μαριάνθη Σίμου (1895-1981). Τότε ξεκίνησε η υλοποίηση του σκοπού του Ιδρύματος και η εκπλήρωση μίας από τις βασικότερες ανάγκες του εθνικού μας βίου από την Μαριάνθη Σίμου και τους επιστημονικούς συνεργάτες της.

Το έργο της Μαριάνθης Σίμου συνέχισε από το 1981 ο πολύτιμος συνεργάτης και διάδοχος του Ευγενίου Ευγενίδη, Νικόλαος Βερνίκος-Ευγενίδης (1920-2000). Από το 2000 το έργο του Ιδρύματος Ευγενίδου συνεχίζει ο Λεωνίδας Δημητριάδης-Ευγενίδης, ο οποίος υλοποιεί τον σκοπό του Ιδρύματος προσαρμόζοντας το όραμα του ιδρυτή του στις σύγχρονες εξελίξεις.

Μία από τις πρώτες δραστηριότητες του Ιδρύματος Ευγενίδου, ευθύς μετά την ίδρυσή του, υπήρξε η συγγραφή και έκδοση εκπαιδευτικών βιβλίων για τους μαθητές των τεχνικών σχολών, καθώς διαπιστώθηκε ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός τους με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έθεταν τα ορθά θεμέλια για την παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό. Καρπός αυτής της δραστηριότητας είναι η Βιβλιοθήκη του Τεχνίτη, η οποία αριθμεί 32 τίτλους, η Βιβλιοθήκη του Τεχνικού, που περιλαμβάνει 50 τίτλους, η Τεχνική Βιβλιοθήκη με 11 τίτλους και η Βιβλιοθήκη του Τεχνικού Βοηθού Χημικού με 3 τίτλους. Επιπλέον, από το 1977 μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί 171 τίτλοι για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων και 16 για τους μαθητές των Σχολών Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής εκπαίδευσης.

Ξεχωριστή σειρά βιβλίων του Ιδρύματος Ευγενίδου αποτελεί η Βιβλιοθήκη του Ναυτικού (1967 έως σήμερα), η οποία είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας του Ιδρύματος Ευγενίδου με την Διεύθυνση Εκπαίδευσης Ναυτικών του Υπουργείου Ναυτιλίας. Η συγγραφή και έκδοση των εκπαιδευτικών βιβλίων για τους σπουδαστές των ναυτικών σχολών ανατέθηκε στο Ίδρυμα Ευγενίδου με την υπ' αριθμ. 61288/5031/9.8.1966 απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και λειτούργησε η αρμόδια Επιτροπή Εκδόσεων, η οποία είχε συσταθεί ήδη από το 1958. Η συνεργασία Ιδρύματος Ευγενίδου και Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας ανανεώθηκε και επικαιροποιήθηκε με Υπουργικές Αποφάσεις το 1999 και το 2005, με τις οποίες το ΥΕΝ ανέθεσε στο Ίδρυμα Ευγενίδου την συγγραφή των εκπαιδευτικών βοηθημάτων για τις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού (Α.Ε.Ν.). Η ανάθεση της αρμοδιότητας για την έκδοση των διδακτικών βιβλίων για τις Ακαδημίες επαναβεβαιώθηκε με νομοθετική ρύθμιση τον Μάρτιο του 2020 (Ν. 4676).

Στην Βιβλιοθήκη του Ναυτικού περιλαμβάνονται 138 διδακτικά βιβλία ναυτικής εκπαίδευσης, καθώς και σχετικές έρευνες και πρακτικά συνεδρίων. Όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Ναυτικού ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σπουδαστών των ΑΕΝ και είναι γενικότερα χρήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν το επάγγελμα ή εξελίσσονται στην ιεραρχία. Επιπλέον οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων καταβάλλουν κάθε προσπάθεια ώστε τα διδακτικά βιβλία να είναι επιστημονικώς άρτια, να επικαιροποιούνται με βάση τα εκάστοτε αναλυτικά προγράμματα σπουδών των Α.Ε.Ν. και να παραμένουν συμβατά με τις μεταβαλλόμενες διεθνείς απαιτήσεις.

Η διαχρονική συμβολή του Ιδρύματος Ευγενίδου στη Ναυτική Εκπαίδευση επιτυγχάνεται όχι μόνο με την έκδοση των σχετικών εκπαιδευτικών βιβλίων αλλά και με δωρεές στις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού, υποτροφίες σε αξιωματικούς του Λιμενικού Σώματος, εκπόνηση μελετών/ ερευνών και διεξαγωγή συνεδρίων για την ναυτική εκπαίδευση και την ναυτιλία γενικότερα, καθώς και παροχή πρόσβασης σε κορυφαίες ναυτιλιακές βάσεις δεδομένων μέσω της Βιβλιοθήκης του.

Με την προσφορά των εκδόσεών του στους καθηγητές, στους σπουδαστές των ΑΕΝ και σε όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, αλλά και με την πλειάδα εκδόσεων για Τεχνικούς, το Ίδρυμα Ευγενίδου συνεχίζει να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση της Ελλάδος, υλοποιώντας επί 60 και πλέον χρόνια το όραμα του ιδρυτή του, αείμνηστου ευεργέτη Ευγένιου Ευγενίδη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ιωάννης Γκόλιας, Καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.
Αχιλλέας Ματσάγγος, Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α.).
Γεώργιος Γεωργούλης, Πλοίαρχος Α΄ Ε.Ν., Ε.Δι.Π. Παν/μίου Αιγαίου.
Ελευθέριος Πετρόπουλος, Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., Υπ. Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.
Χρήστος Βαγιωνάκης, Προϊστάμενος Τμήματος Κανονισμών και Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων, Υπ. Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.
Γραμματέας της Επιτροπής, **Ελευθερία Τελειώνη**.

Διατελέσαντα μέλη της Επιτροπής

Πρόεδροι
Α. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, *Μ. Αγγελόπουλος* (1983-2003) ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Σταυρόπουλος* ομ. Καθηγητής Πανεπ. Πειραιώς (2003-2008), *Ε. Δρης*, ομ. Καθηγητής ΕΜΠ (2008-2020)

Λοιπά μέλη
Γ. Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Καλογεράς* (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, *Χ. Καβουνίδης* (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Μ. Αγγελόπουλος (1970-1983), Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, *Σπ. Γουλιέλμος (1958)* Αντιπλοίαρχος, *Ξ. Αντωνιάδης* (1959-1966) Αντιπλοίαρχος, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Π. Γ. Τσακίρης* (1967-1969) Πλοίαρχος, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ελλ. Σίδερης* (1967-1969) Υποναύαρχος, *Π. Φουστέρης* (1969-1971) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Αλ. Μοσχονάς* (1971-1972) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ι. Χρυσανθακόπουλος* (1972-1974) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Αθαν. Σωτηρόπουλος* (1974-1977) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Γ. Σπαρτιώτης* (1977) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., προσωρινός Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Θ. Πουλάκης* (1977-1979) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Π. Λυκούδης* (1979-1981) Πλοίαρχος Λ. Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Αναστ. Δημαράκης* (1981-1982) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Κ. Τσαντήλας* (1982-1984) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ε. Τζαβέλας* (1984-1986) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Γ. Γρηγοράκος* (1986-1988) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Α. Μπαρκατσάς* (1988-1989) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Κ. Παπαναστασίου* (1989) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Γ. Λάμπρου* (1989-1992) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Κ. Κοκορέτσας* (1992-1993) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Κ. Μαρκάκης* (1993-1994) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ι. Ζουμπούλης* (1994-1995) Πλοίαρχος Λ.Σ., *Φ. Ψαρράς* (1995-1996) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Γ. Καλαρώνης* (1996-1998) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Θ. Ρεντζεπέρης* (1998-2000) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ι. Στεφανάκης* (2000-2001) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Κ. Μαρίνος* (2001) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Π. Εξαρχόπουλος* (2001-2003) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Κ. Μπριλάκης (*2003-2004) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ν. Θεμέλαρος* (2003-2004) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Π. Κουβέλης* (2004-2005) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Δ. Βασιλάκης* (2005-2008) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Π. Πετρόπουλος* (2008-2009) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Α. Ματσάγγος* (2009-2011) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ι. Σέργης* (2011-2012) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Ι. Τζαβάρας*, (2004-2013) Αντιναύαρχος Λ.Σ. (Ε.Α.), *Ι. Τεγόπουλος* (1988-2013) Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Θεοφανόπουλος* (2012-2014) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Β. Καλλιπολίτου* (2014-2017) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ. Δ/ντρια Ναυτ. Εκπαιδ., *Σ. Μπέλλας* (2017-2018) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ. Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., *Α. Τσελίκης* (2018-2019) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ. Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., (2019-2020) *Α. Βουτσινάς*, Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ..

Σύμβουλοι επί των Εκδόσεων

Δ .Γ. Νιάνιας (1956-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, *Κ. Αγγ. Μανάφης* (1966-2018), ομ. Καθηγ. Φιλοσ. Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό με τίτλο «Στοιχεία Ναυπηγίας» περιέχει τη διδακτέα ύλη που προβλέπει για το μάθημα αυτό το πρόγραμμα των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Το πλοίο, μια από τις μεγαλύτερες και πιο πολύπλοκες αυτάρκεις μονάδες, αποτελεί σήμερα αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης, για να μπορεί να ανταποκρίνεται όσο γίνεται καλύτερα στις απαιτήσεις της σύγχρονης τεχνικής και τις άλλες μεταφορικές ανάγκες. Το μάθημα της Ναυπηγίας έχει σκοπό να κατατοπίσει τον σπουδαστή σε όλα τα θέματα που αφορούν στις αρχές που στηρίζεται η ναυπήγηση ενός πλοίου, την ονοματολογία και την ασφάλειά του.

Καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια, ώστε τα διάφορα κεφάλαια να γίνονται εύκολα κατανοητά και να είναι δυνατό να διδαχθούν στα χρονικά πλαίσια των ωρών διδασκαλίας που προβλέπει το Πρόγραμμα. Όπου κρίθηκε σκόπιμο για την πληρότητα του βιβλίου, αναπτύχθηκαν ορισμένες παράγραφοι περισσότερο ή προστέθηκαν άλλες η στοιχειοθεσία των παραγράφων αυτών έγινε με μικρότερα στοιχεία για να ξεχωρίζουν και η διδασκαλία τους δεν είναι υποχρεωτική.

Ελπίζεται ότι το βιβλίο «Στοιχεία Ναυπηγίας» θα είναι χρήσιμο βοήθημα για τους σπουδαστές των σχολών, ενώ θα παραμείνει στα χέρια τους ως εγχειρίδιο και κατά τη μελλοντική τους σταδιοδρομία ως Πλοιάρχων. Πιστεύω ότι κάθε προσφυγή σε αυτό θα γίνεται αφορμή για παραπέρα ειδική μελέτη.

Ευχαριστώ την Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για τις προσπάθειες που κατέβαλε, ώστε η έκδοση να ανταποκρίνεται στον σκοπό του βιβλίου.

Ο συγγραφέας

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ► Ορολογία και ονοματολογία πλοίου

1.1 Γενικά 1
1.2 Ορολογία....1
1.3 Λοιπή ονοματολογία και γενική περιγραφή του πλοίου. Ναυπηγικές γραμμές ή απλά γραμμές σκάφους 3
1.4 Ονοματολογία των μελών της κατασκευής του σκάφους. Σχέδιο μέσου νομέα....7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ► Άντωση – εκτόπισμα – Βάρους πλοίου

2.1 Αρχή του Αρχιμήδους – Άντωση – Κέντρο άντωσης 11
2.2 Πλευστότητα 12
2.3 Εκτόπισμα....12
2.4 Βάρος πλοίου. Ομάδες βαρών. Κέντρο βάρους....13
2.5 Κέντρο βάρους 14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ► Συντελεστές σχήματος πλοίου

3.1 Συντελεστής εκτοπίσματος ή γάστρας....15
3.2 Πρισματικός συντελεστής 16
3.3 Συντελεστής ισάλου 16
3.4 Συντελεστής μέσης τομής....17
3.5 Τόνοι ανά μονάδα βύθισης....18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ► Κανόνας του Simson – Εφαρμογές

4.1 Εισαγωγή 20
4.2 Κανόνας του τραπεζοειδούς....20
4.3 1ος Κανόνας του Simson. Υπολογισμός εμβαδών 21
4.4 Υπολογισμός όγκων....25
4.5 Υπολογισμός των υπολοίπων στοιχείων της ισάλου επιφάνειας με τον κανόνα του Simson..... 26
4.6 Υπολογισμός ροπών και κέντρων όγκων 31
4.7 Ασκήσεις....33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ► Εγκάρσια ευστάθεια πλοίου

5.1 Γενικά. Ισορροπία....35
5.2 Ισορροπία σώματος που επιπλέει....35
5.3 Μετάκεντρο. Μετακεντρικό ύψος....37

5.4 Μοχλοβραχίονας και ζεύγος αρχικής ευστάθειας....38
5.5 Θέση του μετάκεντρου και μετακεντρική ακτίνα....39
5.6 Μετακίνηση του κέντρου βάρους ενός συστήματος....40
5.7 Εγκάρσια κλίση λόγω μετακίνησης βάρους μέσα στο πλοίο....42
5.8 Το πείραμα ευστάθειας....43
5.9 Ευστάθεια μεγάλων γωνιών εγκάρσιας κλίσης....45
5.10 Δυναμική ευστάθεια....48
5.11 Επίδραση ελεύθερων επιφανειών υγρών στην αρχική ευστάθεια....49
5.12 Κριτήρια ευστάθειας....53
5.12.1 Διεθνής Σύμβαση ΠΑΖΕΘ....53
5.12.2 Εθνικοί Κανονισμοί....53
5.12.3 Κριτήρια Νηογνωμόνων....53
5.13 Ασκήσεις....54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ► Διαμήκης ευστάθεια πλοίου

6.1 Εισαγωγή....55
6.2 Διαμήκης ευστάθεια....55
6.3 Μεταβολή διαγωγής. Εύρεση βυθισμάτων....58
6.4 Άσκηση....60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ► Υδροστατικές καμπύλες

Καμπύλη (1) Εκτόπισμα σε θαλάσσιο νερό (W = 2240 t)....61
Καμπύλη (2) Εκτόπισμα σε γλυκό νερό (W = 2200 t)....61
Καμπύλη (3) Κατακόρυφη θέση κέντρου άντωσης (KB = 6,40 ft)....63
Καμπύλη (4) Διαμήκης θέση κέντρου άντωσης (LCB = 2 ft πρώραθεν)....63
Καμπύλη (5) Επιφάνεια παρισάλων (A = 7700 ft^2)....63
Καμπύλη (6) Κέντρο πλευστότητας επιφάνειας παρισάλων (CF = 0,80 ft πρύμνηθεν) ⌀....63
Καμπύλη (7) Τόνοι ανά δάκτυλο βύθισης (t = 18,20 t)....63
Καμπύλη (8) Κατακόρυφη απόσταση εγκάρσιου μετάκεντρου
από την τρόπιδα (KM = 17,40 ft)....63
Καμπύλη (9) Ροπή μεταβολής διαγωγής ανά δάκτυλο (C = 243 t × ft)....63
Καμπύλη (10) Προσθήκη εκτοπίσματος για πρυμναία διαγωγή ενός ποδιού....64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ► Επίδραση προσθαφαίρεσης βαρών στην ευστάθεια και στα βυθίσματα του πλοίου

8.1 Θέση κέντρου βάρους πλοίου....65
8.2 Διαδοχικά στάδια υπολογισμών....68
8.3 Άσκηση....70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ► Επίδραση της κατάκλυσης διαμερισμάτων πλοίου από τη θάλασσα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ► Αντίσταση και πρόωση

10.1 Εισαγωγή 75
10.2 Φύση της αντίστασης 75
10.3 Συνιστώσες της αντίστασης πρόωσης 75
10.3.1 Αντίσταση τριβής 76
10.3.2 Αντίσταση κυματισμού 77
10.3.3 Αντίσταση δινών ή στροβιλισμών 83
10.3.4 Αντίσταση αέρα 83
10.4 Τρόπος καθορισμού αντίστασης πρόωσης 84
10.5 Μέθοδος προσδιορισμού της πραγματικής ιπποδύναμης ή ιπποδύναμης ρυμούλκησης 84
10.6 Ορισμός ιπποδύναμης πρόωσης και συντελεστές 87
10.7 Ασκήσεις 89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ► Συστήματα πρόωσης πλοίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 ► Η έλικα

12.1 Τύποι προωθητήρων 93
12.2 Η έλικα 94
12.3 Ώση και ολίσθηση 96
12.4 Έλικες ρυθμιζόμενου βήματος 100
12.5 Μέτρηση του βήματος της έλικας 104
12.6 Κατασκευαστικά στοιχεία ελίκων 106
12.7 Σπηλαίωση 107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 ► Η πηδαλιούχηση του πλοίου

13.1 Σχήμα πηδαλίου 109
13.2 Πηδαλιούχηση 111
13.2.1 Γενικά 111
13.2.2 Δυνάμεις από την επενέργεια του πηδαλίου 112
13.3 Προσδιορισμός διαμέτρου του άξονα πηδαλίου 115
13.3.1 Προσδιορισμός της κάθετης δυνάμης P επί του πηδαλίου 116
13.3.2 Εύρεση (καθορισμός) θέσης κέντρου πίεσης K του πηδαλίου 116
13.3.3 Καθορισμός ροπής στρέψης 117
13.3.4 Καθορισμός διαμέτρου του άξονα πηδαλίου 119
13.4 Πρωραία έλικα 121
13.4.1 Πρωραία έλικα μέσα σε σήραγγα 123
13.4.2 Έλικα ανασυρόμενη 123

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 ► Κινήσεις πλοίου σε κυματισμό – Διατοιχισμός

14.1 Γενικά 125

14.2 Διατοιχισμός σε κυματισμό και η σχέση του προς την ευστάθεια του πλοίου....126
14.2.1 Φυσική περίοδος διατοιχισμού....126
14.2.2 Διατοιχισμός σε κυματισμό....127
14.2.3 Συντονισμός ή σύγχρονος διατοιχισμός....129
14.3 Μέσα μείωσης του διατοιχισμού των πλοίων − Γενικά....129
14.3.1 Παρατροπίδια....130
14.3.2 Αντιδιατοιχιστικά πτερύγια....131
14.3.3 Αντιδιατοιχιστικές δεξαμενές....132
14.3.4 Γυροσκοπική σταθεροποίηση....133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 ► Καταπόνηση και αντοχή των πλοίων

15.1 Γενικά....135
15.2 Ναυπηγικά υλικά....135
15.2.1 Χάλυβας....135
15.2.2 Μη σιδηρούχα υλικά....135
15.3 Ορισμοί αντοχής....136
15.4 Αντοχή δοκού και τάση κάμψη....140
15.5 Αντοχή πλοίου και θεωρία της καμπτόμενης δοκού....141
15.6 Τάσεις της κατασκευής του σκάφους....141
15.7 Δυναμικές καταπονήσεις....143
15.8 Καμπύλες καμπτικών ροπών και αντοχής πλοίου....144
15.9 Ύπαρξη συνέχειας στην κατασκευή....147

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 ► Κατασκευή του πλοίου

16.1 Γενικά....148
16.2 Σχεδίαση Ναυπηγείου....148
16.2.1 Απόφαση κατασκευής του Ναυπηγείου....148
16.2.2 Η επιλογή της θέσης....148
16.2.3 Η μελέτη κατασκευής του Ναυπηγείου....149
16.3 Τα βασικά τμήματα ενός Ναυπηγείου....150
16.3.1 Ναυπηγική κλίνη....151
16.3.2 Μόνιμη δεξαμενή....151
16.3.3 Χώροι για επισκευή και εξοπλισμό πλοίων....152
16.3.4 Βοηθητικές Υπηρεσίες Ναυπηγείου....153
16.4 Σύντομη περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής....153
16.5 Οργάνωση Ναυπηγείου....156
16.6 Εισαγωγή νέων μεθόδων παραγωγής....157
16.6.1 Αυτοματοποίηση....157
16.6.2 Κατασκευή σκάφους σε 2 ή 3 τμήματα....158

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 ► Σύγχρονοι τύποι εμπορικών πλοίων

17.1 Γενικά 159
17.2 Επιβατηγά (κρουαζιερόπλοια) 160
17.3 Πορθμεία (ferry boats) 161
17.4 Πλοία μεταφοράς τροχοφόρων οχημάτων (Roll on - Roll off: Ro-Ro) 166
17.5 Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ships) 166
17.5.1 Τα εμπορευματοκιβώτια (Ε/Κ) 166
17.5.2 Τα πλοία 168
17.6 Πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carriers) 169
17.6.1 Γενικού χύδην φορτίου 174
17.6.2 Μεταλλευμάτων 174
17.7 Πλοία μεταφοράς μεικτού φορτίου 180
17.7.1 Μεταλλευμάτων ή πετρελαίου 180
17.7.2 Μεταλλευμάτων - Ξηρού χύδην φορτίου - Πετρελαίου (ORE BULK - OIL: OBO) 180
17.8 Πετρελαιοφόρα (tankers) ή Δεξαμενόπλοια 181
17.8.1 Πετρελαιοφόρα μεταφοράς αργού πετρελαίου 182
17.8.2 Δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (LPG και LNG) 183
17.8.3 Δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων του πετρελαίου και χημικών 186

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 ► Δοκιμές νεοκατασκευασθέντος πλοίου

18.1 Γενικά 187
18.2 Δοκιμές παρά το κρηπίδωμα 187
18.3 Δοκιμές εν πλω 188

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19 ► Συντήρηση σκάφους

19.1 Εισαγωγή 191
19.2 Διάβρωση, φαινόμενο και πρόληψη 191
19.2.1 Αίτια και περιγραφή του φαινομένου 192
19.2.2 Είδη διάβρωσης σε θαλάσσιο περιβάλλον 193
19.2.3 Πρόληψη διάβρωσης 194
19.2.4 Διαχωριστικές επιφάνειες. 195
19.3 Ρύπανση, φαινόμενο και πρόληψη 196
19.3.1 Η εμφάνιση της ρύπανσης 196
19.3.2 Πρόληψη της ρύπανσης 197
19.4 Συνδυασμός πρόληψης διάβρωσης και ρύπανσης 197
19.4.1 Διάρκεια μεταξύ δεξαμενισμών 197
19.4.2 Προετοιμασία της επιφάνειας για βαφή 198
19.4.3 Μέθοδοι καθαρισμού της επιφάνειας 198
19.4.4 Διαδοχή προστατευτικών στρωμάτων χρωματισμού 199
19.4.5 Μέθοδοι βαφής 200

19.4.6 Συνθήκες βαφής 200
19.4.7 Μέτρα ασφάλειας κατά τη βαφή 200
19.5 Κίνητρα για τη χρησιμοποίηση υλικών καλύτερης ποιότητας για τη συντήρηση 201

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20 ► Νηογνώμονες

20.1 Εισαγωγή 202
20.2 Ασφάλιση Πλοίων – Ασφαλιστές (Underwriters) 203
20.3 Κανονισμοί Νηογνωμόνων 204
20.4 Ταξινόμηση 205
20.5 Επιθεωρήσεις 206
20.5.1 Ετήσια επιθεώρηση 206
20.5.2 Επιθεώρηση στη δεξαμενή 206
20.5.3 Ειδική επιθεώρηση (special survey) 206
20.5.4 Συνεχής επιθεώρηση (continuous survey) 206
20.5.5 Επιθεώρηση λεβήτων, ατμαγωγών και ελικοφόρων αξόνων 207
20.5.6 Επισκευές και μετασκευές 207
20.5.7 Ειδική επιθεώρηση σκάφους 207
20.5.8 Επιθεώρηση για πλοία ηλικίας κάτω των 5 ετών 207
20.5.9 Επιθεώρηση για πλοία ηλικίας 5 έως 10 ετών 208
20.5.10 Επιθεώρηση για πλοία ηλικίας άνω των 10 ετών 208
20.5.11 Επιθεώρηση πλοίων ηλικίας άνω των 20 ετών 209
20.5.12 Ειδικές πρόσθετες διατάξεις 209
20.6 Γενικές απαιτήσεις. Μηχανές 209
20.6.1 Επιθεώρηση στη δεξαμενή 209
20.6.2 Πλήρης επιθεώρηση (complete survey) 210
20.6.3 Μηχανές πρόωσης. Λεπτομερείς απαιτήσεις 210
20.6.4 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις 210
20.6.5 Επιθεωρήσεις λεβήτων 211
20.6.6 Ατμαγωγοί 211
20.6.7 Ελικοφόροι άξονες 211

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21 ► Η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα

21.1 Εισαγωγή 212
ΚΕΦΑΛΑΙΟ I – Γενικές διατάξεις 213
ΚΕΦΑΛΑΙΟ II – Κατασκευή 214
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III – Σωστικά μέσα 220
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV. Ραδιοτηλεγραφία και Ραδιοτηλεφωνία. 222
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V. Ασφάλεια ναυσιπλοΐας 223
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI. Μεταφορά σιτηρών 224
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII. Μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων 225
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII. Πυρηνοκίνητα πλοία. 225

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 226
21.2 Οι νέοι Κανονισμοί για την υποδιαίρεση και την ευστάθεια των επιβατηγών πλοίων 226

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22 ► Γραμμές φόρτωσης και Δ.Σ.Γ.Φ

22.1 Γενικά 228
22.2 Εφαρμογή 228
22.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τον καθορισμό του Υ.Ε. 229
22.3.1 Γεωμετρία πλοίου 229
22.3.2 Αντοχή σκάφους 230
22.3.3 Συνθήκες προσδιορισμού Υ.Ε. 231
22.3.4 Επιβατηγά πλοία 231
22.3.5 Δεξαμενόπλοια 231
22.3.6 Πλοία που μεταφέρουν ξυλεία 232
22.3.7 Κύκλος και γραμμές φόρτωσης 232

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23 ► Καταμέτρηση πλοίων

23.1 Γενικά 234
23.2 Μονάδες και σχέσεις χωρητικότητας 235
23.3 Ολική χωρητικότητα 236
23.3.1 Υπολογισμός ολικής χωρητικότητας 236
23.3.2 Εξαιρούμενοι χώροι 236
23.3.3 Ανοικτοί χώροι 237
23.4 Καθαρή χωρητικότητα 238
23.4.1 Γενικά 238
23.4.2 Εκπιπτόμενοι χώροι εκτός από τους χώρους πρόωσης 238
23.4.3 Έκπτωση χώρων μηχανών πρόωσης 239
23.5 Γραμμή χωρητικότητας (tonnage mark) 239
23.6 Κανονισμοί καταμέτρησης άλλων χωρών 240
23.7 Νέο Νομοθετικό διάταγμα για την καταμέτρηση 240
23.8 Η Διεθνής Σύμβαση 1969 καταμετρήσεως της χωρητικότητας των πλοίων 242
Ευρετήριο 244

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

1

Ορολογία και ονοματολογία πλοίου

1.1 Γενικά

Το μέρος του πλοίου που βρίσκεται μέσα στη θάλασσα αποτελείται από σύνθετη καμπύλη επιφάνεια, η οποία εξυπηρετεί κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται. Στο μέρος που βρίσκεται επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας δίνεται σχήμα με κριτήριο την καλύτερη εξυπηρέτηση των αναγκών του πλοίου, αλλά και την καλή εμφάνιση από αισθητική άποψη. Στο Εμπορικό Ναυτικό και ειδικότερα στον ναυπηγικό τομέα έχει καθιερωθεί ορολογία για τον προσδιορισμό των βασικών γεωμετρικών στοιχείων και διαστάσεων του πλοίου.

1.2 Ορολογία

Βασικό επίπεδο κατασκευής. Είναι το επίπεδο που συμπίπτει συνήθως με την επάνω επιφάνεια του ελάσματος τρόπιδας (§ 1.4).

Βασική γραμμή κατασκευής. Είναι η τομή του βασικού επιπέδου κατασκευής με το κατά τη διεύθυνση του μήκους επίπεδο συμμετρίας ή με το επίπεδο της μέσης τομής.

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

Ίσαλος κατασκευής. Είναι η ίσαλος στην οποία, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις κατά τα στάδια της σχεδίασης, θα επιπλέει το πλοίο.

Έμφορτος ίσαλος. Είναι η ίσαλος, στην οποία πλέει το πλοίο, όταν βρίσκεται σε κατάσταση πλήρους φόρτου. Στην ίσαλο αυτή το πλοίο έχει το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα και το ελάχιστο ύψος εξάλων.

Παρίσαλοι. Είναι οι τομές της επιφάνειας του πλοίου με επίπεδα παράλληλα προς την ίσαλο κατασκευής.

Πρωραία κάθετος ή ***πρωραία όρθια.*** Είναι η κατακόρυφη γραμμή, η οποία φέρεται στο σημείο, όπου η ίσαλος κατασκευής τέμνει τη γραμμή της πρώρας.

Πρυμναία κάθετος ή ***πρυμναία όρθια.*** Είναι η κατακόρυφη γραμμή που φέρεται στο σημείο, όπου η ίσαλος κατασκευής τέμνει τη γραμμή της πρύμνης ή που συμπίπτει με την ευθεία του άξονα του πηδαλίου.

Διάμηκες επίπεδο συμμετρίας. Είναι το επίπεδο που περνά από την πρωραία και την πρυμναία κάθετο.

Ολικό μήκος. Είναι η οριζόντια απόσταση μεταξύ του ακρότατου προς την πρώρα και του ακρότατου προς την πρύμνα σημείου του πλοίου.

Μήκος μεταξύ καθέτων. Είναι η οριζόντια απόσταση μεταξύ πρωραίας και πρυμναίας καθέτου.

Μέγιστο πλάτος. Είναι η μέγιστη απόσταση μεταξύ των εξωτερικών επιφανειών των πλευρών του πλοίου και μετριέται κάθετα προς το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου. Στη μέτρηση του πλάτους λαμβάνονται υπόψη και περιζώματα ή προεξοχές, εφόσον υπάρχουν.

Πλάτος κατασκευής ή πλάτος επί των νομέων. Είναι η μέγιστη απόσταση μεταξύ των εξωτερικών όψεων των νομέων και μετριέται κάθετα προς το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας. Δηλαδή το πλάτος κατασκευής είναι μικρότερο από το πλάτος του πλοίου (για πλοία χωρίς πλευρικά περιζώματα) όσο δύο φορές το πάχος του πλευρικού ελάσματος.

Μέση τομή. Είναι η τομή της επιφάνειας του πλοίου με ένα επίπεδο κάθετο προς το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας, που φέρεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ των καθέτων.

Κοίλο ή ύψος κατασκευής. Είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του βασικού επιπέδου κατασκευής και της άνω όψης των ζυγών (§ 1.4) του ανώτατου συνεχούς καταστρώματος του πλοίου, που μετριέται επάνω στην πλευρά της μέσης τομής.

Βύθισμα. Είναι γενικά η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ισάλου επιφάνειας και του κατώτατου σημείου της τρόπιδας σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος του πλοίου.

Βύθισμα κατασκευής. Είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ισάλου κατασκευής και του βασικού επιπέδου κατασκευής.

Πρωραίο βύθισμα. Είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ισάλου του πλοίου και του επιπέδου της κάτω επιφάνειας της τρόπιδας και μετριέται επάνω στην πρωραία κάθετο.

Πρυμναίο βύθισμα. Είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ισάλου του πλοίου και του επιπέδου της κάτω επιφάνειας της τρόπιδας και μετριέται επάνω στην πρυμναία κάθετο.

Μέσο βύθισμα. Είναι το βύθισμα, το οποίο μετριέται επάνω στη μέση τομή. Είναι ίσο με το ημιάθροισμα του πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος, όταν το πλοίο δεν έχει υποστεί παραμόρφωση ή κάμψη κατά τη διεύθυνση του μήκους και η τρόπιδά του παραμένει επίπεδη.

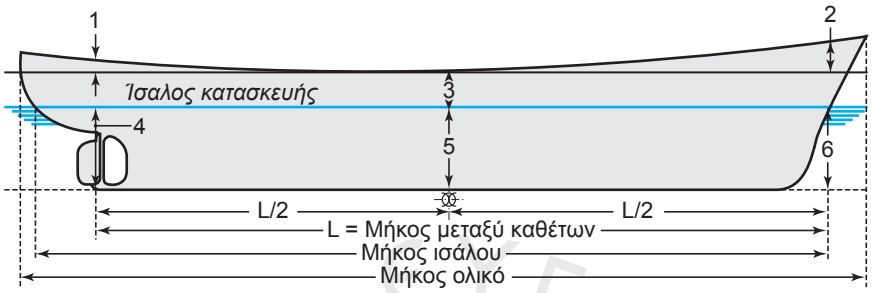
Διαγωγή. Είναι η διαφορά μεταξύ πρυμναίου και πρωραίου βυθίσματος. Η διαγωγή του πλοίου καλείται ***πρυμναία***, όταν το πρυμναίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο από το πρωραίο, ενώ, όταν το πρωραίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο από το πρυμναίο, καλείται ***πρωραία***.

΄Υψος εξάλων. Είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ της ισάλου κατασκευής και του ανώτατου συνεχούς υδατοστεγούς καταστρώματος και μετριέται επάνω στην πλευρά της μέσης τομής του πλοίου.

Σιμότητα καταστρώματος. Είναι η διαφορά του ύψους εξάλων κατά μήκος της πλευράς του καταστρώματος του πλοίου από το ύψος εξάλων στη μέση τομή. Η σιμότητα φαίνεται από την ανύψωση του καταστρώματος στην πρύμνη και πρώρα του πλοίου και προσφέρει εφεδρική άντωση.

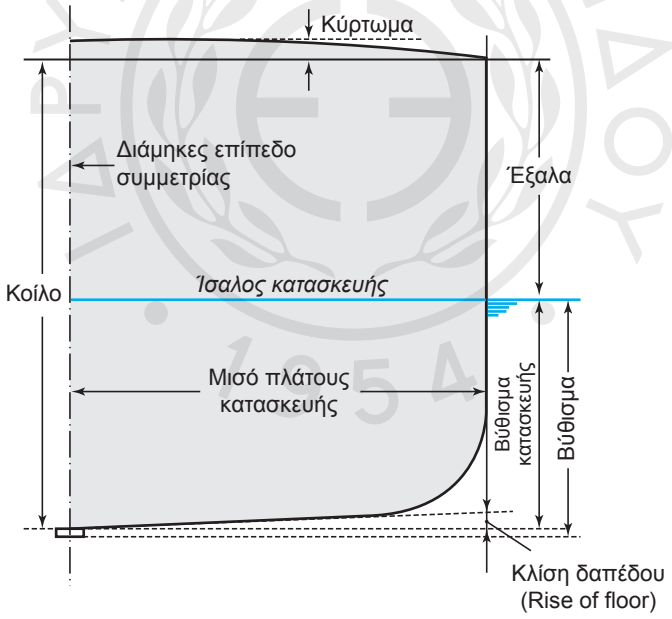
Κύρτωμα καταστρώματος. Είναι η εγκάρσια καμπυλότητα που προσδίδεται στα καταστρώματα των πλοίων για να διευκολύνεται η απομάκρυνση των νερών. Συνήθως το κύρτωμα αυτό είναι της τάξης του 1/50 του πλάτους του πλοίου.

Τα σχήματα 1.1 και 1.2 δείχνουν τα μέρη του πλοίου που αναφέραμε.



Σχ. 1.1

Διαστάσεις πλοίου. (1) Πρυμναία σιμότητα. (2) Πρωραία σιμότητα. (3) Ύψος εξάλων. (4) Πρυμναίο βύθισμα. (5) Μέσο βύθισμα. (6) Πρωραίο βύθισμα.



Σχ. 1.2

Διαστάσεις πλοίου

1.3 Λοιπή ονοματολογία και γενική περιγραφή του πλοίου. Ναυπηγικές γραμμές ή απλά γραμμές σκάφους

Η επίπεδη παράσταση του πολύπλοκου σχήματος του πλοίου επιτυγχάνεται με προβολή του σχήματος σε τρία επίπεδα: το ***οριζόντιο,*** το ***διάμηκες*** και το ***εγκάρ-***

σιο. Προκειμένου όμως να παραστήσουμε πλήρως το σχήμα του πλοίου, υποθέτουμε ότι αυτό τέμνεται από τρία συστήματα επιπέδων παράλληλα προς:

1) Το οριζόντιο επίπεδο.

2) Το επίπεδο συμμετρίας κατά τη διεύθυνση του μήκους και

3) Το εγκάρσιο επίπεδο (μέσης τομής).

Οι προβολές των τομών αυτών των επιπέδων με το σκάφος αποτελούν τις ***ναυπηγικές γραμμές*** του πλοίου (σχ. 1.3 και 1.4). Τα επίπεδα καθενός από τα τρία συστήματα ορίζονται ώστε να απέχουν εξίσου μεταξύ τους, για να διευκολύνονται οι υπολογισμοί, για τους οποίους θα γίνει λόγος παρακάτω. Οι ναυπηγικές γραμμές αναφέρονται στις κατασκευαστικές διαστάσεις του πλοίου, στις οποίες ***δεν περιλαμβάνεται*** το πάχος των ελασμάτων του περιβλήματος του σκάφους. Το σχέδιο των ναυπηγικών γραμμών είναι από τα βασικότερα για τον υπολογισμό και την κατασκευή του πλοίου, αφού με αυτό προσδιορίζονται με ακρίβεια όλα τα γεωμετρικά στοιχεία και οι διαστάσεις, που απαιτούνται για την κατασκευή του πλοίου.

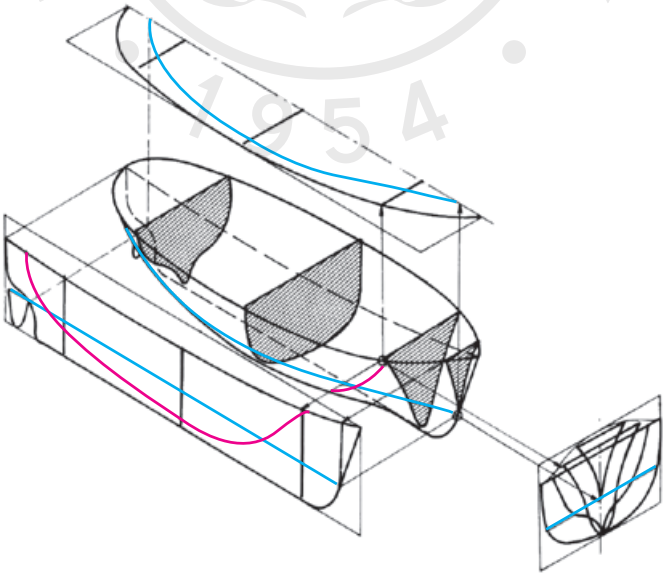
Πρώρα. Καλείται το μπροστινό μέρος του πλοίου, σύμφωνα με τη διεύθυνση της πορείας του προς τα μπρος.

Πρύμνη. Καλείται αντίστοιχα το πίσω μέρος.

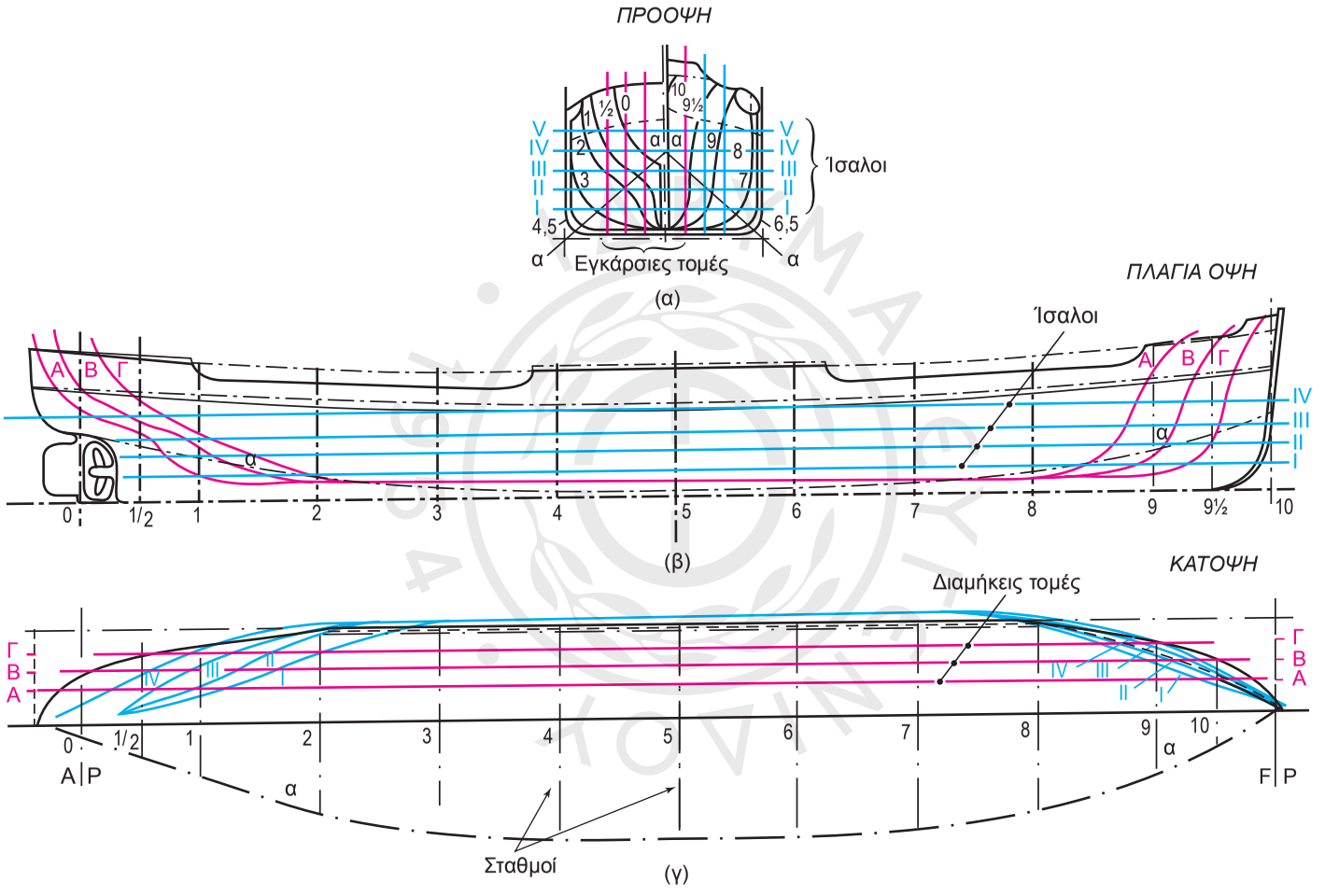
Παρειά ή ***μάσκα.*** Καλείται το τμήμα των πλευρών που βρίσκεται μεταξύ της μέσης και της πρώρας του πλοίου.

Ισχίο ή ***γοφός.*** Καλείται το τμήμα των πλευρών, που βρίσκεται μεταξύ της μέσης και της πρύμνης του πλοίου.

Γάστρα του πλοίου καλείται ο όγκος του μέρους του κυρίως σκάφους που βρίσκεται κάτω από την ίσαλο.



Σχ. 1.3


ΠΡΟΟΨΗ
Ίσαλοι
Εγκάρσιες τομές
(α)
ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ
Ίσαλοι
(β)
ΚΑΤΟΨΗ
Διαμήκεις τομές
Σταθμοί
(γ)

Σχ. 1.4

Ύφαλα. Καλούνται γενικότερα όλα τα μέρη και εξαρτήματα του πλοίου που βρίσκονται κάτω από την ίσαλο επιφάνεια.

Βρεχόμενη επιφάνεια. Είναι η επιφάνεια των υφάλων κάτω από την ίσαλο που βρίσκεται σε επαφή με το νερό.

Υπερκατασκευή ή ***υπερκατασκεύασμα.*** Είναι κάθε κατασκευή επάνω από το ανώτατο συνεχές κατάστρωμα, που καταλαμβάνει όλο το πλάτος του πλοίου, αλλά όχι και όλο το μήκος του. Τα υπερκατασκευάσματα καλούνται ειδικότερα:

1) ***Πρόστεγο*** (καμπούνι) στο πρωραίο μέρος του πλοίου.

2) ***Μεσόστεγο*** (γέφυρα) στη μέση.

3) ***Επίστεγο*** (πούπι) στο πρυμναίο μέρος του πλοίου.

Υπερστέγασμα. Είναι κάθε κατασκευή επάνω από το ανώτατο συνεχές κατάστρωμα, η οποία καταλαμβάνει μέρος του μήκους και μέρος του πλάτους του πλοίου, αφήνοντας, δηλαδή, στις πλευρές διαδρόμους.

Δεξαμενές. Είναι στεγανοί χώροι, στους οποίους αποθηκεύονται υγρά. Ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε:

1) ***Δεξαμενές διπυθμένων*** (Double Bottom Tanks ή D.B. Tanks) και

2) ***δεξαμενές κυτών*** (Deep Tanks), οι οποίες εκτείνονται σε αρκετό ύψος επάνω από τον εσωτερικό πυθμένα.

Δεξαμενές ζυγοστάθμισης. Διακρίνουμε:

1) Την ***πρωραία*** (Fore Peak), η οποία βρίσκεται μέσα στο ***στεγανό σύγκρουσης*** που σχηματίζεται από τη ***στείρα*** (πρωραίο άκρο του πλοίου) και την πρώτη προς την πρύμνη στεγανή φρακτή.

2) Την ***πρυμναία*** (Aft Peak), που βρίσκεται στο τελευταίο προς την πρύμνη στε-γανό διαμέρισμα, κοντά στον άξονα πηδαλίου. Βασικός σκοπός αυτών των δεξαμενών είναι η ρύθμιση της ***διαγωγής*** του πλοίου.

Φρεάτιο αλυσίδων (στρίτσο). Είναι χώρος κοντά ή και μέσα στο στεγανό σύγκρουσης, στον οποίο στοιβάζονται οι αλυσίδες των αγκυρών του πλοίου.

Μηχανοστάσιο. Είναι ο χώρος ή οι χώροι, που περιέχουν την κύρια προωστήρια εγκατάσταση του πλοίου.

Λεβητοστάσιο. Είναι ο χώρος ή οι χώροι, που περιέχουν τους λέβητες.

Ηλεκτροστάσιο. Είναι ο χώρος ή οι χώροι που περιέχουν τις ηλεκτρογεννήτριες και τους πίνακες διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.

Αντλιοστάσιο. Είναι ο χώρος ή οι χώροι, που περιέχουν τις αντλίες φορτίου των δεξαμενόπλοιων (Δ/Ξ).

Χώροι μηχανημάτων. Είναι οι χώροι που περιέχουν οποιαδήποτε άλλα βοηθητικά μηχανήματα του πλοίου. Συνήθως σε φορτηγά πλοία όλες οι μηχανικές και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις του πλοίου βρίσκονται μέσα σε ενιαίο χώρο.

Ενδιαιτήματα. Είναι οι χώροι που προορίζονται για τους επιβάτες και τα πληρώματα. Οι χώροι αυτοί περιλαμβάνουν τις καμπίνες, τα εστιατόρια, τις αίθουσες αναψυχής (σαλόνια, βιβλιοθήκες, καπνιστήρια κ.λπ.).

Κύτη (αμπάρια). Είναι οι χώροι, όπου στοιβάζεται το φορτίο. Τα πιο πολλά κύτη

των φορτηγών πλοίων χωρίζονται μεταξύ τους με ενδιάμεσα καταστρώματα (υποφράγματα ή κουραδόρους).

Δεξαμενές φορτίου όπου αποθηκεύεται το υγρό φορτίο των Δ/Ξ.

Βοηθητικοί χώροι. Είναι διάφοροι χώροι, όπως αποθήκες, μαγειρεία, πλυντήρια, μπαρ, χώροι υγιεινής κ.λπ.

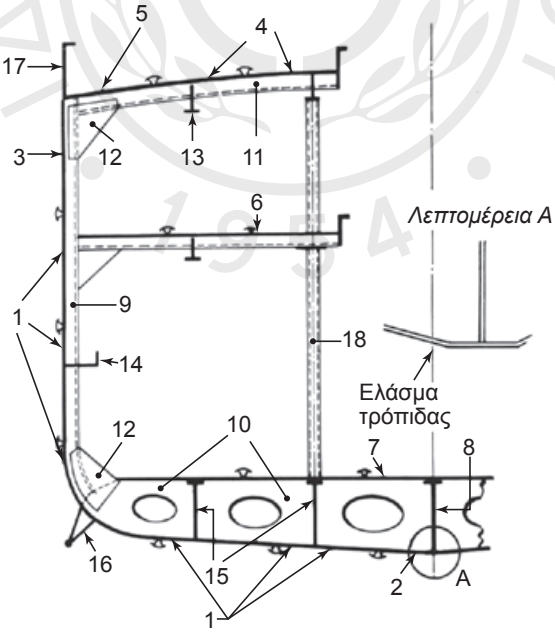
Χώροι ναυσιπλοΐας. Είναι οι χώροι που προορίζονται για τα μέσα ναυσιπλοΐας, όπως είναι το γραφείο χαρτών, η γέφυρα και ο θάλαμος πηδαλιουχίας, το γραφείο ασυρμάτου και ραδιοτηλεφώνου.

1.4 Ονοματολογία των μελών της κατασκευής του σκάφους. Σχέδιο μέσου νομέα

Στο σχήμα 1.5 φαίνεται η μέση εγκάρσια τομή, χωρίς λεπτομέρειες, ενός τύπου φορτηγού πλοίου με διπύθμενα. Τα διάφορα μέλη της κατασκευής του πλοίου περιγράφονται παρακάτω και οι αριθμοί μέσα σε παρένθεση αναφέρονται στο σχήμα.

Εξωτερικό περίβλημα (1). Είναι το περίβλημα, που περικλείνει το πλοίο στις πλευρές και τον πυθμένα. Σε χαλύβδινα πλοία το περίβλημα αποτελείται από διαμήκεις σειρές ελασμάτων σε κανονική διάταξη. Ιδιαίτερη ονομασία από τις σειρές αυτές έχουν:

1) Η σειρά των ***ελασμάτων της τρόπιδας*** (2), που είναι η κεντρική σειρά του πυθμένα.



Σχ. 1.5
Μέση τομή πλοίου

2) Η σειρά των ***ελασμάτων του ζωστήρα*** (3), που είναι η τελευταία προς τα επάνω σειρά των πλευρών.

Οι υπόλοιπες σειρές χαρακτηρίζονται με τα γράμματα Α, Β, C κ.λπ., αρχίζοντας από το πρώτο έλασμα που βρίσκεται δίπλα στην τρόπιδα. Τα ελάσματα κάθε σειράς αριθμούνται αρχίζοντας από την πρώρα (μερικές φορές και από την πρύμνη) και έτσι B_{10} αριστερό, δηλώνει το 10ο έλασμα από της πρώρας της σειράς ελασμάτων Β στην αριστερή πλευρά του πλοίου.

Κατάστρωμα (4). Είναι η οροφή που περικλείνει από επάνω ή επιστεγάζει το πλοίο. Μαζί με το εξωτερικό περίβλημα σχηματίζει ορθογώνιο κοίλης διατομής με καμπυλωμένες τις δύο κάτω γωνίες, οι οποίες καλούνται ***κυρτό της γάστρας.*** Το κατάστρωμα όπως και το εξωτερικό περίβλημα, αποτελείται από διαμήκεις σειρές ελασμάτων, οι οποίες διακόπτονται στα στόμια των κυτών (19). Η σειρά των ελασμάτων του καταστρώματος προς τις πλευρές του πλοίου ονομάζεται σειρά ***ελασμάτων υδρορροής*** (5). Εκτός από το κύριο ανθεκτικό κατάστρωμα υπάρχουν και τα ***ενδιάμεσα καταστρώματα*** (6) (κουραδόροι).

Εσωτερικός πυθμένας (7). Σε απόσταση ενός μέτρου περίπου από τον πυθμένα του πλοίου κατασκευάζεται δεύτερος πυθμένας. Οι χώροι μεταξύ των δύο πυθμένων είναι συνήθως στεγανοί και καλούνται ***διπύθμενα.*** Αυτά χρησιμοποιούνται ως δεξαμενές καυσίμου, έρματος ή ποσίμου νερού και ονομάζονται ***δεξαμενές διπυθμένων***.

Νομείς *(9)*. Είναι χαλύβδινοι δοκοί με διατομή συνήθως σε σχήμα γωνίας ή σε σχήμα «Τ», οι οποίοι μαζί με τα ζυγά, τις έδρες των νομέων και τους αγκώνες σχηματίζουν κλειστό πλαίσιο και εξασφαλίζουν μαζί με το περίβλημα την εγκάρσια αντοχή του πλοίου. Οι νομείς του πλοίου τοποθετούνται κατακόρυφα πάνω στις πλευρές του πλοίου και στα πλοία σχετικά μικρού μεγέθους η μεταξύ τους ισαπόσταση είναι γύρω στα 0,50 μέχρι 0,60 m. Σε άλλους τρόπους κατασκευής τα ζυγά και οι έδρες, ακόμα και οι νομείς, τοποθετούνται κατά το διάμηκες του πλοίου.

Έδρες νομέων (10). Είναι κομμάτια από έλασμα, που τοποθετούνται ως συνέχεια του νομέα στον πυθμένα του πλοίου. Ενισχύουν τον πυθμένα και αποτελούν τη βάση επιστρώματος του εσωτερικού πυθμένα.

Ζυγά (11). Είναι δοκοί όμοιοι με τους νομείς, που τοποθετούνται όμως κάτω από τα καταστρώματα για να τα ενισχύσουν.

Αγκώνες (12). Είναι πτερύγια με τριγωνική μορφή, που συνδέουν τα ζυγά με τους νομείς και τους νομείς με τις έδρες τους.

Διαδοκίδες (13), ***Λώροι*** (14), ***Σταθμίδες*** (15). Είναι χαλύβδινοι δοκοί που τοποθετούνται διαμήκως για να ενισχύσουν τη διαμήκη αντοχή του πλοίου. ***Διαδοκίδες*** ονομάζονται οι ενισχύσεις του καταστρώματος, ***λώροι*** οι ενισχύσεις των πλευρών και ***σταθμίδες*** οι ενισχύσεις του πυθμένα. Οι σταθμίδες διακρίνονται στην κεντρική και στις πλευρικές. Η κεντρική σταθμίδα καλείται και ***κατακόρυφη τρόπιδα*** (8).

Παρατροπίδια (16). Είναι τα πτερύγια που τοποθετούνται εξωτερικά στο κυρτό της γάστρας για να μειώνεται ο διαστοιχισμός.

Δρύφακτο (17) (παραπέτο). Είναι έλασμα στην πλευρά του πλοίου, το οποίο

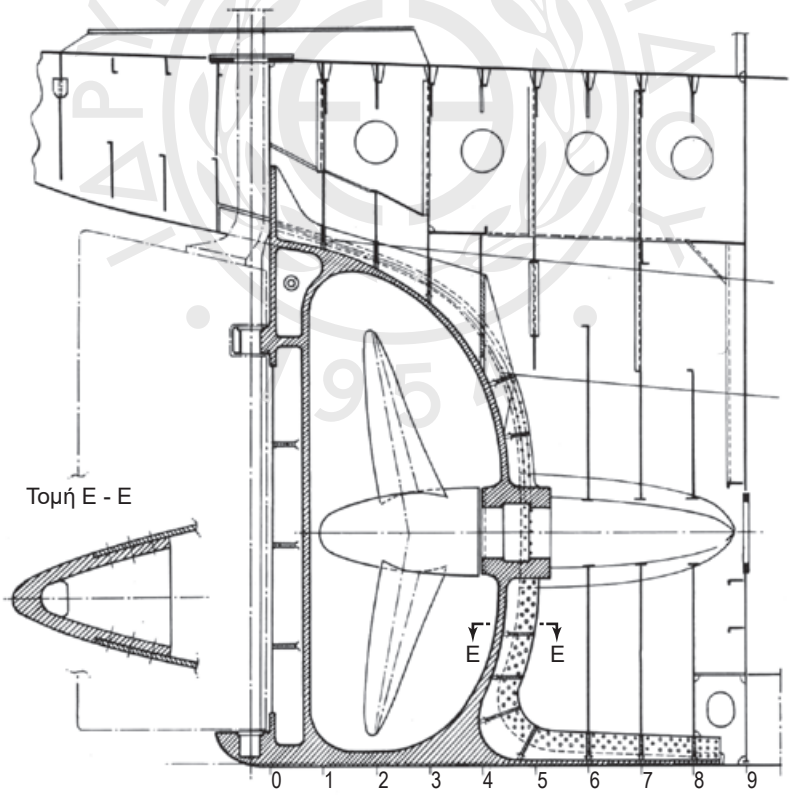
παρέχει προστασία στους επιβαίνοντες. Αντί γι' αυτό τοποθετούνται σε μερικά σημεία του πλοίου κιγκλιδώματα.

Κολόνες (κίονες ή μπουντέλια) (18). Είναι στύλοι ποικίλης διατομής, που τοποθετούνται κάτω από τα καταστρώματα για να τα ανακουφίζουν, μεταφέροντας τα φορτία τα οποία φέρουν στα κατώτερα καταστρώματα και τελικά στον εσωτερικό πυθμένα του πλοίου.

Φρακτές ή ***διαφράγματα.*** Διακρίνονται σε ***στεγανά και μη στεγανά, εγκάρσια*** και ***διαμήκη.*** Χωρίζουν τον εσωτερικό χώρο του πλοίου σε διαμερίσματα. Συνηθέστερη είναι η στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου με εγκάρσιους στεγανούς φράχτες, που αποτελούνται από σειρές ελασμάτων ενισχυμένες με ορθοστάτες, δηλαδή χαλύβδινους δοκούς.

Στείρα. Είναι η ακροπρωραία κατασκευή του σκάφους. Παλιότερα στα πλοία και στις λέμβους η στείρα κατασκευαζόταν από ολόσωμο δοκό ορθογωνικής ή τραπεζοειδούς διατομής. Σήμερα η στείρα έχει τη μορφή καμπυλωμένου ελάσματος, το οποίο έχει εσωτερικά κατάλληλες ενισχύσεις.

Ποδόστημα. Αυτό αποτελεί αντίστοιχα με τη στείρα την ακροπρυμναία κατασκευή του σκάφους. Χαρακτηριστικό ποδόστημα φαίνεται στο σχήμα 1.6, το οποίο



Σχ. 1.6
Ποδόστημα με κλωβό έλικας

αποτελείται από χυτοχαλύβδινο ή χαλύβδινο στιβαρό πλαίσιο σε σχήμα κλωβού της έλικας, προσαρμοσμένο στην πρύμνη του πλοίου.

Το σύστημα αυτό δεν εφαρμόζεται πια σε νεότερους τύπους πλοίων και η ***διαμόρφωση*** της πρύμνης είναι διαφορετική, όπως προφανώς και στα διπλέλικα πλοία.

Προεξοχή ελικοφόρων αξόνων. Είναι η προεξοχή της γάστρας, που περιβάλλει τον ελικοφόρο άξονα, για στήριξη και ομαλότητα ροής. Αυτή έχει σχεδόν κυλινδρική μορφή και προεξέχει από τη γάστρα κατά μήκος του άξονα, στο εξωτερικό του σκάφους. Χρησιμοποιείται σε διπλέλικα πλοία.

Ακροπρυμναία στηρίγματα ελικοφόρου άξονα. Αυτά έχουν συνήθως σχήμα V και βρίσκονται στο εξωτερικό της γάστρας. Χρησιμοποιούνται σε διπλέλικα πλοία.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

2

Άντωση - Εκτόπισμα - Βάρος πλοίου

2.1 Αρχή του Αρχιμήδους – Άντωση – Κέντρο άντωσης

Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδους ***κάθε σώμα που βυθίζεται σε υγρό χάνει τόσο από το βάρος του, όσο είναι το βάρος του υγρού που εκτοπίζει.*** Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται είναι ίσος με τον όγκο του σώματος, ο οποίος βρίσκεται κάτω από την ίσαλο επιφάνεια.

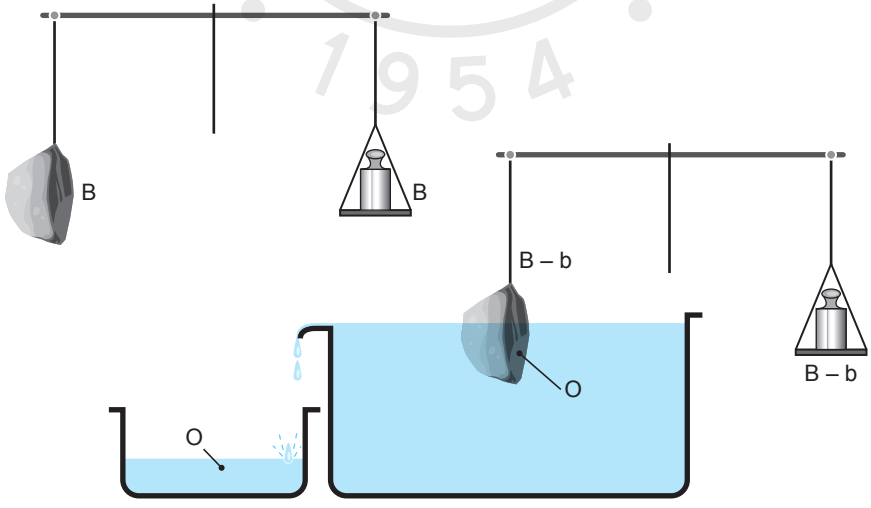
Αυτή η βασική αρχή της υδροστατικής μπορεί να αποδειχθεί πειραματικά και θεωρητικά και να διατυπωθεί και με άλλο τρόπο, ως εξής:

Κάθε σώμα που βυθίζεται σε υγρό δέχεται την ενέργεια κατακόρυφης δύναμης, η οποία είναι συνισταμένη των υδροστατικών πιέσεων του υγρού, που είναι ίση και αντίθετη προς το βάρος του υγρού, το οποίο εκτοπίζεται απ' το σώμα. Πράγματι, πριν από τη βύθιση του σώματος, τον ίδιο ακριβώς όγκο βύθισης Ο καταλάμβανε το νερό. Το βάρος του νερού βρισκόταν σε ισορροπία με τη συνισταμένη των υδροστατικών πιέσεων που εξασκούσε το υπόλοιπο υγρό επάνω στον όγκο Ο.

Αυτή η κατακόρυφη δύναμη ονομάζεται ***άντωση*** και το σημείο της εφαρμογής της βρίσκεται στο κέντρο του όγκου του υγρού που εκτοπίζεται (σχ. 2.1)

Σύμφωνα με τα παραπάνω για το σχήμα 2.1 ισχύει η σχέση: $b = O \times \delta$

όπου: **b** το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται, **O** ο όγκος του και **δ** το ειδικό βάρος του.



Σχ. 2.1
Αρχή του Αρχιμήδους

2.2 Πλευστότητα

Ο όρος ***πλευστότητα*** χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε την ιδιότητα που έχουν τα στερεά σώματα να πλέουν ή την τάση συμπεριφοράς τους όταν βυθίζονται σε υγρό και ειδικότερα στο νερό.

Σχετικά με την πλευστότητα διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

1) ***Θετική πλευστότητα*** έχουν τα σώματα που πλέουν στην επιφάνεια του νερού, όπως οι κορμοί των δέντρων, τα πλοία κ.λπ. Η θετική πλευστότητα διακρίνεται σε:

α) ***Φυσική***, που έχουν τα ομοιογενή σώματα, των οποίων το ειδικό βάρος που είναι μικρότερο από το ειδικό βάρος του νερού (φελλός, ξυλεία κλπ.) και

β) ***επίκτητη,*** που αποκτούν ορισμένα σώματα λόγω του σχήματός τους (χαλύβδινα πλοία).

2) ***Μηδενική πλευστότητα*** έχουν τα σώματα που αιωρούνται κάτω από την επιφάνεια του νερού.

3) ***Αρνητική πλευστότητα*** έχουν τα σώματα που βυθίζονται μέχρι τον πυθμένα.

4) ***Εφεδρική άντωση*** ή ***πλευστότητα*** καλούμε τον στεγανό όγκο των πλοίων, που βρίσκεται επάνω από την ίσαλο επιφάνεια. Τα έξαλα των πλοίων αποτελούν φανερό και κατά προσέγγιση μέτρο της εφεδρικής πλευστότητας.

2.3 Εκτόπισμα

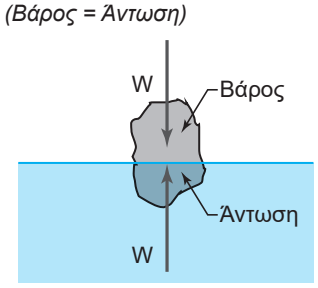
Το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από ένα σώμα, το οποίο βυθίζεται μέσα σε αυτό, ονομάζεται ***εκτόπισμα του σώματος*** και επομένως:

άντωση = εκτόπισμα

Εξάλλου, εφόσον το σώμα ισορροπεί στην επιφάνεια (επιπλέει) ή και μέσα στο υγρό (αιωρείται), υπάρχει ισορροπία δυνάμεων και επομένως το βάρος του είναι ίσο με την άντωση, οπότε ισχύει ή γενική σχέση (σχ. 2.2):

Αν ο όγκος που εκτοπίζεται από τα ύφαλα του πλοίου είναι V και το ειδικό βάρος του νερού είναι δ, τότε: εκτόπισμα = $V \times \delta$

Στη ναυτιλία ως μονάδες εκτοπίσματος και βάρους χρησιμοποιούνται ο μετρικός τόνος των 1000 kg και ο αγγλικός τόνος των 2240 λιμπρών (1016 kg). Όταν δεν



Σχ. 2.2
Επιπλέον σώμα σε ισορροπία

υπάρχουν ακριβείς πληροφορίες παίρνουμε το ειδικό βάρος του νερού ως εξής:

Νερό	Σύστημα	
	Μετρικό	Αγγλικό
Θαλάσσιο νερό	1,025 t/m^3	1/35 t/ft^3
Γλυκό νερό	1,000 t/m^3	1/36 t/ft^3

Είναι φανερό ότι, όταν αυξάνεται το βύθισμα ενός πλοίου, αυξάνεται ο όγκος των υφάλων και επομένως το εκτόπισμα. Διακρίνουμε τα εξής χαρακτηριστικά εκτοπίσματα.

1) ***Έμφορτο*** ή ***εκτόπισμα πλήρους φόρτου.*** Είναι αυτό που αντιστοιχεί στο μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα του πλοίου.

2) ***Άφορτο εκτόπισμα.*** Είναι το εκτόπισμα που έχει το πλοίο, όταν είναι άφορτο· στην κατάσταση αυτή το πλοίο είναι απόλυτα έτοιμο να αναλάβει αποστολή, αλλά χωρίς κανένα φορτίο, καυσίμων, έρματος, πόσιμου νερού, εφοδίων, τροφίμων και πληρώματος, χωρίς κανένα, δηλαδή, πρόσθετο φορτίο.

2.4 Βάρος πλοίου. Ομάδες βαρών. Κέντρο βάρους

Το βάρος του πλοίου είναι άθροισμα των βαρών των ειδών και των αντικειμένων που φέρει. Διακρίνεται για λόγους υπολογισμού σε δύο κύριες κατηγορίες και κάθε μία από αυτές σε διάφορες ομάδες.

1) ***Μόνιμο*** ή ***ίδιο βάρος του πλοίου.*** Είναι το άθροισμα βαρών των ειδών που αποτελούν το έτοιμο πλοίο, χωρίς κανένα πρόσθετο βάρος ή φορτίο. Το βάρος αυτό αντιστοιχεί με το άφορτο εκτόπισμα και μοιράζεται στις εξής βασικές ομάδες βαρών.

α) ***Σκάφους.*** Είναι το βάρος του μεταλλικού ή από άλλο υλικό σκελετού, με όλες τις εσωτερικές φρακτές και τα χωρίσματα, καθώς και τις υπερκατασκευές.

β) ***Προωστήριου σκεύους.*** Είναι το βάρος της μηχανής πρόωσης με τις συσκευές και τα μηχανήματα που είναι προσαρτημένα σε αυτήν. Στο βάρος αυτό περιλαμβάνεται το νερό των λεβήτων μέχρι τη στάθμη λειτουργίας, τα υγρά των δικτύων της προωστήριας εγκατάστασης και το λάδι λίπανσης στις ελαιολεκάνες των μηχανημάτων.

γ) ***Βοηθητικών μηχανημάτων και δικτύων,*** όπως είναι τα μηχανήματα πηδαλίου, εργάτη, αγκυρών, ψυκτικών και δικτύων πλοίου.

δ) ***Εξαρτισμού,*** δηλαδή φορτωτήρων, λέμβων, αλυσίδων, αγκύρων κ.λπ.

ε) ***Ενδιαίτησης*** και ***επίπλωσης***.

στ) ***Οπλισμού*** (για πολεμικά πλοία).

ζ) ***Μόνιμου στερεού έρματος***.

2) ***Φορτίο πλοίου.*** Ο αγγλικός όρος Deadweight που χρησιμοποιείται, έχει καθιερωθεί διεθνώς. Στην ελληνική βιβλιογραφία συναντιέται ως ***πρόσθετα*** (ή νεκρά) ***βάρη*** και είναι το άθροισμα όλων των βαρών, που προσθέτονται στο σύμφωνα με τα παραπάνω, εντελώς έτοιμο πλοίο. Διακρίνεται δε στις ακόλουθες ομάδες βαρών:

α) Καυσίμων και λιπαντικών.

β) Τροφοδοτικού και πόσιμου νερού.

γ) Υλικών και εφοδίων πλοίου.

δ) Πληρώματος και των αποσκευών και εφοδίων του.

ε) Υγρού έρματος.

στ) Επιβατών και των αποσκευών τους.

ζ) Φορτίου κάθε είδους.

Οι δύο τελευταίες ομάδες είναι το ωφέλιμο φορτίο (Cargo Deadweight). Το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο ενός πλοίου μπορεί να αυξηθεί σε βάρος των ομάδων καυσίμων και νερού για πλόες μικρών αποστάσεων. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

Πλήρες ή έμφορτο εκτόπισμα = Μόνιμο ή ίδιο βάρος + Πρόσθετο βάρος

Χρήσιμο στοιχείο είναι ο λόγος $\frac{\text{Deadweight}}{\text{πλήρες εκτόπισμα}}$ ο οποίος κυμαίνεται στα εμπορικά πλοία, εκτός από τα επιβατικά, από 0,65 μέχρι 0,85.

Παρακάτω δίνονται ενδεικτικά μερικές τιμές του λόγου:

Φορτηγά	0,75
Πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος ή μεταλλευματοφόρα	0,78 - 0,86
Πλοία χύδην (σκόρπιου) φορτίου	0,80
Πλοία ψυγεία	0,58
Επιβατηγά πλοία	0,35

Παράδειγμα

Για φορτηγό πλοίο πρόσθετου φορτίου (ή βάρος Deadweight) 9000 τόνων και για τιμή 0,67 του παραπάνω λόγου, το πλήρες (ή έμφορτο) εκτόπισμα προκύπτει ίσο με 9000/0,67 = 13.430 τόνοι. Αυτό δίνει μία προσεγγιστική τιμή του πλήρους εκτοπίσματος, που αντιστοιχεί στο παραπάνω Deadweight.

2.5 Κέντρο βάρους

Το κέντρο βάρους του πλοίου είναι το σημείο, στο οποίο μπορεί να θεωρηθεί ότι ενεργεί το βάρος του πλοίου, η συνισταμένη δηλαδή όλων των βαρών ή το άθροισμα όλων των βαρών.

Το κέντρο βάρους οποιουδήποτε σώματος, όπως ορίζεται από τη Μηχανική, είναι το σημείο (στη Ναυπηγική χαρακτηρίζεται συνήθως με το γράμμα **G**), του οποίου η θέση είναι τέτοια, ώστε το άθροισμα των ροπών όλων των επιμέρους βαρών ως προς οποιοδήποτε άξονα που διέρχεται από το σημείο αυτό, να είναι μηδέν.

Στα πλοία το κέντρο βάρους βρίσκεται συνήθως λόγω συμμετρίας επάνω στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας και κάπου στη μέση του μήκους τους. Η απόσταση του κέντρου βάρους από το βασικό επίπεδο (ύψος) έχει ιδιαίτερη σημασία για τα θέματα ευστάθειας.

Η θέση του κέντρου βάρους του ίδιου βάρους του πλοίου παραμένει αμετάβλητη εφόσον δεν μεταβάλλονται τα μόνιμα βάρη του, διαφέρει όμως από τη θέση του κέντρου βάρους του φορτωμένου πλοίου, το οποίο εξαρτάται προφανώς και από την κατανομή των προσθέτων βαρών.

3

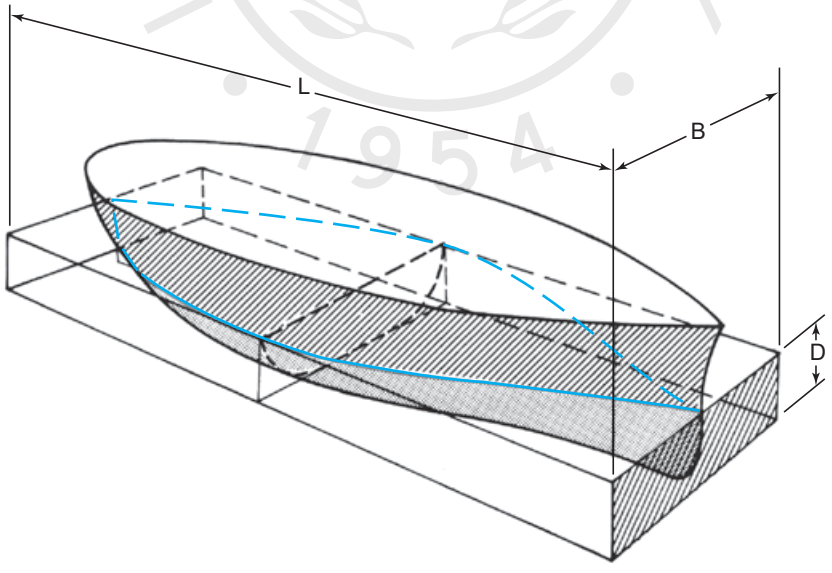
Συντελεστές σχήματος πλοίου

Για τη σύγκριση του σχήματος κάτω από την ίσαλο των πλοίων έχει καθιερωθεί αριθμός συντελεστών, που καλούνται ***συντελεστές σχήματος.*** Αυτοί είναι χρήσιμοι για την εκτέλεση απλών υπολογισμών, όπως είναι η εκτίμηση του εκτοπίσματος, αλλά κυρίως για τη συγκριτική εξέταση των διαφόρων χαρακτηριστικών ενός πλοίου με άλλους παρόμοιους τύπους πλοίων, όπως η ικανότητα ωφέλιμου φορτίου, η αντίσταση στην πρόωση κ.λπ.

3.1 Συντελεστής εκτοπίσματος ή γάστρας

Ο συντελεστής εκτοπίσματος C_B είναι ο λόγος του όγκου του εκτοπίσματος V των υφάλων του πλοίου προς τον όγκο του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου το οποίο είναι περιγραμμένο στο σχήμα των υφάλων και έχει μήκος ίσο με το μήκος L της ισάλου, πλάτος ίσο με το πλάτος κατασκευής B και ύψος ίσο με το μέσο βύθισμα D, τα οποία αντιστοιχούν στο παραπάνω εκτόπισμα (σχ. 3.1).

$$C_B = \frac{V}{L \times B \times D}$$



Σχ. 3.1
Συντελεστής εκτοπίσματος ή γάστρας

Έτσι, ο C_B δίνει το ποσοστό του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου L × B × D, το οποίο γεμίζει από τον όγκο V της γάστρας του πλοίου.

Ενδεικτικές τιμές του C_B.

Ταχύπλοα σκάφη (θαλαμηγοί, αντιτορπιλλικά, καταδρομικά)	0,50 μέχρι 0,65
Συνηθισμένα φορτηγά (General Cargo Liners)	0,65 μέχρι 0,75
Φορτηγά σχετικά μικρής ταχύτητας (χύδην φορτίου, πετρελαιοφόρα)	0,70 μέχρι 0,85

Παρατηρούμε γενικότερα ότι τα πλοία μεγάλης ταχύτητας έχουν μικρότερο C_B.

3.2 Πρισματικός συντελεστής

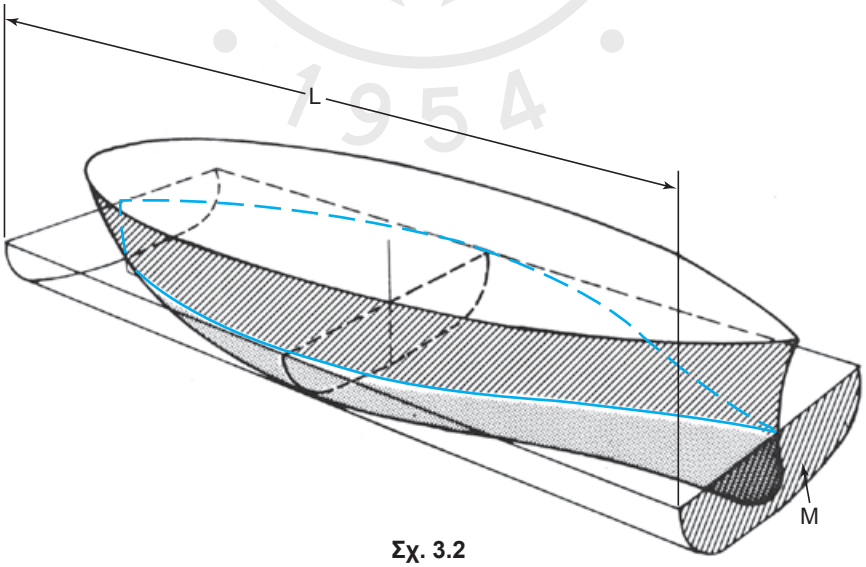
Ο πρισματικός συντελεστής C_P είναι ο λόγος του όγκου εκτοπίσματος των υφάλων του πλοίου προς τον όγκο πρίσματος, που έχει βάση τη μέση τομή M και ύψος το μήκος L της ισάλου (σχ. 3.2):

$$C_P = \frac{V}{L \times M}$$

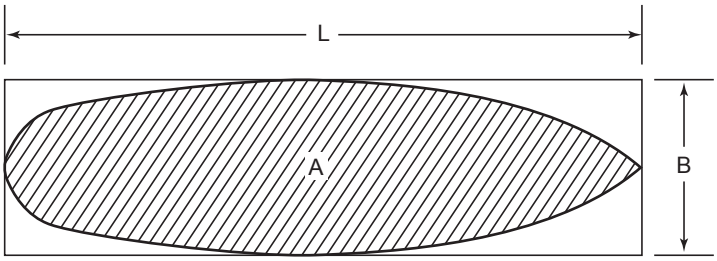
Αντίστοιχα με τα παραπάνω, ο συντελεστής C_p δίνει το ποσοστό πληρότητας του πρίσματος που περιβάλλει το πλοίο από τον όγκο V της γάστρας του. Οι τιμές του C_p είναι πάντα λίγο μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες C_B.

3.3 Συντελεστής ισάλου

Ο ***συντελεστής ισάλου*** C_W είναι ο λόγος του εμβαδού της επιφάνειας της ισάλου A προς το εμβαδόν της επιφάνειας του ορθογώνιου που είναι περιγραμμένο στο



Σχ. 3.2
Πρισματικός συντελεστής



Σχ. 3.3
Συντελεστής ισάλου

σχήμα της ισάλου και έχει πλευρές ίσες με το πλάτος κατασκευής B της ισάλου και με το μήκος L της ισάλου (σχ. 3.3).

$$C_W = \frac{A}{B \times L}$$

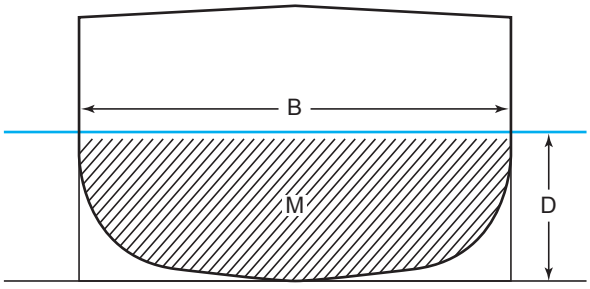
Οι τυπικές τιμές του συντελεστή C_W κυμαίνονται από 0,85 για πλοία λεπτής μορφής, μέχρι 0,90 για πλοία «γεμάτα» (μεγάλο C_B).

3.4 Συντελεστής μέσης τομής

Ο συντελεστής μέσης τομής C_M είναι ο λόγος του εμβαδού της επιφάνειας της μέσης τομής M, η οποία βρίσκεται κάτω από την ίσαλο, προς το εμβαδόν της επιφάνειας του ορθογώνιου που είναι περιγραμμένο στο σχήμα της μέσης τομής και έχει πλευρές ίσες με το πλάτος κατασκευής B και με βύθισμα D (σχ. 3.4):

$$C_M = \frac{M}{B \times D}$$

Οι τυπικές τιμές του συντελεστή C_M κυμαίνονται από 0,85 για ταχύπλοα σκάφη, μέχρι 0,99 για σκάφη με μικρή ταχύτητα.



Σχ. 3.4
Συντελεστής μέσης τομής

Μεταξύ των συντελεστών γάστρας, μέσης τομής και του πρισματικού υπάρχει η σχέση:

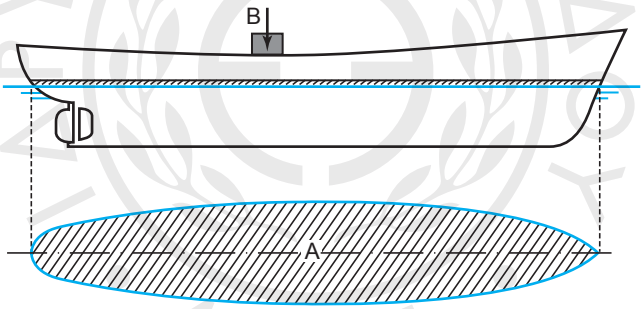
$$C_B = \frac{V}{M \times L} \times \frac{M}{B \times D} = C_P \times C_M$$

Οι παραπάνω συντελεστές αναφέρονται στην ίσαλο κατασκευής.

3.5 Τόνοι ανά μονάδα βύθισης

Με τον όρο αυτό εννοείται το βάρος σε τόνους, το οποίο πρέπει να προστεθεί (ή να αφαιρεθεί) στο πλοίο για να αυξηθεί (ή να ελαττωθεί) το βύθισμά του κατά μία μονάδα μήκους. Στην περίπτωση αυτή ως μονάδα της διαφοράς βυθισμάτων χρησιμοποιείται συνήθως το εκατοστόμετρο και η ίντσα από όπου προέρχονται οι όροι ***τόνοι ανά εκατοστόμετρο*** (t/cm) και ***τόνοι ανά ίντσα*** (t/in) ***βύθισης***.

Έστω ότι σε πλοίο με ίσαλο επιφάνεια A (σε m^2) προσθέτουμε βάρος B (σε τόνους) (σχ. 3.5). Εφόσον αυξήθηκε το βάρος του πλοίου, θα πρέπει να αυξηθεί και η άντωση και επομένως ο όγκος υφάλων του πλοίου. Αναλόγως θα αυξηθεί και το βύθισμα, έτσι, ώστε το βάρος που έχει προστεθεί να είναι ίσο με την πρόσθετη άντωση.



Σχ. 3.5

Η πρόσθετη αυτή άντωση είναι ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίζεται επί πλέον, το οποίο έχει όγκο τον όγκο της ***φέτας*** επιφάνειας A και πάχος ίσο με την πρόσθετη βύθιση. Με την προϋπόθεση, βέβαια, ότι το πρόσθετο βάρος B τοποθετείται σε κατάλληλο σημείο κατά μήκος του πλοίου και επάνω στον διαμήκη άξονα συμμετρίας του, ώστε να μην αλλάξει η διαγωγή του πλοίου ούτε να προκληθεί κλίση αριστερά-δεξιά (βλ. πιο κάτω ευστάθεια πλοίου).

Αν η βύθιση που προκαλείται είναι 1 cm (1/100 m) τότε οι τόνοι ανά cm είναι:

$$T = A \times \frac{1}{100} \times \text{ειδικό βάρος} = \frac{A}{100} \times 1{,}025$$

Με όμοιο τρόπο αποδεικνύεται ότι στο αγγλικό σύστημα μέτρησης οι τόνοι ανά ίντσα είναι:

$$T = A \times \frac{1}{12} \times \frac{1}{35} = \frac{A}{420}$$

όπου: **A** η επιφάνεια της ίσαλου σε τετρ. πόδια (ft^2)

$\frac{1}{12}$ (του ft) ή ίντσα

$\frac{1}{35}$ t/ft^3 το ειδικό βάρος του θαλάσσιου νερού.

Για γλυκό νερό ισχύουν οι δύο αντίστοιχοι τύποι:

$$T = \frac{1}{100} \quad \text{και} \quad T = \frac{A}{432}$$

Αυτό, προφανώς, λόγω διαφοράς ειδικού βάρους.

Οι τόνοι δηλαδή ανά μονάδα βύθισης είναι λιγότεροι στο γλυκό νερό ή αλλιώς, το ίδιο πρόσθετο βάρος προκαλεί μεγαλύτερο πρόσθετο βύθισμα στο γλυκό νερό (όπως είναι φυσικό).

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

4

Κανόνας του Simson - Εφαρμογές

4.1 Εισαγωγή

Από όσα αναπτύξαμε μέχρι τώρα προκύπτει ότι για τον προσδιορισμό ορισμένων στοιχείων του πλοίου, όπως είναι το εκτόπισμα και οι τόνοι ανά μονάδα βύθισης, είναι αναγκαίος ο υπολογισμός διαφόρων γεωμετρικών στοιχείων του πλοίου, όπως είναι ο όγκος της γάστρας και η επιφάνεια της ισάλου. Η γνώση και άλλων γεωμετρικών στοιχείων του πλοίου είναι επίσης αναγκαία όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια. Λόγω του σχήματος του πλοίου δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση των τύπων που ισχύουν για απλά γεωμετρικά σχήματα, γι' αυτό χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι υπολογισμού των γεωμετρικών στοιχείων του.

4.2 Κανόνας του τραπεζοειδούς

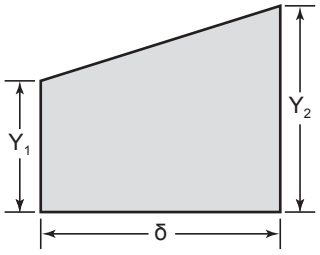
Ο κανόνας αυτός βασίζεται στον τύπο εύρεσης εμβαδού τραπεζίου (σχ. 4.1).

$$E = \delta \times \frac{Y_1 + Y_2}{2}$$

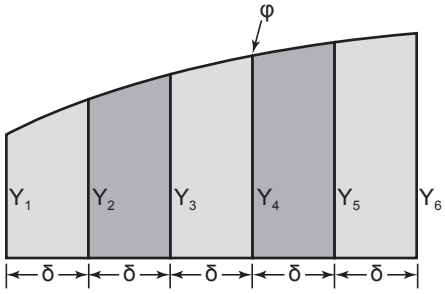
Έτσι, με επανάληψη του τύπου αυτού βρίσκουμε το εμβαδόν κάτω από μία καμπύλη, αν το μήκος της υποδιαιρεθεί σε αριθμό ίσων μερών, που το καθένα έχει μήκος δ. Το εμβαδόν της επιφάνειας του σχήματος κάτω από την καμπύλη Φ είναι (σχ. 4.2).

$$E = \delta\left(\frac{Y_1}{2} + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + \frac{Y_6}{2}\right)$$

Για την ακρίβεια του παραπάνω υπολογιστικού κανόνα απαιτείται μεγάλος αριθ-



Σχ. 4.1



Σχ. 4.2

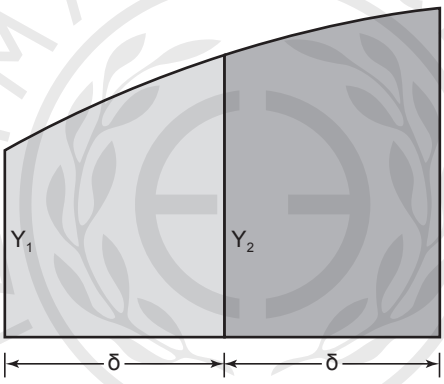
μός ίσων μερών ή πολύ μικρές ισαποστάσεις δ, γι' αυτό και η χρήση του είναι πολύ περιορισμένη.

4.3 1ος Κανόνας του Simson. Υπολογισμός εμβαδών

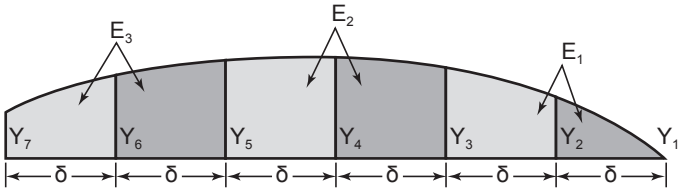
Για τις συνηθισμένες καμπύλες των ναυπηγικών γραμμών του πλοίου μπορεί να χρησιμοποιείται, με πολύ ικανοποιητική προσέγγιση στην πράξη, ο 1ος Κανόνας του Simson με την προϋπόθεση ότι οι αποστάσεις μεταξύ των πλατών (τεταγμένων) είναι αρκετά μικρές. Ο 1ος Κανόνας του Simson δίνει το εμβαδό Ε της σκιασμένης επιφάνειας του σχήματος 4.3 με τον τύπο:

$$E = \frac{\delta}{3}(Y_1 + 4Y_2 + Y_3)$$

όπου: **δ** η ισαπόσταση μεταξύ των τεταγμένων και Y_1, Y_2, Y_3 το μήκος των τεταγμένων.



Σχ. 4.3



Σχ. 4.4

Για τον υπολογισμό του εμβαδού του σχήματος 4.4, που παριστάνει το μισό μιας ισάλου επιφάνειας, εφαρμόζεται διαδοχικά ο 1ος Κανόνας του Simson στις επιφάνειες E_1, E_2 και E_3 και γίνεται πρόσθεση για να βρεθεί το ολικό εμβαδόν ως εξής:

$$E_1 = \frac{\delta}{3}(Y_1 + 4Y_2 + Y_3)$$

$$E_2 = \frac{\delta}{3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (Y_3 + 4Y_4 + Y_5)$$

$$E_3 = \frac{\delta}{3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (Y_5 + 4Y_6 + Y_7)$$

$$E = \frac{\delta}{3}(Y_1 + 4Y_2 + 2Y_3 + 4Y_4 + 2Y_5 + 4Y_6 + Y_7)$$

Για την εφαρμογή του 1ου Κανόνα του Simson απαιτείται η ύπαρξη άρτιου αριθμού ισαποστάσεων ή περιττού αριθμού πλατών. Για τις εφαρμογές σε πλοία είναι συνηθισμένο να χρησιμοποιείται αριθμός τμημάτων 10 ή 20, ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου. Οι αριθμοί και οι πράξεις διατάσσονται με τη μορφή πίνακα, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα υπολογισμού του εμβαδού ισάλου επιφάνειας πλοίου, που έχει μήκος 60 m (πίνακας 4.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1
Υπολογισμός εμβαδού ισάλου επιφάνειας

		Εμβαδόν κατά Simson		**Εμβαδόν κατά Κανόνα τραπεζοειδούς**	
α/α	Πλάτος	Σ.Σ. (Συντ. Simson)	Γινόμενο	Σ.Τ. Συντ. Τραπεζ.	Γινόμενο
1	0	1	0	½	0
2	5,00	4	20,00	1	5,00
3	7,50	2	15,00	1	7,50
4	9,00	4	36,00	1	9,00
5	8,70	2	17,40	1	8,70
6	7,40	4	29,60	1	7,40
7	4,40	1	4,40	½	2,20
		Άθροισμα A_s= 122,40		Άθροισμα $A_τ$ = 39,8	

Στον πίνακα αυτόν έχει υπολογισθεί το εμβαδόν και με βάση τον κανόνα του τραπεζοειδούς. Στη συνέχεια, για να γίνει σύγκριση, δίνεται η διαφορά επί τοις εκατό μεταξύ των δύο αποτελεσμάτων. Έτσι, έχουμε:

Ισαπόσταση $\delta = \frac{60}{6} = 10$ m

Έτσι:

1) Εμβαδόν κατά Simson:

$$E_S = \frac{\delta}{3} \times A_S = \frac{10}{3} \times 122{,}40$$

$$E_S = 408 \text{ m}^2$$

2) Εμβαδόν κατά Κανόνα τραπεζοειδούς:

$$E_T = \delta \times A_T = 10 \times 39,8$$

$$E_T = 398 m^2$$

Η ποσοστιαία διαφορά τους είναι:

$$\frac{E_S - E_T}{E_S} = \frac{10}{408}$$

διαφορά (%) = 2,45%

Μερικές φορές, στην πράξη δίνεται το μισό πλάτος οπότε το αποτέλεσμα του υπολογισμού πρέπει να διπλασιασθεί, ώστε να βρεθεί ολόκληρη η επιφάνεια.

Παράδειγμα

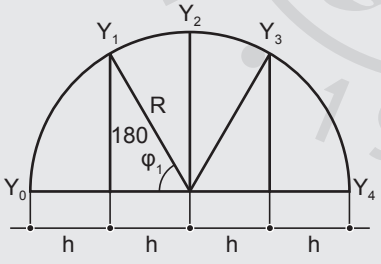
Για να δοθεί μία ιδέα της προσέγγισης που πετυχαίνετε όταν βρίσκουμε το εμβαδόν μιας επιφάνειας με τη χρήση του 1ου Κανόνα του Simson, θα βρεθεί το εμβαδόν ενός ημικύκλιου, που ***έχει ακτίνα*** **R = 1 m** με τον κανόνα αυτό, όπως και από τη σχέση:

$$E = \frac{\pi R^2}{2}$$

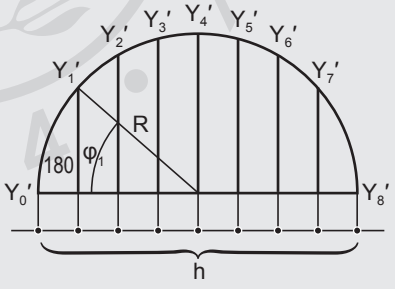
Για να γίνει σαφής η αύξηση της ακρίβειας που πετυχαίνετε αν αυξηθεί ο αριθμός των διαστημάτων, θα υπολογισθεί το εμβαδόν Ε με τον κανόνα του Simson σε δύο περιπτώσεις:

1) Διαστήματα 4 (σχ. 4.5),

2) Διαστήματα 8 (σχ. 4.6).



Σχ. 4.5



Σχ. 4.6

1η Περίπτωση

$$E_1 = \frac{h}{3}(Y_0 + 4Y_1 + 2Y_2 + 4Y_3 + Y_4)$$

όπου: $h = R/2 = {}^1/_2$ m και $Y_ι = R ημφ_ι = 1 ημφ_ι = ημφ_ι$

Βρίσκουμε εύκολα:

$Y_0 = 1 \times ημ\ 180° = O = Y_A$ $\qquad$ $Y_2 = 1 \times ημ\ 90° = 1$ m

$Y_1 = 1 \times \eta\mu\ 120° = 0,866$ m $\qquad$ $Y_4 = 1 \times \eta\mu\ 60^o = 0,866$ m

Από τη σχέση του εμβαδού E_1 κατά Simson βρίσκουμε:

$$E_1 = \frac{1}{3 \times 2}(O + 4 \times 0,866 + 2 \times 1 + 4 \times 0,866 + 0) = 1,4880\ m^2$$

Από τη σχέση $E = \frac{\pi R^2}{2}$ προκύπτει:

$$E = \frac{3,14 \times 12}{2} = 1,5707$$

Η διαφορά επί τοις εκατό:

$$\left(\frac{E - E_1}{E}\right)100 = \frac{(1,5707 - 1,4880)}{1,5707} \times 100 = 5,26\%$$

Αυτή είναι η προσέγγιση που πετυχαίνουμε κατά Simson με 4 διαστήματα.

2η Περίπτωση

$E_2 = h'/_3\ (Y'_o + 4Y'_1 + 2Y'_2 + 4Y'_3 + 2Y'_4 + 4Y'_5 + 2Y'_6 + 4Y'_7 + Y'_8)$

όπου και πάλι $Y'_1 = R\eta\mu\varphi'_1 = \eta\mu\varphi'_1$, $\eta\mu\varphi_1 = \sqrt{1 - \sigma\upsilon\nu^2\varphi_1}$

Συντάσσουμε πίνακα ανάλογο με τον 4.1.

Υπολογισμός εμβαδού ημικύκλιου κατά Simson

α/α	συνφ΄$_i$	ημφ΄$_i$ = y΄$_i$	Σ.Σ	Γινόμενο
0	1,00	0,000	1	0
1	0,750	0,666	4	2,664
2	0,500	0,860	2	1,720
3	0,250	0,968	4	3,872
4	0,000	1,000	2	2,000
5	0,250	0,968	4	3,872
6	0,500	0,860	2	1,720
7	0,750	0,666	4	2,664
8	1,000	0,000	1	0
				$A_s = 18,512$

Εμβαδόν $E_2 = \frac{h'}{3} \times A_S = \frac{1}{4 \times 3} = 18,512 = 1,5425$ αφού $h' = \frac{R}{4} = \frac{1}{4}$ m

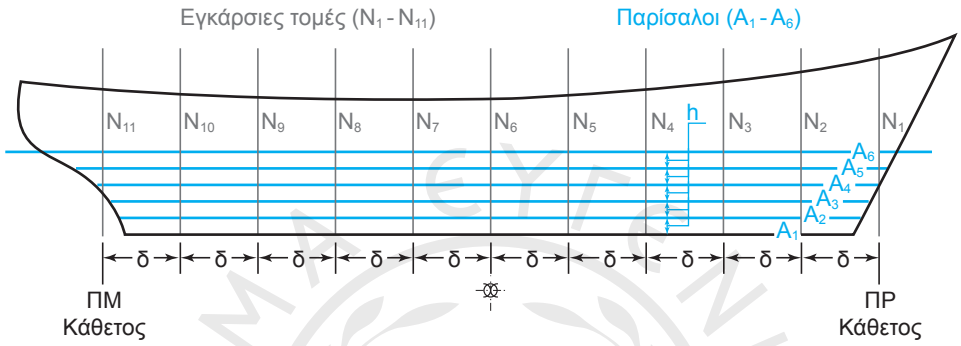
Η ποσοστιαία διαφορά από το ακριβές εμβαδό είναι τώρα:

$$\frac{E - E_2}{E} \times 100(\%),\ \text{δηλαδή}\ \ \frac{1,5707 - 1,5426}{1,5707} = 1,79\%$$

Έτσι η παραπάνω διαφορά περιορίσθηκε στο 1/3 της προηγούμενης με το διπλασιασμό του αριθμού των διαστημάτων.

4.4 Υπολογισμός όγκων

Ο υπολογισμός όγκων με τον κανόνα του Simson γίνεται όπως και υπολογισμός του εμβαδού επιφανειών. Στην περίπτωση αυτή αντί των πλατών, αναγράφονται ως τεταγμένες τα εμβαδά των επιφανειών των αντίστοιχων τομών. Οι τομές στην περίπτωση της γάστρας του πλοίου μπορούν να είναι ισαπέχουσες παρίσαλοι ή ισαπέχουσες εγκάρσιες τομές (σχ. 4.7).



Σχ. 4.7

Παράδειγμα υπολογισμού όγκου

Ένα πλοίο έχει τα παρακάτω εμβαδά εγκαρσίων τομών σε βύθισμα 3 m: 0 – 7,3 – 13,5 – 21 – 26 – 29 – 28 – 26 – 18 – 7,5 – 0 σε m^2. Οι εγκάρσιες τομές ισαπέχουν 10 m μεταξύ τους. Να βρεθεί το εκτόπισμα σε θαλασσινό νερό ειδικού βάρους 1,025 t/m^3.

Ο τρόπος με τον οποίο βρίσκουμε τον όγκο της γάστρας φαίνεται στον πίνακα 4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2
Υπολογισμός όγκου πλοίου

α/α	Εμβαδά εγκάρσιων τομών	Σ.Σ. (Συντελεστές) του Simson	Γινόμενα για τον όγκο
1	0	1	0
2	7,3	4	29,2
3	13,5	2	27
4	21	4	84
5	26	2	52
6	29	4	116
7	28	2	56
8	26	4	104
9	18	2	36
10	7,5	4	30
11	0	1	0
		Άθροισμα	534,2

Όγκος εκτοπίσματος $\frac{10}{3} \times 534{,}2 = 1781\ m^3$

Εκτόπισμα = $1781\ m^3 \times 1{,}025\ t/m^3 = 1824{,}5\ t$.

Με ανάλογο τρόπο θα μπορούσαμε κάλλιστα να υπολογίσουμε τον όγκο και το εκτόπισμα του πλοίου, χρησιμοποιώντας τα εμβαδά των ισαπεχουσών παρισάλων.

4.5 Υπολογισμός των υπολοίπων στοιχείων της ισάλου επιφάνειας με τον κανόνα του Simson

Όπως θα αναπτύξουμε στα επόμενα κεφαλαία, είναι απαραίτητο να υπολογίζονται τα εξής στοιχεία της ισάλου επιφάνειας.

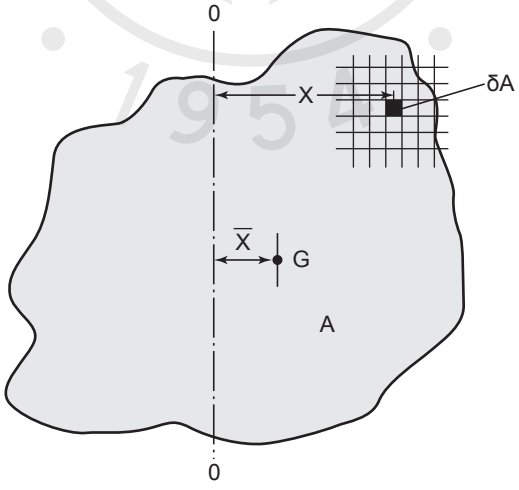
1) Το ***κέντρο της επιφάνειας,*** το οποίο ονομάζεται ***κέντρο πλευστότητας.***

2) Η ***ροπή της αδράνειας*** περί τον διαμήκη άξονα συμμετρίας.

3) Η ***ροπή της αδράνειας*** περί τον εγκάρσιο άξονα, που διέρχεται από το κέντρο πλευστότητας.

Για να βρεθεί η θέση του κέντρου της επιφάνειας της ισάλου πρέπει να υπολογίσουμε τη ροπή της επιφάνειας ως προς εγκάρσιο άξονα. Λόγω συμμετρίας το κέντρο της επιφάνειας θα βρίσκεται επάνω στον διαμήκη άξονα συμμετρίας, ενώ απαιτείται ο υπολογισμός της διαμήκους θέσης του.

Η έννοια της ροπής της επιφάνειας είναι όμοια με την έννοια της ροπής δύναμης ή βάρους. Έτσι, η ροπή της επιφάνειας περί άξονα είναι ίση με το γινόμενο του εμβαδού της επιφάνειας επί την απόσταση του κέντρου της επιφάνειας από τον παραπάνω άξονα. Μπορούμε να υπολογίσουμε τη ροπή μίας επιφάνειας περί άξονα υποδιαιρώντας την σε αριθμό μικρών επιφανειών και αθροίζοντας τις ροπές όλων των επί μέρους επιφανειών περί τον άξονα (σχ. 4.8).



Σχ. 4.8
(Επιφάνεια A = ΣδA, Σημείο G = κέντρο επιφάνειας,
Ροπή επιφάνειας A ως προς άξονα OO = $\overline{X} \times A = \Sigma(x \times \delta A)$

Δηλαδή η ροπή της επιφάνειας Α περί τον άξονα ο - ο είναι ίση με το άθροισμα των ροπών των επί μέρους επιφανειών περί τον άξονα.

$$\text{Ροπή επιφάνειας} = \Sigma\,(x \times \delta A)$$

Κανόνας. Η απόσταση Χ του κέντρου βάρους μιας επιφάνειας από τον άξονα ο - ο είναι ίση με το πηλίκο της ροπής της επιφάνειας περί τον άξονα διά του εμβαδού της επιφάνειας:

$$X = \frac{\Sigma(x \times \delta A)}{A}$$

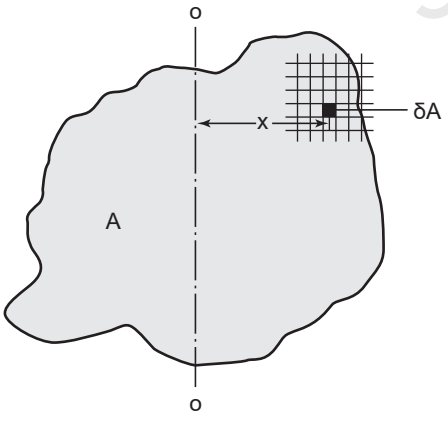
Επομένως: $\text{Ροπή επιφάνειας} = \Sigma\,(x \times \delta A) = X : A$

Η ροπή αδράνειας, η οποία μερικές φορές καλείται και ***δεύτερη ροπή*** μιας επιφάνειας περί άξονα, είναι το άθροισμα του γινομένου των παραπάνω επιμέρους μικρών επιφανειών επί το τετράγωνο της απόστασής τους από τον άξονα. Έστω π.χ. επιφάνεια Α και άξονας ο - ο (σχ. 4.9). Αν υποθέσουμε ότι η επιφάνεια αποτελείται από αριθμό μικρότερων επιφανειών και ότι μία από αυτές είναι η δΑ, η οποία απέχει x από τον άξονα ο - ο, τότε το άθροισμα $x^2\,\delta A$ που παριστάνεται με το $\Sigma x^2 \times \delta A$ είναι η ροπή αδράνειας της επιφάνειας περί τον άξονα ο - ο, δηλ. $I_{oo} = \Sigma x^2 \times \delta A$.

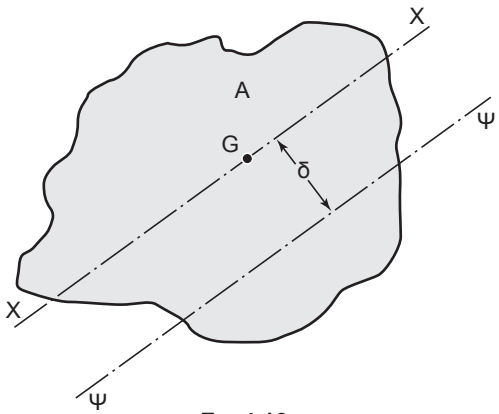
Σύμφωνα με το θεώρημα του Steiner ή θεώρημα των παραλλήλων αξόνων έχουμε (σχ. 4.10):

$$I_{xx} = I_{\psi\psi} - (\delta)^2 \times A$$

όπου: $\mathbf{I_{xx}}$ η ροπή αδράνειας περί τον άξονα xx, ο οποίος διέρχεται από το κέντρο της επιφάνειας G,
$\mathbf{I_{\psi\psi}}$ η ροπή αδράνειας της επιφάνειας περί τον άξονα ψψ, που είναι παράλληλος προς τον άξονα xx και απέχει απόσταση δ και
Α το εμβαδόν της επιφάνειας.

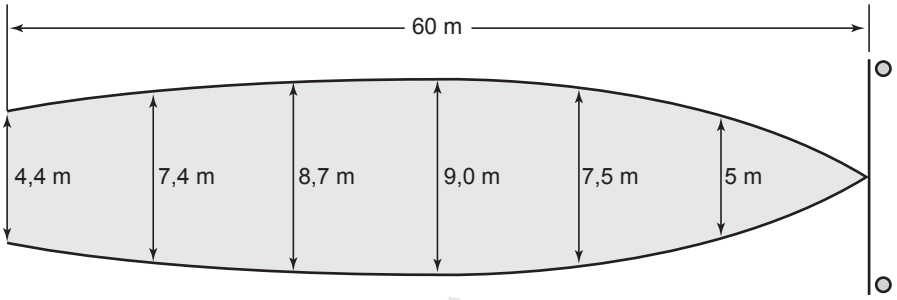


Σχ. 4.9



Σχ. 4.10

Ο τρόπος με τον οποίο βρίσκουμε τα διάφορα στοιχεία της ισάλου επιφάνειας του σχήματος 4.11 με τον πρώτο κανόνα του Simson φαίνεται στον πίνακα 4.3.



Σχ. 4.11

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3

α/α	α	β	γ	δ	ε	στ	ζ	η	θ
	Πλάτη	Σ.Σ.	Γινόμ. για έμβαδ.	Μ.Β. για ροπή	Γινόμ. για ροπή	Μ.Β. για ροπή αδρ.	Γινόμ. για ροπή αδράνειας I_{oo}	$(\text{Πλάτη})^3$ M^3	Γινόμ. για ροπή αδράνειας I
1	0	1	0	0	0	0	0	0	
2	5,00	4	20,00	1	20,00	1	20,00	125	500
3	7,50	2	15,00	2	30,00	2	60,00	422	844
4	9,00	4	36,00	3	108,00	3	324,00	729	2916
5	8,70	2	17,40	4	69,60	4	278,40	658	1316
6	7,40	4	29,60	5	148,00	5	740,00	405	1620
7	4,40	1	4,40	6	26,40	6	158,40	85	85
		$\Sigma_1 = 122,40$		$\Sigma_3 = 402,00$		$\Sigma_4 = 1580,80$		$\Sigma_5 = 7281$	

Σημείωση: Μ.Β. = Μοχλοβραχίονας

Επεξήγηση του πίνακα 4.3

Οι αριθμοί των διαφόρων στηλών προκύπτουν με πολλαπλασιασμό αριθμών προηγούμενων στηλών ως εξής:

Στήλη γ = α × β

Στήλη ε = γ × δ

Στήλη ζ = ε × στ

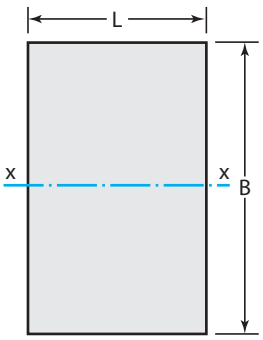
Στήλη θ = η × β

Η στήλη γ δεν χρειάζεται επεξηγήσεις, γιατί εδώ, για να βρεθεί το εμβαδόν, εφαρμόζεται ο απλός κανόνας του Simson.

Η στήλη δ παριστάνει τις αποστάσεις των πλατών από τον άξονα οο που διέρχεται από το υπ' α.α. 1 πλάτος (το οποίο θεωρείται ως η αρχή των αξόνων) ή δίνει τα πολλαπλάσια των αντίστοιχων ισαποστάσεων· στη στήλη αυτή θεωρείται ως κοινός

παράγοντας η ισαπόσταση δ = 10 m = 60/6. Στη στήλη ε δίνονται τα γινόμενα που προκύπτουν με πολλαπλασιασμό της στήλης γ επί τη στήλη δ για να βρεθεί η ροπή.

Με όμοιο τρόπο υπεισέρχεται για δεύτερη φορά με τη μορφή μοχλοβραχίονα η απόσταση των πλατών από τον άξονα στη στήλη στ και εδώ ως κοινός παράγοντας θεωρείται η ισαπόσταση δ = 10 m. Ήδη στη στήλη ζ (= ε × στ) ο μοχλοβραχίονας δ έχει υπεισέλθει δύο φορές ως παράγοντας δ^2 και η στήλη αυτή δίνει τη ροπή αδράνειας. Στη στήλη η δίνονται τα πλάτη υψωμένα στην τρίτη δύναμη. Αυτό προκύπτει από τον τύπο που δίνει η ροπή αδράνειας ορθογώνιου παραλληλόγραμμου ύψους Β και μήκους L, περί τον άξονα xx, όπως στο σχήμα 4.12:



Σχ. 4.12

$$I_{xx} = \frac{L \times B^3}{12}$$

Στη στήλη θ (= β × η) τα πλάτη υψωμένα στον κύβο έχουν πολλαπλασιασθεί με τους συντελεστές του Simson και η στήλη αυτή δίνει τη ροπή αδράνειας περί τον οριζόντιο άξονα συμμετρίας xx.

Υπολογισμός των διαφόρων στοιχείων.

1) ***Εμβαδά:***

$$E = \frac{\delta}{3} \times \Sigma_1 = \frac{10}{3} \times 122{,}40 = 408 \text{ m}^2$$

2) ***Ροπή περί τον άξονα οο:***

$$P_{oo} = \frac{\delta}{3} \times \delta \times \Sigma_3 = \frac{10}{3} \times 10 \times 402 = 13.400 \text{ m}^2$$

3) ***Εύρεση θέσης κέντρου πλευστότητας (ΚΠ):***

Απόσταση του κέντρου πλευστότητας από τον άξονα =

$$= \frac{P_{oo}}{E} = \frac{\delta/3 \times \delta \times \Sigma_3}{\delta/3 \times \Sigma_1} = \delta \times \frac{\Sigma_3}{\Sigma_1} = 10 \times \frac{402}{122{,}4} = 32{,}84 \text{ m}$$

ή 32,84 – 30 = 2,84 πρύμνηθεν μέσης τομής.

Το γεωμετρικό κέντρο της επιφάνειας μιας ισάλου καλείται κέντρο πλευστότητας (βλ. «ευστάθεια» παρακάτω).

4) ***Ροπή αδράνειας περί τον άξονα οο:***

$$I_{oo} = \frac{\delta}{3} \times \delta^2 \times \Sigma_4 = \frac{10}{3} \times 100 - 1580{,}8 = 526.930 \text{ m}^4$$

5) ***Ροπή αδράνειας περί εγκάρσιο άξονα που διέρχεται από το ΚΠ:***

$$P_{K\Pi} = 526.930 - (32{,}84)^2 \times 408 = 526.930 - 440.010 = 86.920 \text{ m}^4$$

6) ***Ροπή αδράνειας περί τον διαμήκη άξονα συμμετρίας:***

$$I = \frac{\delta}{3} \times \frac{1}{12} \times \Sigma_5 = \frac{10}{3} \times \frac{1}{12} \times 7281 = 2022{,}5\ m^4$$

Οι παραπάνω τύποι με τους οποίους βρίσκουμε τα διάφορα στοιχεία της ισάλου ισχύουν μόνο, όταν δίνονται ολόκληρα τα πλάτη και σε περίπτωση που δίνεται το μισό πλάτος τροποποιούνται όπως παρακάτω:

Εμβαδόν: $E = 2 \times \frac{\delta}{3} \times \Sigma_1$

Ροπή: $P_{oo} = 2 \times \frac{\delta}{3} \times \delta \times \Sigma_3$

Απόσταση ΚΠ από τον άξονα οο: $= \frac{P_{oo}}{E} = \delta \times \frac{\Sigma_3}{\Sigma_1}$

Ροπή αδράνειας περί τον άξονα οο: $I_{oo} = 2 \times \frac{\delta^3}{3} \times \Sigma_4$

Ροπή αδράνειας περί τον άξονα συμμετρίας: $I = \frac{2^3 \delta}{3 \times 12} \times \Sigma_5 = \frac{2}{9} \times \delta \times \Sigma_5$

Στον πίνακα 4.4 δίνεται ένα ακόμα παράδειγμα υπολογισμού των στοιχείων μιας ισάλου επιφάνειας. Έχουν ληφθεί τα ίδια στοιχεία με το προηγούμενο παράδειγμα με τη διαφορά πως η αρχή των αξόνων έχει ληφθεί στη μέση του πλοίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

α/α	Πλάτη	Σ.Σ.	Γινόμ. για έμβ.	Μ.Β.	Γινόμενο γιά ροπή	Μ.Β.	Γινόμ. για ροπή αδρ. I_M	$(\text{Πλάτη})^3$	Γινόμ. για ροπή αδρ. I
1	0	1	0	3	0	3	0	0	0
2	5,00	4	20,0	2	40,0	2	80,0	125	500
3	7,50	2	15,0	1	15,0	1	15,0	422	844
4	9,00	4	36,0	0	0 $\Sigma_2 = 55{,}0$	0		729	2916
5	8,70	2	17,4	1	17,4	1	17,4	658	1316
6	7,40	4	29,6	2	59,2	2	118,4	405	1620
7	4,40	1	4,4	3	13,2 $\Sigma_3 = 89{,}8$	3	39,6	85	85
		$\Sigma = 122{,}4$		$\Sigma_3 - \Sigma_2 = 34{,}8$		$\Sigma_4 = 270{,}4$		$\Sigma_5 = 7281$	

Εμβαδόν: $E = \frac{\delta}{3} \times \Sigma_1 = \frac{10}{3} \times 122{,}40 = 408\ m^2$

Ροπή περί εγκάρσιο άξονα που διέρχεται από το μέσο:

$$P = \frac{\delta}{3} \times \delta\ (\Sigma_3 - \Sigma_2) \Rightarrow P = \frac{100}{3} \times 34{,}80 = 1160\ m^3$$

Απόσταση κέντρου πλευστότητας από το μέσο:

$$= \frac{P}{E} = 10 \times \frac{34,80}{122,40} = 2,84$$

Ροπή αδράνειας περί άξονα που διέρχεται από το μέσο:

$$I_M = \frac{\delta}{3} \times \delta^2 \times \Sigma_4 \Rightarrow I_M = \frac{10}{3} \times 100 \times 270,4 = 90.130 \text{ m}^4$$

Ροπή αδράνειας περί άξονα που διέρχεται από το κέντρο πλευστότητας:

$$= 90.130 - (2,84)^2 \times 408 = 90.130 - 3290 = 86.840 \text{ m}^4$$

Ροπή αδράνειας περί άξονα συμμετρίας:

$$= \frac{\delta}{3} \times \frac{1}{12} \times 7281 = 2022,5 \text{ m}^4$$

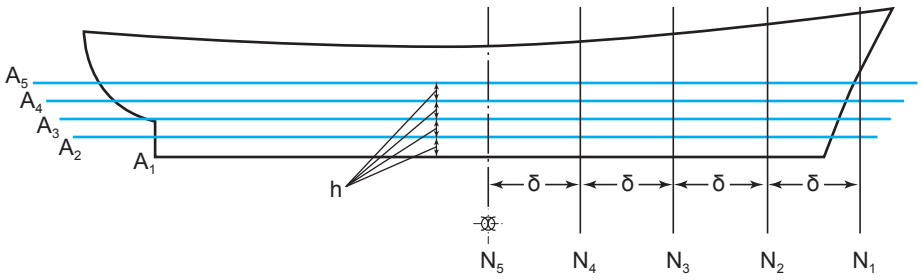
Όπως είναι φυσικό, τα αποτελέσματα των δύο υπολογισμών συμπίπτουν. Σημειώνεται ότι στον υπολογισμό της ροπής της επιφάνειας πήραμε αντίθετο σημείο για τα τμήματα εκατέρωθεν του άξονα, και έτσι αφαιρέθηκε από τη ροπή του πρυμναίου τμήματος η ροπή του πρωραίου.

4.6 Υπολογισμός ροπών και κέντρων όγκων

Όπως αναπτύχθηκε στην παράγραφο 4.4, ο υπολογισμός όγκου δεν διαφέρει από τον υπολογισμό εμβαδών, παρά μόνο στην αντικατάσταση των πλατών με τα αντίστοιχα εμβαδά των τομών που χρησιμοποιούνται. Με όμοιο τρόπο γίνεται και ο υπολογισμός των ροπών του όγκου και ο υπολογισμός του κέντρου του όγκου.

Στο σχέδιο των ναυπηγικών γραμμών του πλοίου και ανάλογα με το μήκος του προβλέπονται συνήθως 11 ή 21 εγκάρσιες ισαπέχουσες τομές, ενώ για τις παρισάλους επιλέγεται αριθμός επαρκής για την ακρίβεια των υπολογισμών.

Παρακάτω δίνονται παραδείγματα υπολογισμού όγκου και κέντρου όγκου με βάση τα εμβαδά των ισαπεχουσών εγκαρσίων τομών, καθώς και τα εμβαδά ισαπεχουσών παρισάλων, που τα στοιχεία τους έχουν ήδη υπολογισθεί. Για λόγους απλότητας βάλαμε αντί για αριθμούς ψηφία. Στο σχήμα 4.13 φαίνονται οι εγκάρσιες

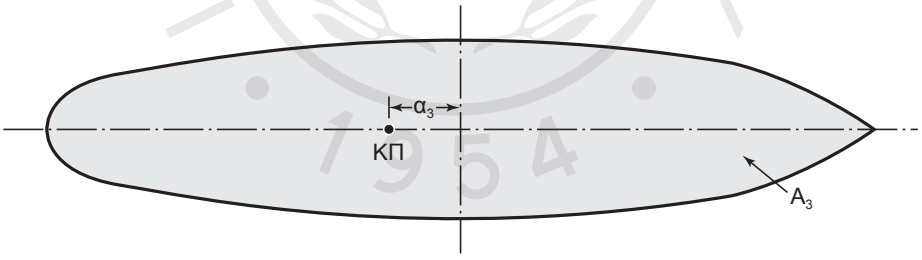


Σχ. 4.13

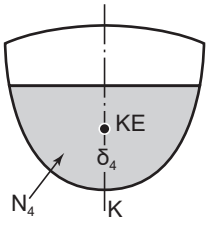
τομές και οι παρίσαλοι. Στα σχήματα 4.14 και 4.15 φαίνονται μία τυπική εγκάρσια τομή και μία παρίσαλος αντίστοιχα.

Υπολογισμός όγκων και κέντρου όγκων με βάση εγκάρσιες τομές

α/α	α	β	γ = α × β	δ	ε = γ × δ	ζ	η = ζ × γ
	Επιφάν. τομών	Σ.Σ.	Γινόμενα για όγκο	Μ.Β. διαμ. θέση	Γινόμενα για διαμήκη θέση ΚΑ	Κ.Ε. από τρόπιδα	Γινόμενα για κατακόρυφη θέση ΚΑ
1	N_1	1	1 × N,	5	$5 \times N_1$	δ_1	$\delta_1 \times (1 \times N_1)$
2	N_2	4	$4 \times N_2$	4	$16 \times N_2$	δ_2	$\delta_2 \times (4 \times N_2)$
3	N_3	2	$2 \times N_3$	3	$6 \times N_3$	δ_3	$\delta_3 \times (2 \times N_3)$
4	N_4	4	$4 \times N_4$	2	$8 \times N_4$	δ_4	$\delta_4 \times (4 \times N_4)$
5	N_5	2	$2 \times N_5$	1	$2 \times N_5$	δ_5	$\delta_5 \times (2 \times N_5)$
6	N_6	4	$4 \times N_6$	0	Σ_2	δ_6	$\delta_6 \times (4 \times N_6)$
7	N_7	2	$2 \times N_7$	1		δ_7	$\delta_7 \times (2 \times N_7)$
8	N_8	4	$4 \times N_8$	2	$2 \times N_7$	δ_8	$\delta_8 \times (4 \times N_8)$
9	N_9	2	$2 \times N_9$	3	$8 \times N_8$	δ_9	$\delta_9 \times (2 \times N_9)$
10	N_{10}	4	$4 \times N_{10}$	4	$6 \times N_9$	δ_{10}	$\delta_{10} \times (4 \times N_{10})$
11	N_{11}	1	$1 \times N_{11}$	5	$16 \times N_{10}$	δ_{11}	$\delta_{11} \times (1 \times N_{11})$
					$5 \times N_{11}$		
					Σ_3		
			Σ_1		$\Sigma_4 = \Sigma_3 - \Sigma_2$		Σ_5



Σχ. 4.14



Σχ. 4.15

$$O = \text{όγκος} = \Sigma_1 \times \frac{\delta}{3}$$

$$LCB = (\text{Διαμ. θέση ΚΑ}) = \frac{P_\Delta}{O} = \frac{\delta/3 \times \Sigma_4}{\delta/3 \times \Sigma_1} = \delta \times \frac{\Sigma_4}{\Sigma_1}$$

$$KB = (\text{Κατακόρυφη θέση ΚΑ}) = \frac{P_K}{O} = \frac{\delta/3 \times \Sigma_5}{\delta/3 \times \Sigma_1} = \frac{\Sigma_5}{\Sigma_1}$$

Σημειώσεις: ΚΑ = Κέντρο Άντωσης, ΚΕ = Κέντρο επιφάνειας, P_Δ = Ροπή διαμήκης, P_K = Ροπή κατακόρυφος.

Υπολογισμός όγκων και κέντρου όγκων με βάση παρισάλους

α/α	(α)	(β)	γ = α × β	(δ)	(ε) = γ × δ	(ζ)	(η) = (ζ) x (γ)
	Επιφ. παρισάλων	Σ.Σ.	Γινόμ. για όγκο	Μ.Β. για κατ/φη θέση ΚΑ	Μ.Β. για κατ/φη θέση ΚΑ	ΚΠ από ⌀	Γιν. για διαμ. θέση ΚΑ
1	A_1	1	$1 \times A_1$	0	0	α_1	$\alpha_1(1 \times A_1)$
2	A_2	4	$4 \times A_2$	1	$1 \times (4A_2)$	α_2	$\alpha_2(4 \times A_2)$
3	A_3	2	$2 \times A_3$	2	$2 \times (2A_3)$	α_3	$\alpha_3(2 \times A_3)$
4	A_4	4	$4 \times A_4$	3	$3 \times (4A_4)$	α_4	$\alpha_4(4 \times A_4)$
5	A_5	1	$1 \times A_5$	4	$4 \times (1A_5)$	α_5	$\alpha_5(1 \times A_5)$
			Σ_1		Σ_2		Σ_3

$$O = \Sigma_1 \times \frac{h}{3}$$

$$LCB = (\text{Διαμήκης θέση ΚΑ}) = \frac{P_\Delta}{O} = \frac{h/3 \times \Sigma_3}{h/3 \times \Sigma_1} = \frac{\Sigma_3}{\Sigma_1}$$

$$KB = (\text{Κατακόρυφη θέση ΚΑ}) = \frac{P_K}{O} = \frac{h^2/3 \times \Sigma_2}{h/3 \times \Sigma_1} = h \times \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1}$$

Σημείωση. Σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2 για την Άντωση, η συνισταμένη των υδροστατικών πίεσων που εξασκούνται στη γάστρα πρέπει να διέρχεται από το γεωμετρικό κέντρο του όγκου της γάστρας, το οποίο καλείται και κέντρο Άντωσης (Κ.Α.). Διά του συμβόλου ⌀ χαρακτηρίζεται η μέση τομή.

4.7 Ασκήσεις

1. Η ίσαλος επιφάνεια ενός πλοίου, μήκους 53,34 m, έχει τα παρακάτω μετρηθέντα πλάτη σε 7 σημεία, που ισαπέχουν μεταξύ τους (πλάτη σε m).
0,76 – 2,59 – 3,81 – 4,27 – 4,08 – 2,92 – 0
Να υπολογισθεί το εμβαδόν της ισάλου με τον 1ο Κανόνα του Simson.

Απάντ. *330 m^2*

2. Το μήκος της ισάλου ενός πλοίου είναι 100,6 m. Τα μισά πλάτη της επιφάνειας της ισάλου, σε σημεία που ισαπέχουν, είναι από πρύμνα τα εξής: (πλάτη σε m).
0 – 5,27 – 7,16 – 7,62 – 7,40 – 5,51 – 0
Υπολογίστε το εμβαδόν, τη ροπή αδράνειας ως προς τον διαμήκη άξονα συμμετρίας και τη

θέση του κέντρου πλευστότητας της ισάλου επιφάνειας, ως προς άξονα που διέρχεται από την πρυμναία κάθετο.

Απάντ. *0,39 m από ΠΡ*
17.035 m^4
1140 m^2

3. Τα εμβαδά (σε m^2) των εγκαρσίων τομών ενός πλοίου μήκους 137,16 m, που βρίσκονται κάτω από την ίσαλο, σε σημεία κατά μήκος του πλοίου που ισαπέχουν, είναι τα εξής (από πρύμνης):
21,36 – 79,89 – 103,58 – 111,48 – 112,40 – 112,40 – 110,55 – 86,40 – 48,31 – 0
Να υπολογισθεί ο όγκος του εκτοπίσματος και η διαμήκης θέση (LCB) του κέντρου άντωσης (ΚΑ), από πρύμνης.

Απάντ. *12335 m^3 3,67 m*

4. Ένα πλοίο έχει τα παρακάτω εμβαδά ισάλων επιφανειών που ισαπέχουν μεταξύ τους, απόσταση 0,914 m.
0 – 76,63 – 9,81 – 113,3 – 123,5 – 130 – 135,6 (m^2)
Το πλοίο πλέει σε βύθισμα που αντιστοιχεί στην ίσαλο κατασκευή. Να υπολογισθεί το εκτόπισμα σε θαλασσινό νερό, ειδικού βάρους 1,025 t/m^3.
Να βρεθεί επίσης η κατακόρυφη θέση (ΚΒ) του κέντρου άντωσης (ΚΑ) από την τρόπιδα.

Απάντ. *583,14 τόνοι 3,18 m*

5

Εγκάρσια ευστάθεια πλοίου

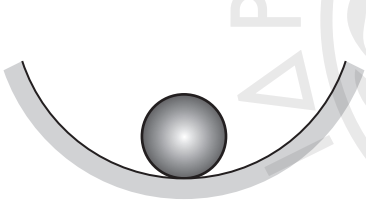
5.1 Γενικά. Ισορροπία

Όταν ένα σώμα δεν κινείται, βρίσκεται σε ισορροπία. Στα σχήματα 5.1, 5.2 και 5.3 φαίνεται μία σφαίρα σε ισορροπία. Αν με την επενέργεια εξωτερικής δύναμης η σφαίρα μετακινηθεί λίγο από τη θέση ισορροπίας και στη συνέχεια η εξωτερική δύναμη πάψει να επενεργεί, η σφαίρα θα συμπεριφερθεί με διαφορετικό τρόπο σε κάθε περίπτωση, ως έξης:

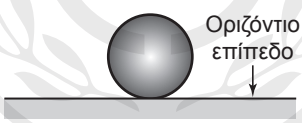
1) Η σφαίρα θα επανέλθει στη θέση αρχικής ισορροπίας (σχ. 5.1). Τότε λέμε ότι το σώμα βρίσκεται σε κατάσταση ***ευσταθούς ισορροπίας.***

2) Η σφαίρα θα ηρεμήσει στη νέα της θέση (σχ. 5.2). Το σώμα βρίσκεται σε κατάσταση ***αδιάφορου ισορροπίας.***

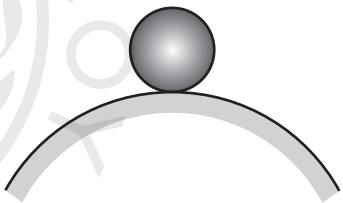
3) Η σφαίρα θα κυλήσει μακριά από την αρχική θέση ισορροπίας (σχ. 5.3). Το σώμα βρίσκεται σε κατάσταση ***ασταθούς ισορροπίας.***



Σχ. 5.1
Ευσταθής ισορροπία



Σχ. 5.2
Αδιάφορος ισορροπία



Σχ. 5.3
Ασταθής ισορροπία

Η ισορροπία ενός σώματος λέγεται ***ευσταθής***, όταν το σώμα μετακινούμενο λίγο από τη θέση ισορροπίας του τείνει να επανέλθει σε αυτή.

Η ισορροπία ενός σώματος λέγεται ***αδιάφορος,*** όταν το σώμα μετακινούμενο λίγο από τη θέση ισορροπίας του παραμένει στη νέα του θέση.

Τέλος η ισορροπία ενός σώματος λέγεται ***ασταθής,*** όταν το σώμα μετακινούμενο λίγο από τη θέση ισορροπίας του τείνει να απομακρυνθεί από αυτή ακόμα παραπάνω. Τα πλοία επιφάνειας πρέπει προφανώς να έχουν ευσταθή εγκάρσια ισορροπία, ώστε όταν παίρνουν εγκάρσιες κλίσεις κάτω από την επιρροή εξωτερικών δυνάμεων (κυματισμοί, άνεμοι κ.λπ.), να έχουν την τάση να επανέλθουν στην όρθια θέση, δηλαδή με τον ιστό κατακόρυφο.

5.2 Ισορροπία σώματος που επιπλέει

Ένα σώμα που επιπλέει στην ήρεμη επιφάνεια υγρού δέχεται την επίδραση δύο

κατακόρυφων δυνάμεων:

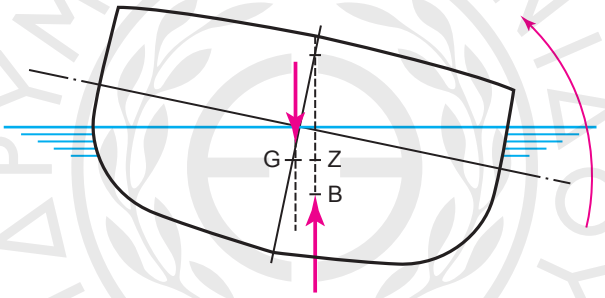
1) Του ***βάρους,*** στο κέντρο βάρους.

2) Της ***άντωσης,*** στο κέντρο άντωσης.

Όταν το πλοίο ισορροπεί, οι δύο δυνάμεις ενεργούν επάνω στην ίδια κατακόρυφη και είναι ίσες και αντίθετες.

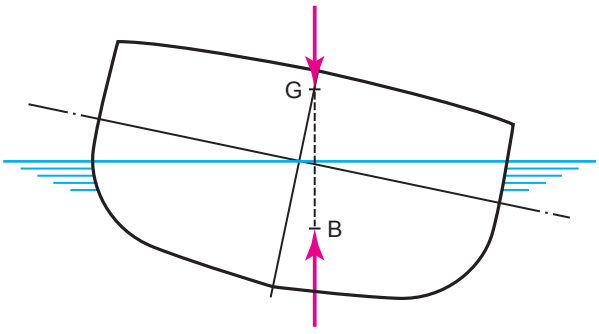
Αν δοθεί στο πλοίο από εξωτερική δύναμη εγκάρσια κλίση, θα μεταβληθεί το σχήμα του όγκου των υφάλων και το κέντρο άντωσης θα αλλάξει θέση, απομακρυνόμενο από το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας προς την πλευρά της κλίσης. Με τον τρόπο αυτό οι κατακόρυφες ευθείες ενέργειας των δύο δυνάμεων θα αποχωρισθούν και θα δημιουργηθεί ζεύγος δυνάμεων με ροπή ίση προς το γινόμενο της μιας δύναμης επί την κάθετη απόσταση μεταξύ των ευθειών ενέργειας.

Στο σχήμα 5.4 το παραπάνω ζεύγος δυνάμεων τείνει να επαναφέρει το πλοίο στην όρθια θέση και η ροπή του καλείται ***ροπή επαναφοράς.*** Η κάθετη απόσταση μεταξύ των ευθειών ενέργειας των δύο δυνάμεων είναι ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς GZ. Στην περίπτωση αυτή το πλοίο βρίσκεται σε ευσταθή ισορροπία.



Σχ. 5.4

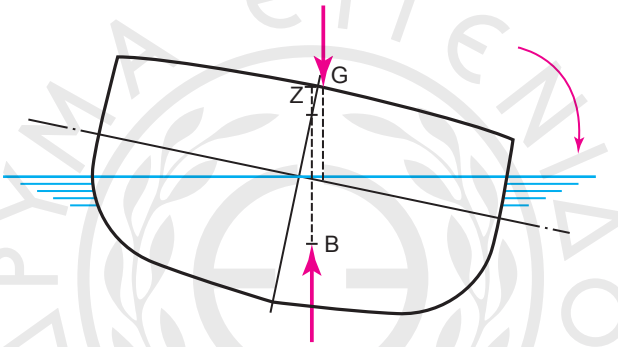
Έστω ότι το κέντρο βάρους του πλοίου G βρισκόταν ψηλότερα, σε τέτοια θέση, ώστε, όταν το πλοίο πάρει μικρή εγκάρσια κλίση, η δύναμη άντωσης να ενεργεί επάνω σε ευθεία που διέρχεται από το κέντρο βάρους (σχ. 5.5). Στην κατάσταση αυτή οι δύο δυνάμεις βάρους και άντωσης ενεργούν επάνω στην ιδια ευθεία και ο μοχλο-



Σχ. 5.5

βραχίονας και η ροπή του ζεύγους είναι μηδενική. Στην περίπτωση αυτή το πλοίο βρίσκεται σε ***αδιάφορη*** ισορροπία, δεδομένου ότι υπάρχει ζεύγος που να τείνει να το επαναφέρει στην όρθια θέση, αλλά ούτε και να τείνει να τον ανατρέψει. Μεγαλύτερη αύξηση της εγκάρσιας κλίσης θα επιφέρει μεταβολή της κατάστασης ισορροπίας.

Αν το κέντρο βάρους βρισκόταν ακόμα περισσότερο προς τα επάνω, όπως στο σχήμα 5.6, οι ευθείες ενέργειας των δύο δυνάμεων αποχωρίζονται, όταν το πλοίο πάρει εγκάρσια μικρή κλίση και στην περίπτωση αυτή η ροπή των δύο δυνάμεων όχι μόνο δεν τείνει να αποκαταστήσει το πλοίο στην όρθια θέση, αλλά αντίθετα προκαλεί αύξηση της εγκάρσιας κλίσης. Στην περίπτωση αυτή το πλοίο βρίσκεται σε ασταθή ισορροπία. Η ροπή που δημιουργείται ονομάζεται ***ροπή ανατροπής*** και ο μοχλοβραχίονας GZ λέγεται ***μοχλοβραχίονας ανατροπής.*** Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η ισορροπία του πλοίου γίνεται πιο ευσταθής όσο το Κ.Β. βρίσκεται χαμηλότερα.



Σχ. 5.6

5.3 Μετάκεντρο. Μετακεντρικό ύψος

Σε μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσης (μέχρι 7° ως 10°) το σημείο της τομής της κατακόρυφου που περνά από το κέντρο άντωσης, με την αρχική κατακόρυφο που περνούσε από το κέντρο άντωσης, όταν η κλίση του πλοίου ήταν μηδενική, καλείται ***μετάκεντρο,*** θεωρείται σταθερό σημείο και χαρακτηρίζεται με το γράμμα Μ.

Η θέση του μετάκεντρου σε σχέση με τη θέση του κέντρου βάρους επηρεάζει σημαντικά την ευστάθεια του πλοίου. Έτσι, όπως φαίνεται και από τα σχήματα 5.4, 5.5 και 5.6, όταν το κέντρο βάρους του πλοίου είναι κάτω από το μετάκεντρο, το πλοίο είναι ευσταθές, όταν το κέντρο βάρους συμπίπτει με το μετάκεντρο, η ισορροπία του πλοίου είναι αδιάφορη, ενώ όταν το κέντρο βάρους του πλοίου είναι επάνω από το μετάκεντρο το πλοίο είναι ασταθές.

Σχετικά με την επιρροή που ασκεί η θέση του μετάκεντρου στην ευστάθεια του πλοίου τονίζεται ιδιαίτερα ότι το μετάκεντρο θεωρείται ως σταθερό σημείο μόνο για μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσης μέχρι 7° ως 10°.

Η παραπέρα εξέταση της εγκάρσιας ευστάθειας βασίζεται σε σταθερό μετάκεντρο και ισχύει μόνο για μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσης και καλείται συνήθως ***αρχική ευστάθεια*** ή ***ευστάθεια μικρών γωνιών κλίσης.***

Η εγκάρσια ευστάθεια σε μεγάλες γωνίες κλίσης θα εξετασθεί σε ιδιαίτερη παράγραφο αυτού του κεφαλαίου.

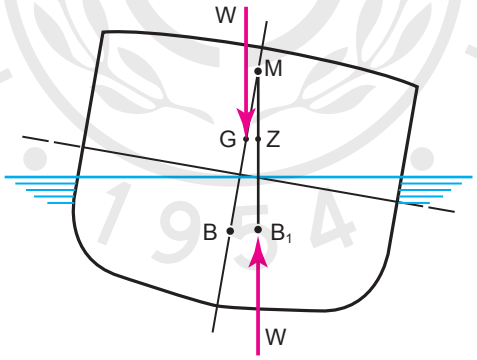
Η απόσταση GM μεταξύ του κέντρου βάρους G και του μετάκεντρου M καλείται ***μετακεντρικό ύψος*** *και* αποτελεί το μέτρο της αρχικής ευστάθειας των πλοίων. Συνήθως η ύπαρξη ικανοποιητικής ευστάθειας αποτελεί ένδειξη ικανοποιητικής συμπεριφοράς του πλοίου και σε μεγάλες γωνίες εγκάρσιας κλίσης.

Το μετακεντρικό ύψος καθορίζεται ως θετικό, όταν το μετάκεντρο M βρίσκεται επάνω από το κέντρο βάρους G και το πλοίο έχει ευσταθή ισορροπία.

Όταν το μετάκεντρο βρίσκεται κάτω από το κέντρο βάρους του πλοίου, το μετακεντρικό ύψος καθορίζεται ως αρνητικό και το πλοίο έχει ασταθή ισορροπία στις μικρές γωνίες κλίσης περί την κατακόρυφο. Στην περίπτωση αυτή το πλοίο θα πάψει να πλέει σε κατακόρυφη θέση αμέσως μόλις επιδράσει επάνω του πολύ μικρή εξωτερική δύναμη, και θα πάρει εγκάρσια κλίση, στην οποία είναι δυνατό να ισορροπήσει. Όταν το απόλυτο μέγεθος του αρνητικού μετακεντρικού ύψους είναι μικρό, η παραπάνω εγκάρσια κλίση στην οποία ισορροπεί το πλοίο, μπορεί να είναι σχετικά μικρή, οπότε αποφεύγεται η ανατροπή του.

5.4 Μοχλοβραχίονας και ζεύγος αρχικής ευστάθειας

Στο σχήμα 5.7 εικονίζεται πλοίο σε μικρή γωνία εγκάρσιας κλίσης. Το ζεύγος των δυνάμεων άντωσης και βάρους είναι ίσο προς το γινόμενο της μίας από τις δυνάμεις επί την απόσταση των ευθειών ενέργειάς τους.



Σχ. 5.7

Επομένως: Ζεύγος ευστάθειας = W × GZ

όπου: **W** το εκτόπισμα και

GZ ο μοχλοβραχίονας ή η απόσταση μεταξύ των ευθειών ενέργειας των δύο δυνάμεων.

Έτσι το ζεύγος ευστάθειας που δημιουργείται τείνει να επαναφέρει το πλοίο στη θέση αρχικής ισορροπίας του και ονομάζεται ***ζεύγος αρχικής ευστάθειας***. Η κατάσταση ισορροπίας του πλοίου είναι εκείνη της ευστάθειας ισορροπίας, που αντιστοιχεί στο σχήμα 5.1.

Από το ορθογώνιο τρίγωνο GZM προκύπτει:

$$GZ = GM \times \eta\mu\theta$$

αφού το μετάκεντρο M μπορεί να θεωρηθεί ως σταθερό σημείο για μικρές γωνίες κλίσης.

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει:

$$ZE = \text{Ζεύγος ευστάθειας} = W \times GM \times \eta\mu\theta$$

Σημείωση: *για* μικρές γωνίες (7° - 10°) ισχύει κατά προσέγγιση η σχέση:

$$\eta\mu\theta = \varepsilon\varphi\theta = \theta^{\alpha\kappa\tau} = \frac{\theta^{o}}{57,3}$$

και η σχέση γίνεται: $$ZE = W \times GM \times \frac{\theta^{o}}{57,3}$$

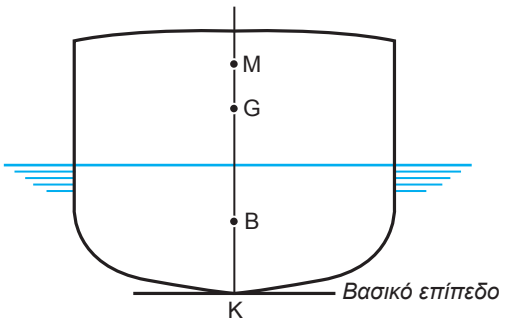
5.5 Θέση του μετάκεντρου και μετακεντρική ακτίνα

Για να καθορισθεί αριθμητικά το μέγεθος του μετακεντρικού ύψους GM πρέπει να είναι γνωστή η θέση του μετάκεντρου M και του κέντρου βάρους G του πλοίου σε σχέση προς ένα σταθερό επίπεδο. Ως τέτοιο επίπεδο επιλέγεται το βασικό επίπεδο κατασκευής. Έτσι (σχ. 5.8):

$$GM = KM - KG = KB + BM - KG$$

Η απόσταση KB, δηλαδή η θέση του κέντρου άντωσης, είναι δυνατό να υπολογισθεί όπως αναγράφεται στην παράγραφο 4.6. Η απόσταση BM μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι ίση προς το πηλίκο της ροπής αδράνειας της ισάλου I περί το διαμήκη άξονα διά του όγκου της γάστρας V, δηλαδή:

$$BM = \frac{I}{V}$$



Σχ. 5.8

Έτσι, KM = KB + BM και η θέση του M καθορίζεται ***μόνο*** από τα γεωμετρικά στοιχεία (το σχήμα) της γάστρας του πλοίου και της ισάλου (δηλ. σε κάθε βύθισμα - ίσαλο αντιστοιχεί ένα μόνο μετάκεντρο).

Η απόσταση BM καλείται ***εγκάρσια μετακεντρική ακτίνα.*** Η θέση του κέντρου βάρους εξαρτάται ***μόνο*** από τη θέση και την κατανομή των διαφόρων βαρών στο πλοίο και είναι ανεξάρτητη από το σχήμα της γάστρας και από το βύθισμα, δηλαδή για κάθε βύθισμα - ίσαλο το κέντρο βάρους μπορεί να μεταβληθεί με μετακίνηση των επί μέρους βαρών του πλοίου.

Ο τρόπος καθορισμού της θέσης του κέντρου βάρους του πλοίου αναπτύσσεται σε άλλο κεφάλαιο.

5.6 Μετακίνηση του κέντρου βάρους ενός συστήματος

Ας θεωρήσουμε ένα σύστημα, το οποίο έχει συνολικό βάρος W και έχει το κέντρο βάρους του στο σημείο G. Αν ένα μικρό αντικείμενο βάρους w που ανήκει στο σύστημα μετατοπισθεί έτσι, ώστε το κέντρο βάρους του αντικειμένου να μετακινηθεί από τη θέση g στη θέση g_1, η νέα θέση του κέντρου βάρους δίνεται από τη σχέση:

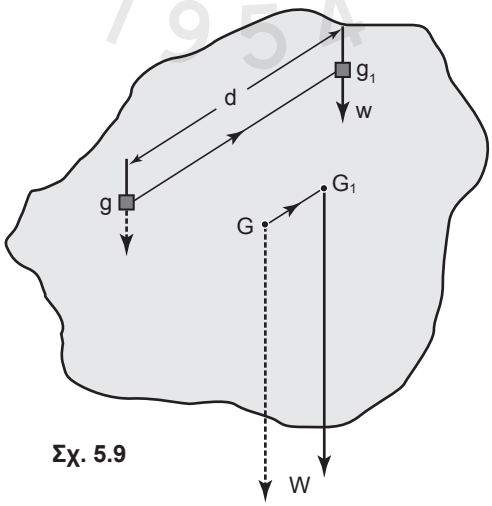
$$W \times GG_1 = w \times gg_1$$

όπου: $\mathbf{G_1}$ είναι η νέα θέση του κέντρου βάρους του συστήματος.

Η παραπάνω σχέση προκύπτει παίρνοντας ροπές περί την αρχική θέση του κέντρου βάρους G (σχ. 5.9).

Σημειώνεται ιδιαίτερα ότι οι ευθείες GG_1 και gg_1, είναι παράλληλες και επομένως το κέντρο βάρους ενός συστήματος μετατοπίζεται πάντα παράλληλα και κατά τη διεύθυνση μετακίνησης του κέντρου βάρους του μέρους ή τμήματος του συστήματος που μετατοπίσθηκε.

Για να προσδιορίσουμε την επίδραση της μετακίνησης βάρους w σε πλοίο, συνηθίζεται για λόγους απλότητας να καθορίζονται οι συνιστώσες των μετακινήσεων



Σχ. 5.9

ως προς τα τρία βασικά επίπεδα, δηλαδή η *κατακόρυφη*, η *εγκάρσια* και η *διαμήκης* συνιστώσα της μετακίνησης.

Αν σε πλοίο μετατοπισθεί βάρος του w από το πρυμναίο κύτος αριστερά στο πρωραίο κατάστρωμα δεξιά, είναι δυνατό να υποθέσουμε ότι η μετατόπιση έγινε στα παρακάτω τρία διαδοχικά στάδια (σχ. 5.10).

1) Κατακόρυφη μετατόπιση από το κύτος κατ' απόσταση h επάνω στο κύριο κατάστρωμα. Το κέντρο βάρους του πλοίου G θα μετακινηθεί κατακόρυφα προς τα επάνω κατ' απόσταση:

$$GG_1 = \frac{w \times h}{W}$$

όπου: **W** είναι το βάρος ή το εκτόπισμα του πλοίου.

2) Διαμήκης μετατόπιση από την πρύμνη προς την πρώρα κατ' απόσταση l. Το κέντρο βάρους του πλοίου θα μετακινηθεί προς την πρώρα κατ' απόσταση:

$$G_1G_2 = \frac{w \times l}{W}$$

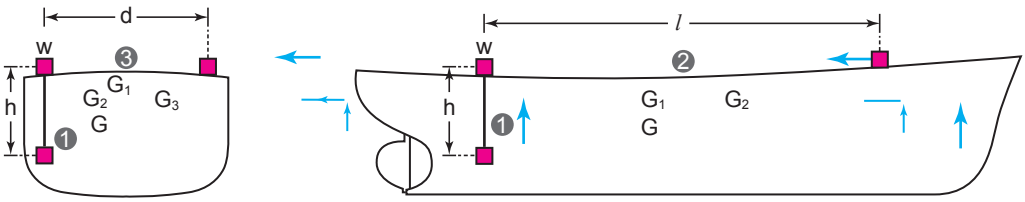
3) Τέλος εγκάρσια μετατόπιση από αριστερά προς τα δεξιά κατ' απόσταση d. Το κέντρο βάρους του πλοίου θα μετακινηθεί προς την ίδια διεύθυνση κατ' απόσταση:

$$G_2G_3 = \frac{w \times d}{W}$$

Αν προστεθεί βάρος w πάνω σε πλοίο εκτοπίσματος W, μπορούμε να υποθέσουμε ότι αρχικά το βάρος προστέθηκε στο κέντρο βάρους του πλοίου G και στη συνέχεια μετακινήθηκε στην επιθυμητή θέση. Είναι προφανές πώς οι παραπάνω τύποι εξακολουθούν να ισχύουν, πλην όμως στον παρονομαστή αντί του εκτοπίσματος W πρέπει να βάλουμε το νέο αυξημένο εκτόπισμα W + w.

Για την αφαίρεση βάρους w σε απόσταση g από το κέντρο βάρους του πλοίου ισχύουν οι ίδιοι τύποι όσον αφορά στη μετακίνηση του νέου κέντρου βάρους, με τη διαφορά ότι στον παρονομαστή μπαίνει το νέο ελαττωμένο εκτόπισμα W – w και έτσι η μετατόπιση που υπολογίζεται βρίσκεται προς την αντίθετη διεύθυνση του w.

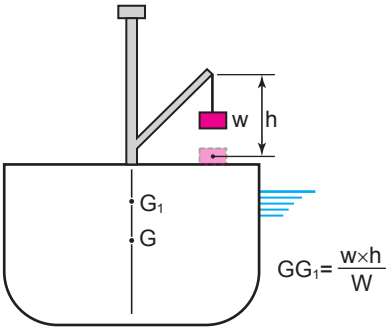
Προκειμένου για προσθήκη, αφαίρεση, μετατόπιση κ.λπ., περισσοτέρων βαρών επάνω στο πλοίο είναι δυνατόν οι παραπάνω πράξεις να εκτελεσθούν με μορφή πίνακα. Κατά την ανακρέμαση βαρών π.χ. λέμβων από τις εντοπίδες τους, φορτίων με γερανούς ή φορτωτήρες, το σημείο εφαρμογής του βάρους θεωρείται ότι εφαρ-



Σχ. 5.10

μόζεται στο σημείο ανακρέμασης. Το σημείο αυτό δεν είναι το άγκιστρο, αλλά το άκρο ή το σημείο του γερανού από όπου διέρχεται το συρματόσχοινο ανακρέμασης του βάρους.

Στο σχήμα 5.11 φαίνεται ένας φορτωτήρας και η επίδραση στο κέντρο βάρους του πλοίου (G) της ανύψωσης του βάρους w από το κατάστρωμα.



Σχ. 5.11

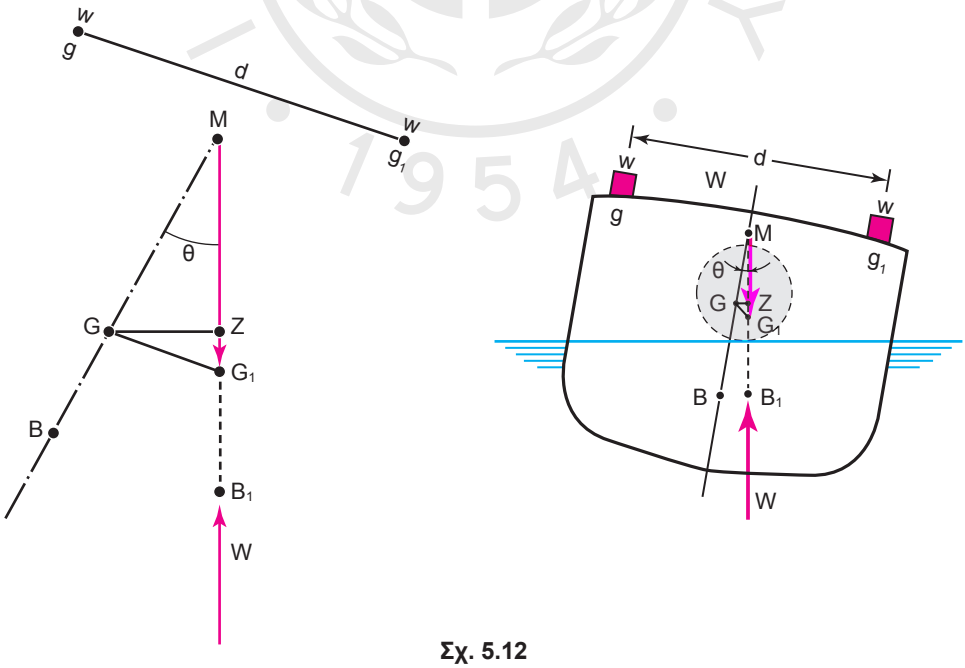
5.7 Εγκάρσια κλίση λόγω μετακίνησης βάρους μέσα στο πλοίο

Αν μετακινηθεί το βάρος w εγκάρσια σε απόσταση d, το πλοίο με εκτόπισμα W, θα πάρει τόση εγκάρσια κλίση, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας, δηλαδή το κέντρο βάρους του πλοίου και το κέντρο άντωσης να βρίσκονται πάνω στην ίδια κατακόρυφη γραμμή.

Έστω ότι η γωνία της εγκάρσιας κλίσης, στην οποία θα ισορροπήσει το πλοίο, είναι θ (σχ. 5.12).

Αρχικά το κέντρο βάρους του πλοίου βρισκόταν στο σημείο G επάνω στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας. Λόγω της μετακίνησης του βάρους w το κέντρο βάρους μετατοπίσθηκε παράλληλα στη νέα θέση G_1 ώστε να είναι:

$$GG_1 = \frac{w \times gg_1}{W}$$



Σχ. 5.12

Επειδή το πλοίο ισορροπεί στη γωνία κλίσης θ, η κατακόρυφος που διέρχεται από το κέντρο άντωσης B_1 επάνω στην οποία ενεργεί η άντωση, περνά από τη νέα θέση του κέντρου βάρους G_1 και από το μετάκεντρο M, αφού οι γωνίες κλίσης υποθέτονται μικρές, ώστε να ισχύει η θεωρία του σταθερού μετάκεντρου.

Από το τρίγωνο G_1GM προκύπτει η σχέση:

$$GG_1 = GM \times \varepsilon\varphi\theta$$

και από τις δύο σχέσεις προκύπτει:

$$w \times gg_1 = W \times GM \times \varepsilon\varphi\theta$$

Αν τοποθετήσουμε $gg_1 = d$, δηλαδή την απόσταση μετακίνησης του βάρους w η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί:

$$GM = \frac{w \times d}{W \times \varepsilon\varphi\theta}$$

ή

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{w \times d}{W \times GM}$$

Από αυτούς τους δύο τύπους μπορεί να καθορισθεί το μετακεντρικό ύψος GM ή η γωνία εγκάρσιας κλίσης θ αν είναι γνωστά τα υπόλοιπα στοιχεία.

5.8 Το πείραμα ευστάθειας

Σε προηγούμενα κεφάλαια αναπτύχθηκε η σημασία της θέσης του κέντρου βάρους G σε συσχετισμό με τη θέση του μετάκεντρου και του κέντρου άντωσης.

Ενώ η θέση του μετάκεντρου και του κέντρου άντωσης εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία (σχήματος) των υφάλων, το κέντρο βάρους του πλοίου είναι ανεξάρτητο από το εκτόπισμα ή το βύθισμα του πλοίου και εξαρτάται από τη θέση και την κατανομή των βαρών που βρίσκονται στο πλοίο. Έτσι για κάθε βύθισμα και εκτόπισμα υπάρχουν άπειρες θέσεις του κέντρου βάρους, ανάλογα με το είδος και τον τρόπο φόρτωσης και ερματισμού του πλοίου.

Αν είναι γνωστή η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου σε μια κατάσταση κατανομής βαρών είναι δυνατό με αναγωγή (λήψη ροπών) να προσδιορισθεί η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου σε οποιαδήποτε άλλη κατάσταση, εφόσον προσδιορισθούν τα προσθαφαιρούμενα βάρη και οι θέσεις τους.

Η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου καθορίζεται συνήθως από την απόσταση του KG από το βασικό επίπεδο, όπως καθορίζεται και η θέση του κέντρου άντωσης και του μετάκεντρου.

Για να καθορισθεί η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου γίνεται το πείραμα ευστάθειας. Παίρνοντάς το ως βάση καθορίζεται το βάρος και η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου για την κατάσταση που έγινε το πείραμα.

Η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου είναι δυνατό να καθορισθεί και υπολογιστικά, εφόσον είναι γνωστά τα επί μέρους βάρη και η θέση τους. Η εργασία

αυτή είναι ιδιαίτερα κοπιαστική, γιατί απαιτείται η λεπτομερειακή καταγραφή των επί μέρους βαρών που τοποθετούνται στο πλοίο, μαζί με τη διαμήκη, εγκάρσια και κατακόρυφη θέση τους.

Η θεωρία του πειράματος ευστάθειας βασίζεται στη σχέση:

$$GM = \frac{w \times d}{W \times \varepsilon\varphi\theta}$$

Τα στοιχεία του δεύτερου μέλους της παραπάνω σχέσης προσδιορίζονται ως εξής:

1) **w** είναι το βάρος που κινείται εγκάρσια επάνω στο κατάστρωμα του πλοίου, με το οποίο δημιουργείται η μικρή εγκάρσια κλίση. Αυτό αποτελείται συνήθως από ένα ή περισσότερα βάρη που έχουν ελεγχθεί με ακριβή ζύγιση.

2) **d** είναι η απόσταση, κατά την οποία μετακινήθηκε το παραπάνω βάρος, που μπορεί εύκολα να μετρηθεί.

3) **W** είναι το βάρος ή το εκτόπισμα του πλοίου. Αυτό καθορίζεται από το υδροστατικό διάγραμμα ή από την καμπύλη εκτοπίσματος, αφού ελέγξουμε και μετρήσουμε τα βυθίσματα του πλοίου και το ειδικό βάρος του νερού.

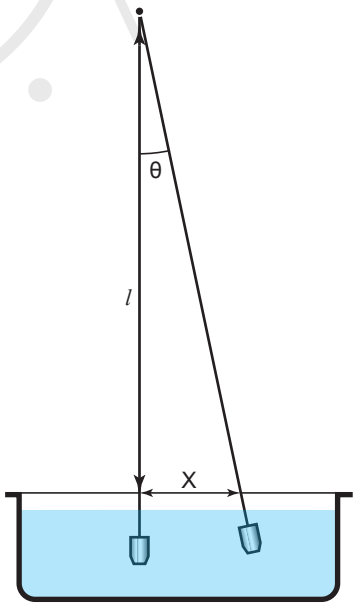
4) Η **εφθ** (ή η γωνία θ) προσδιορίζεται με τη μέτρηση της οριζόντιας μετακίνησης ενός ή περισσότερων εκκρεμών.

Έτσι:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{x}{l}$$

όπου: **x** η οριζόντια μετακίνηση του εκκρεμούς και ***l*** το αρχικό μήκος του εκκρεμούς.

Το εκκρεμές κρεμιέται σε τέτοια θέση, ώστε να έχει αρκετό μήκος. Στο ελεύθερο άκρο του τοποθετείται μικρό βάρος, που αιωρείται μέσα σε δοχείο, το οποίο περιέχει νερό, για να εξαλειφθούν γρηγορότερα οι αιωρήσεις. Μία βαθμολογημένη κλίμακα στο επάνω μέρος του δοχείου επιτρέπει την εύκολη καταγραφή της οριζόντιας μετακίνησης (σχ. 5.13).



Σχ. 5.13

Συνήθως κατά την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας μετακινούνται προς κάθε πλευρά δύο περίπου ίσα βάρη ή δύο ομάδες βαρών, έτσι ώστε να πάρουμε τέσσερα αποτελέσματα, από τα οποία υπολογίζεται ο μέσος όρος. Επίσης για μεγαλύτερη ακρίβεια τοποθετούνται 2 ή 3 εκκρεμή κατά μήκος του πλοίου.

Κατά την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα, προκειμένου να εξασφαλισθούν οι καλύτερες συνθήκες, ώστε να βγουν ακριβή αποτελέσματα.

1) Το πλοίο πρέπει να επιπλέει ελεύθερα.

2) Τα σχοινιά και τα συρματόσχοινα με τα οποία έχει προσδεθεί το πλοίο είναι χαλαρά.

3) Οι δεξαμενές υγρών και οι λέβητες πρέπει να είναι γεμάτοι ή άδειοι.

4) Τα κύτη πρέπει να είναι στεγνά.

5) Πρέπει να επικρατεί άπνοια και γαλήνη. Θα είναι καλύτερο το πείραμα ευστάθειας να εκτελείται μέσα σε μόνιμη δεξαμενή, για να εξασφαλίζονται ιδεώδεις όσο το δυνατό συνθήκες.

6) Όλα τα βάρη πάνω στο πλοίο πρέπει να στερεωθούν έτσι, ώστε να μην μπορούν να μετακινηθούν.

7) Το πλήρωμα πρέπει να βγει στην ξηρά και να παραμείνει επάνω στο πλοίο το ελάχιστο αναγκαίο προσωπικό σε καθορισμένες θέσεις.

8) Μηχανές, μηχανήματα πρέπει να μην βρίσκονται σε λειτουργία.

Πριν από την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας πρέπει εξάλλου να καταγραφούν τα ακόλουθα στοιχεία:

1) Πρωραίο, πρυμναίο και μέσο βύθισμα.

2) Ειδικό βάρος του νερού, στο οποίο πλέει το πλοίο.

3) Θέση των πρόσθετων βαρών που υπάρχουν στο πλοίο.

4) Κατάσταση όλων των δεξαμενών υγρών.

5) Στάθμη νερού στους λέβητες.

6) Αριθμός και θέση των μελών του πληρώματος, που παραμένουν στο πλοίο, και του προσωπικού που απαιτείται για το πείραμα ευστάθειας.

7) Βάρος κάθε ομάδας βαρών του πειράματος ευστάθειας.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος ευστάθειας προσέχουμε, ώστε να τηρηθούν οι οδηγίες που αναπτύχθηκαν παραπάνω και να καταγράφονται οι αποκλίσεις των εκκρεμών όπως και οι αποστάσεις, κατά τις οποίες μετακινήθηκαν εγκάρσια τα βάρη του.

Μετά την εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας και των σχετικών υπολογισμών θα προκύψει η τιμή του GM:

$$GM = \frac{w \times d}{W \times GM}$$

για την κατάσταση στην οποία έγινε το πείραμα και η θέση του κέντρου βάρους από τη σχέση:

$$KG = (KB + BM) - GM$$

Η αρχική κλίση του πλοίου πρέπει να είναι ελάχιστη και η διαγωγή κατά το δυνατό μικρότερη.

Το KM = KB + BM καθορίζεται από το υδροστατικό διάγραμμα για το υπόψη βύθισμα.

5.9 Ευστάθεια μεγάλων γωνιών εγκάρσιας κλίσης

Η γνώση της συμπεριφοράς του πλοίου όσον αφορά στην ευστάθεια σε γωνία εγκαρσίων κλίσεων μεγαλύτερη από τις 7° ως 10° είναι απαραίτητη.

Ο πιο ικανοποιητικός τρόπος για να απεικονισθεί η ευστάθεια του πλοίου είναι η χάραξη της καμπύλης του μοχλοβραχίονα ευστάθειας GZ ή του ζεύγους ευστάθειας W × GZ σε συνάρτηση με τη γωνία εγκάρσιας κλίσης για ένα ορισμένο εκτόπισμα και μία ορισμένη θέση του κέντρου βάρους G.

Στο σχήμα 5.14 δίνεται μία τέτοια καμπύλη στατικής ευστάθειας, όπως ονομάζεται, από την οποία μπορούν να προσδιορισθούν τα ακόλουθα στοιχεία:

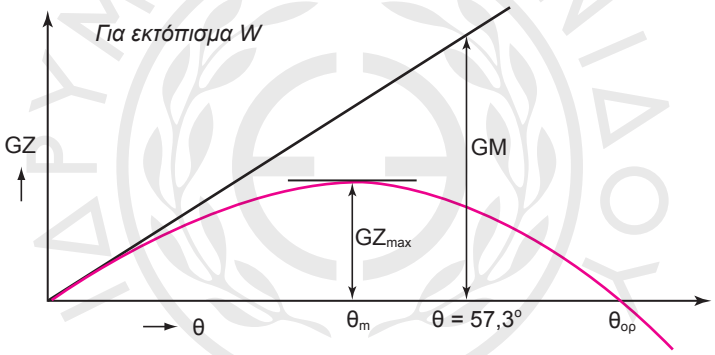
1) Ο μοχλοβραχίονας ευστάθειας GZ για κάθε γωνία εγκάρσιας κλίσης.

2) Το αρχικό μετακεντρικό ύψος GM, που προσδιορίζεται από την τεταγμένη της εφαπτομένης επάνω στην καμπύλη στην αρχή των αξόνων στη γωνία θ = 1 ακτ = 57,3°.

3) Η γωνία θ_m, στην οποία αντιστοιχεί η μέγιστη τιμή του μοχλοβραχίονα GZ max.

4) Η γωνία $\theta_{ορ}$ (οριακή) στην οποία ο μοχλοβραχίονας μηδενίζεται πάλι και η οποία προσδιορίζει το όριο της ευστάθειας, πέρα από το οποίο το πλοίο ανατρέπεται, επειδή ο μοχλοβραχίονας γίνεται αρνητικός.

5) Η δυναμική ευστάθεια, για την οποία θα μιλήσουμε παρακάτω.

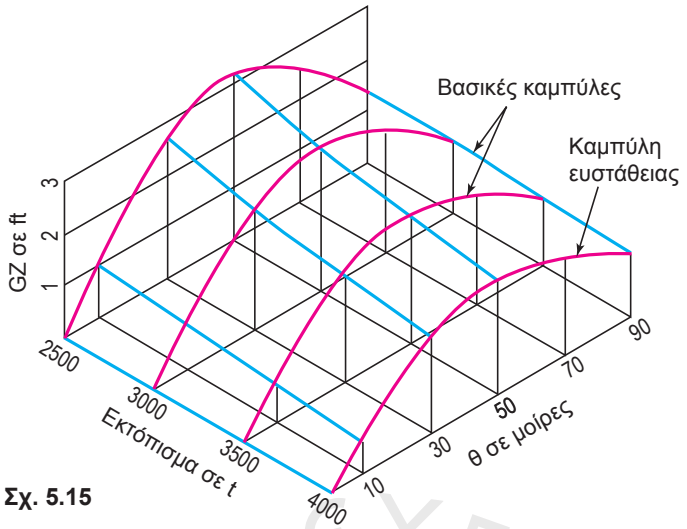


Σχ. 5.14

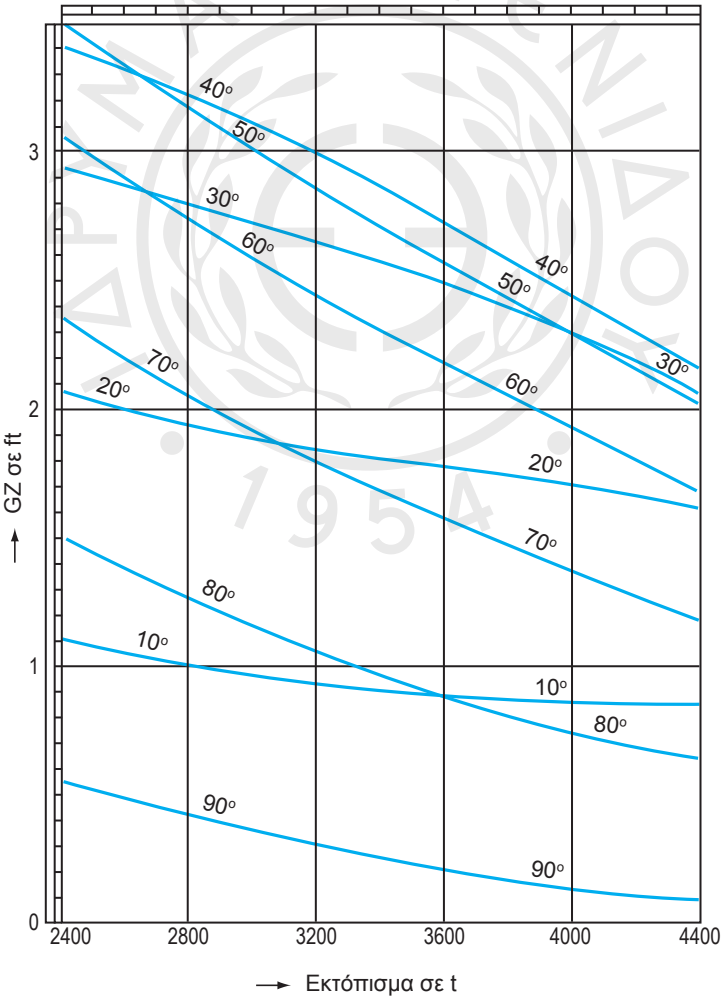
Μία μόνο καμπύλη στατικής ευστάθειας δεν δίνει επαρκείς πληροφορίες σε αυτούς που χειρίζονται τα πλοία, γι' αυτό και τα πλοία εφοδιάζονται με περισσότερες καμπύλες ευστάθειας σε διάφορα εκτοπίσματα. Για τα φορτηγά πλοία είναι πιο συνηθισμένο να χαράζονται καμπύλες ευστάθειας για πολλές τυπικές καταστάσεις φόρτωσης, οπότε κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε ***ένα (1) εκτόπισμα και μία (1) θέση του κέντρου βάρους του πλοίου.***

Στα στάδια μελέτης και σχεδίασης των πλοίων χαράζονται οι ***βασικές καμπύλες στατικής ευστάθειας*** (Cross curves of Stability). Οι καμπύλες αυτές απεικονίζουν την ευστάθεια του πλοίου σε διάφορα εκτοπίσματα για ***μία*** *(1)* υποθετική θέση του κέντρου βάρους του πλοίου, δίνουν δηλαδή τον μοχλοβραχίονα ευστάθειας για διάφορα εκτοπίσματα σε διάφορες γωνίες εγκάρσιας κλίσης.

Στο σχήμα 5.15 απεικονίζονται σε τριαξονικό σύστημα οι καμπύλες ευστάθειας για διάφορα εκτοπίσματα και στο σχήμα 5.16 απεικονίζονται οι βασικές καμπύλες ευστάθειας επάνω σε επίπεδο αξονικό σύστημα.


Βασικές καμπύλες
Καμπύλη ευστάθειας
GZ σε ft
3
2
1
2500
3000
3500
4000
Εκτόπισμα σε t
10
30
50
70
90
θ σε μοίρες

Σχ. 5.15


40°
50°
30°
60°
70°
20°
80°
10°
90°
GZ σε ft
3
2
1
0
2400
2800
3200
3600
4000
4400
Εκτόπισμα σε t

Σχ. 5.16

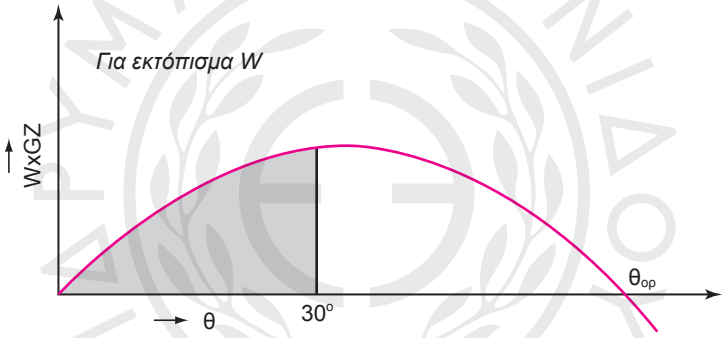
Όταν έχουν χαραχθεί οι παραπάνω καμπύλες, είναι δυνατή η χάραξη καμπύλης στατικής ευστάθειας για οποιοδήποτε εκτόπισμα και για οποιαδήποτε θέση κέντρου βάρους του πλοίου.

5.10 Δυναμική ευστάθεια

Στο σχήμα 5.17 απεικονίζεται μία καμπύλη ζεύγους ευστάθειας για εκτόπισμα W και μία θέση του κέντρου βάρους του πλοίου G.

Το έργο το οποίο πρέπει να καταβληθεί για να πάρει το πλοίο γωνία εγκάρσιας κλίσης, λέγεται ***δυναμική ευστάθεια*** και είναι ίσο με το σκιασμένο εμβαδόν, το οποίο περικλείεται από την καμπύλη ευστάθειας και την τεταγμένη στη γωνία κλίσης.

Για να ανατραπεί το πλοίο πρέπει να καταβληθεί έργο ίσο με το εμβαδόν ολόκληρης της επιφάνειας κάτω από την καμπύλη ευστάθειας μέχρι τη γωνία $\theta_{ορ}$. Επομένως η δυναμική ευστάθεια έχει ιδιαίτερη σημασία για την ασφάλεια του πλοίου, γιατί δίνει το έργο που πρέπει να καταβληθεί για την ανατροπή του πλοίου.



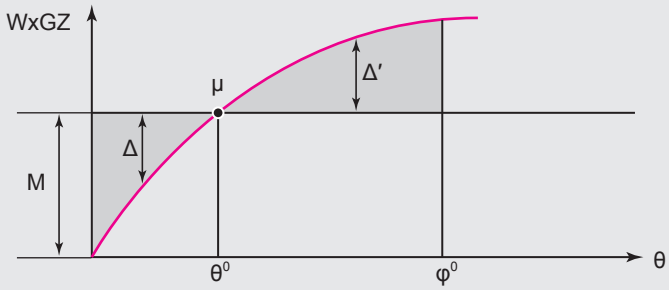
Σχ. 5.17

Από την καμπύλη ζεύγους ευστάθειας του πλοίου μπορούμε να καθορίσουμε τη γωνία κλίσης στην οποία θα ισορροπήσει το πλοίο κάτω από την ενέργεια μιας ροπής ανατροπής M, όταν η γωνία αυτή υπερβαίνει τις 7° – 10°, οπότε ο υπολογισμός με βάση το GM της παραγράφου 5.7 δεν ισχύει.

Η γωνία αυτή θα αντιστοιχεί στο σημείο μ, όπου η παράλληλος προς τον οριζόντιο άξονα, που απέχει από αυτόν κατά το μέγεθος M, τέμνει την καμπύλη ζεύγους ευστάθειας, οπότε το ζεύγος ανατροπής ισορροπείται από ίσο και αντίθετο ζεύγος ευστάθειας, που τείνει να ανορθώσει το πλοίο (σχ. 5.18).

Αυτό προφανώς ισχύει εφόσον η ροπή ανατροπής εφαρμόζεται αυξανόμενη αργά, ώστε το πλοίο να πάρει την κλίση σιγά-σιγά και τελικά να σταματήσει στη γωνία θ°. Αν όμως η ροπή ανατροπής επιβληθεί απότομα, αν π.χ. εναποθέσουμε απότομα ένα πρόσθετο βάρος στην πλευρά του καταστρώματος, όταν το πλοίο θα φθάσει τη γωνία κλίσης θ°, θα έχει αναπτύξει μία ταχύτητα περιστροφής, η οποία θα αυξήσει τη γωνία εγκάρσιας κλίσης πέρα από τη γωνία θ° και θα φθάσει τελικά στη γωνία φ°.

Σε όλη τη διαδρομή από 0° ως θ° η ροπή ανατροπής M είναι μεγαλύτερη από τη ροπή ανόρθωσης W × GZ και επομένως η ταχύτητα περιστροφής αυξάνεται συνεχώς από την επιρροή της διαφοράς Δ αυτών των δύο ροπών. Από τη γωνία θ° ως τη φ° η ροπή ανόρθωσης W × GZ είναι μεγαλύτερη από τη ροπή ανατροπής M που εξακολουθεί να επενεργεί και η διαφορά Δ΄ αυτών των δύο ροπών τείνει να ανορθώσει το πλοίο και, επομένως, να επιβραδύνει συνεχώς την περιστροφή, μέχρις ότου το πλοίο πάψει να περιστρέφεται άλλο στην κλίση φ°.



Σχ. 5.18

Η διαφορά Δ των ροπών παράγει ένα έργο περιστροφής από 0° ως φ°, το οποίο πρέπει να υπερνικηθεί (απορροφηθεί) από τη διαφορά Δ΄ που τείνει να ανορθώσει το πλοίο και παράγει έργο ανόρθωσης από θ° ως φ°.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα δύο αυτά έργα πρέπει να είναι ίσα με τα αντίστοιχα σκιασμένα εμβαδά του σχήματος, τα οποία, επομένως, πρέπει να είναι μεταξύ τους ίσα.

Επομένως η γωνία φ°, όπου θα σταματήσει να κλίνει το πλοίο, βρίσκεται με την εξίσωση των δύο εμβαδών.

Το πλοίο, βέβαια, αν και δεν αυξάνει την κλίση του πέρα από τη γωνία φ°, δεν ισορροπεί εκεί, αφού βρίσκεται κάτω από την επιρροή μιας ανορθωτικής διαφοράς ροπών Δ΄, αλλά αρχίζει να επανέρχεται προς τα αριστερά, ξεκινώντας έτσι, μία νέα φάση κινήσεων, που είναι ακριβώς η αντίθετη από την προηγούμενη, μέχρις ότου φθάσει στη γωνία 0°, κλείνοντας έτσι, μισό κύκλο ταλάντωσης και ξεκινώντας τον επόμενο μισό κύκλο, παρόμοιο αλλά προς την αντίθετη πλευρά. Το φαινόμενο θα επαναλαμβανόταν επ' άπειρο αν οι τριβές του ρευστού που περιβάλλει το πλοίο δεν απορροφούσαν ένα μέρος από το έργο περιστροφής κάθε κύκλου, ώστε σιγά-σιγά να μειώνεται το εύρος ταλαντεύσεων, μέχρις ότου τελικά το πλοίο να ηρεμήσει στη γωνία θ° ***στατικής ισορροπίας.***

Απότομη επιβολή ροπής ανατροπής συναντάμε στην πράξη, σε περίπτωση π.χ. απότομης πνοής ισχυρού άνεμου. Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι σε μία τέτοια περίπτωση, το πλοίο μπορεί να πάρει απότομα πολύ μεγαλύτερη κλίση φ°, από εκείνη που θα πάρει τελικά όταν μετά από την πάροδο σχετικού χρόνου ηρεμήσει σε μία κλίση θ° στατικής ισορροπίας, κάτω από την επιρροή του ανέμου σταθερής δύναμης, που συνεχίζει να πνέει (αν βέβαια δεν έχει ήδη ανατραπεί).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η μεγάλη σημασία της δυναμικής ευστάθειας στην ασφάλεια του πλοίου.

5.11 Επίδραση ελεύθερων επιφανειών υγρών στην αρχική ευστάθεια

Όταν αναπτύξαμε τη στατική ευστάθεια των πλοίων θεωρήθηκε ότι το κέντρο βάρους τους παρέμεινε σταθερό ανεξάρτητα από τις κινήσεις του πλοίου. Στην περίπτωση των στερεών αντικειμένων αυτό είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί, αν τα αντικείμενα είναι προσαρτημένα σταθερά πάνω στην κατασκευή του πλοίου.

Εφόσον όμως πρόκειται για υγρά, το κέντρο βάρους τους μένει αμετάθετο κατά τις διάφορες κινήσεις του πλοίου ***μόνον*** όταν τα υγρά ***γεμίζουν τελείως*** τις δεξαμενές τους. Εφόσον η δεξαμενή ή το διαμέρισμα που περιέχει υγρό έχει γεμίσει μερικώς, το υγρό έχει τάση να μετακινείται λόγω των κινήσεων του πλοίου ώστε να διατηρήσει την επιφάνεια του οριζόντια. Στην περίπτωση αυτή η επιφάνεια του υγρού καλείται ***ελεύθερη επιφάνεια.***

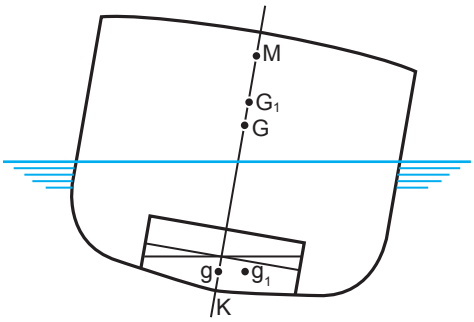
Ελεύθερες επιφάνειες υπάρχουν στην πράξη πάντοτε στο πλοίο, όπως:

Στις εν χρήσει δεξαμενές νερού και καυσίμου.

Στις δεξαμενές που δεν είναι γεμάτες.

Στα κύτη χώρων μηχανών, όπου συγκεντρώνονται υγρά από απώλειες (σεντίνες).

Στο σχήμα 5.19 απεικονίζεται εγκάρσια τομή πλοίου με δεξαμενή που περιέχει υγρό με ελεύθερη επιφάνεια.



Σχ. 5.19

Στην περίπτωση μικρής εγκάρσιας κλίσης φαίνεται από το σχήμα ότι το κέντρο βάρους του υγρού g θα μετακινηθεί στη θέση g_1 δηλαδή προς την πλευρά της κλίσης. Η μετακίνηση αυτή του υγρού προς την πλευρά της κλίσης υποβοηθάει την εγκάρσια κλίση ή μειώνει το ζεύγος ευστάθειας.

Μπορεί να αποδειχθεί ότι το αποτέλεσμα της επιδράσης της ελεύθερης επιφάνειας θαλάσσιου νερού ισοδυναμεί με μείωση του μετακεντρικού ύψους GM κατά ποσό:

$$GG_1 = \frac{i}{V} \quad \text{δηλαδή} \quad G_1M = GM - GG_1$$

όπου: **i** είναι η ροπή αδράνειας της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού, περί διαμήκη άξονα που διέρχεται από το κέντρο επιφάνειας της δεξαμενής και

V ο όγκος των υφάλων του πλοίου.

Επομένως, ενώ το αρχικό χωρίς επίδραση ελεύθερων επιφανειών ζεύγος ευστάθειας του πλοίου (ΖΕ) ήταν:

$$ZE = W \times GM \times \eta\mu\theta$$

το ζεύγος ευστάθειας με επίδραση ελεύθερων επιφανειών θα γίνει:

$$ZE = W \times (GM - \frac{i}{V}) \times \eta\mu\theta$$

Επομένως η μείωση του μετακεντρικού ύψους και του ζεύγους ευστάθειας λόγω της επίδρασης των ελεύθερων επιφανειών μπορεί να θεωρηθεί ότι οφείλεται σε φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου από τη θέση G στη θέση G_1 κατά την απόσταση $GG_1 = i/V$,

Όσα αναπτύχθηκαν παραπάνω ισχύουν για την περίπτωση ελεύθερης επιφάνειας δεξαμενής ή χώρου που περιέχει θαλάσσιο νερό ή γενικά για πλοίο που πλέει σε υγρό ίδιου ειδικού βάρους με αυτό του υγρού που έχει η δεξαμενή.

Για οποιοδήποτε άλλο υγρό ειδικού βάρους δυ η μείωση του μετακεντρικού ύψους GM είναι ίση προς:

$$GG_1 = \frac{i \times \frac{\delta u}{\delta \theta}}{V} = \frac{i \times \delta u}{V \times \delta \theta} = \frac{i \times \delta u}{W}$$

όπου: **δυ** το ειδικό βάρος του υγρού της δεξαμενής και
δθ το ειδικό βάρος του υγρού όπου πλέει το πλοίο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι προφανές ότι η επίδραση από την ελεύθερη επιφάνεια υγρών στην αρχική ευστάθεια δεν επηρεάζεται από την ποσότητα του υγρού.

Σε ακραίες περιπτώσεις, δηλαδή δεξαμενών με πολύ λίγο υγρό ή σχεδόν γεμάτων, καθώς και σε περιπτώσεις μεγάλων γωνιών εγκάρσιας κλίσης (ευστάθεια μεγάλων γωνιών) η επίδραση είναι μικρότερη.

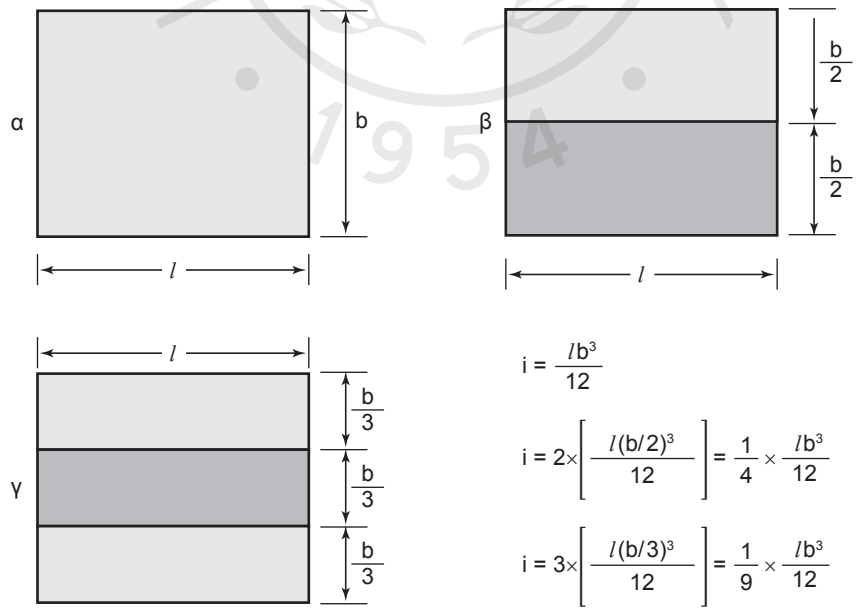
Η επίδραση των ελεύθερων επιφανειών επί της ευστάθειας ενός πλοίου μπορεί να είναι πολύ δυσμενής αν ληφθεί υπόψη η αθροιστική ιδιότητα· γι' αυτό πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια μείωσης των ελεύθερων επιφανειών που βρίσκονται μέσα στο πλοίο. Τα παρακάτω δύο μέτρα είναι εύκολα και πρακτικά:

1) Τα υγρά που βρίσκονται μέσα στα κύτη πρέπει να ***αντλούνται*** συχνά.

2) Οι δεξαμενές υγρών πρέπει να απαντλούνται συστηματικά, έτσι ώστε να έχουν ελεύθερη επιφάνεια μόνο οι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται.

Για να μειωθεί η επίδραση των ελεύθερων επιφανειών υγρών που περιέχουν ο δεξαμενές των πλοίων, αυτές υποδιαιρούνται κατά μήκος με στεγανές φρακτές. Η επίδραση αυτής της υποδιαίρεσης φαίνεται από το ακόλουθο παράδειγμα, στο οποίο μία δεξαμενή πλάτους b, και μήκους *l* υποδιαιρέθηκε με μία και δύο ισαπέχουσες διαμήκεις φρακτές (σχ. 5.20).

Με την υποδιαίρεση της δεξαμενής με μία φρακτή η επίδραση της ελεύθερης επιφάνειας μειώθηκε στο 1/4, ενώ με την υποδιαίρεση με δύο φρακτές η επίδραση μειώθηκε στο 1/9 της αρχικής.



Σχ. 5.20

Γι' αυτόν το λόγο, όπως αναφέρθηκε στο πείραμα ευστάθειας, οι δεξαμενές πρέπει να είναι άδειες ή γεμάτες (βλ. Κεφ. 5 § 8). Επίσης πρέπει να αναφέρεται η κατάσταση όλων των δεξαμενών ώστε, σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό για μερικές δεξαμενές, να υπολογίζεται η διόρθωση του κέντρου βάρους για τις ελεύθερες επιφάνειες αυτών των δεξαμενών, σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους.

Παράδειγμα

Πλοίο εκτοπίσματος W = 650 τόνων μέσα στη θάλασσα έχει μετακεντρικό ύψος GM = 0,414 m, το οποίο προέκυψε από τα υδροστατικά στοιχεία και τη θέση του κέντρου βάρους (G) που μας δόθηκε. Να βρεθεί η επίδραση της ελεύθερης επιφάνειας των παρακάτω δεξαμενών.

Περιγραφή (είδος) Δεξαμενής	Αριθμός Δεξαμ.	Διαστάσεις (m)		Ειδικό Βάρος υγρού δυ (Τόνοι/m^3)
		Πλάτος	Μήκος	
Καυσίμου	1	3,65	1,83	0,920
Έρματος	1	4,57	3,65	1,025
Πόσιμου νερού	2	2,44	1,22	1,000

Για να βρεθεί η μειωμένη τιμή του GM θα υπολογισθεί για κάθε ελεύθερη επιφάνεια η επίδραση επί του GM, το μέγεθος δηλαδή GG_1:

1) Δεξαμενή καυσίμου:

$$(GG_1)_{καυσ.} = i_κ \frac{1}{W} \times δ_{καυσ.} = \frac{1,83 \times 3,65^3}{12} \times \frac{1}{650} \times 0,920$$

δηλαδή $$(GG_1)_{δεξ.\ καυσ.} = 0,010 \text{ m}$$

2) Δεξαμενή έρματος:

$$(GG_1)_{ερμ.} = i_{ερ} \frac{1}{W} = \frac{3,65 \times 4,57^3}{12} \times \frac{1}{650} = 0,045 \text{ m}$$

3) Δεξαμενή πόσιμου νερού:

$$(GG_1)_{π.νερ.} = (Άριθ, δεξ) \times i_{π.νερ.} \times \frac{1}{W} δ_{ποσ.νερ.} =$$

$$= 2 \times \frac{1,22 \times 2,43^3}{12} \times \frac{1}{650} \times 1,000 = 0,005 \text{ m}$$

Με άθροιση των επί μέρους επιδράσεων προκύπτει η μειωμένη τιμή του GM:

$$(G_1M) = 0,414 - (0,010 + 0,045 + 0,005) = 0,355 \text{ m}$$

Έτσι η αρχική ευστάθεια του πλοίου μειώθηκε από την επίδραση των ελεύθερων επιφανειών, όπως προκύπτει από τη νέα μειωμένη τιμή του ***μετακεντρικού*** ύψους G_1M.

5.12 Κριτήρια ευστάθειας

Για λόγους ασφάλειας αλλά και λόγω εμπειρίας έχουν καθιερωθεί κριτήρια στατικής και δυναμικής ευστάθειας. Τα κριτήρια αυτά διατυπώνονται συνήθως με την παρακάτω μορφή:

1) Ελάχιστης απαίτησης **μετακεντρικού** ύψους GM στην ευστάθεια μικρών γωνιών κλίσης.

2) Ελάχιστης απαίτησης μοχλοβραχίονα ευστάθειας GZ σε ορισμένες γωνίες.

3) Ελάχιστης δυναμικής ευστάθειας (βλ. Κεφ. 5 § 10).

Παρακάτω μνημονεύονται ενδεικτικά και πολύ συνοπτικά μερικά από τα ισχύοντα κριτήρια, τα οποία έχουν καθιερωθεί:

1) Με διεθνείς κανονισμούς.

2) Με εθνικούς κανονισμούς.

3) Από τους Νηογνώμονες.

Έτσι, για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις, ισχύουν συνοπτικά τα παρακάτω.

5.12.1 Διεθνής Σύμβαση ΠΑΖΕΘ

Σε αυτήν προβλέπονται κριτήρια ευστάθειας για τα επιβατηγά πλοία σε κατάσταση βλάβης. Συγκεκριμένα απαιτείται η ύπαρξη επαρκούς ***μετακεντρικού*** ύψους GM, έτσι ώστε μετά από βλάβη το πλοίο να έχει θετικό GM τουλάχιστον 0,05 m ή σε περίπτωση ασύμμετρης βλάβης η γωνία εγκάρσιας κλίσης να μην υπερβαίνει ορισμένα όρια.

Επίσης προβλέπονται κριτήρια για τη φόρτωση σιτηρών.

5.12.2 Εθνικοί Κανονισμοί

Διάφορα κράτη έχουν καθιερώσει κριτήρια ευστάθειας με εθνικούς κανονισμούς. Η Ελλάδα πέρα από την εφαρμογή της ΠΑΖΕΘ (βλ. Κεφ. 21), έχει καθιερώσει ειδικά κριτήρια για τα επιβατηγά πλοία, με το ΒΔ 740, τα οποία προβλέπουν:

1) Επαρκές μετακεντρικό ύψος GM για τον περιορισμό της γωνίας εγκάρσιας κλίσης κατά τη μετακίνηση των επιβατών προς τη μία πλευρά του πλοίου.

2) Κριτήρια δυναμικής ευστάθειας σε συνδυασμό με την επίδραση πλευρικού ανέμου καθορισμένης έντασης.

5.12.3 Κριτήρια Νηογνωμόνων

Από τους περισσότερους Νηογνώμονες έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή κριτηρίων ευστάθειας του Διακυβερνητικού Ναυτιλιακού Συμβουλευτικού Οργανισμού (IMCO) (βλ. και Κεφ. 18 περί IMO) τα οποία (συνοπτικά) είναι:

1) Ελάχιστο μετακεντρικό ύψος GM = 0,15 m.

2) Ελάχιστη δυναμική ευστάθεια και μέγεθος μοχλοβραχίονα σε ορισμένες γωνίες.

5.13 Ασκήσεις

1. Πλοίο εκτοπίσματος 8494 τόνων και μετακεντρικού ύψους GM = 0,817 m εμφανίζει κλίση 8 1/2°. Ποια η τιμή του ζεύγους ευστάθειας ΖΕ: α) κατά προσέγγιση, β) ακριβώς δίνονται επίσης:

Για θ° = 8 1/2° $\theta^{\alpha\kappa\tau} = \theta°/\pi = \frac{\theta^o}{57,3^o} = 0,14835$ και ημθ = 0,147809

Απάντ. *α) 1029 τονόμετρα, β) 1025 τονόμετρα*

2. Πλοίο εκτοπίσματος 3250 τόνων μέσα σε θαλάσσιο νερό έχει τα παρακάτω μισά πλάτη της ισάλου πλεύσης (μήκη σε m): 2,62 – 4,70 – 5,46 – 5,90 – 6,06 – 6,11 – 5,92 – 5,19 – 4,15 – 2,40 – 0,11 σε σημεία που ισαπέχουν μεταξύ τους 11 m επάνω στον άξονα συμμετρίας της ισάλου. Για τα παραπάνω μεγέθη υπολογίστε το εγκάρσιο ΒΜ.

Απάντ. *3,19 m*

3. Πλοίο έχει εκτόπισμα 6920 τόνων και μετακεντρικό ύψος GM = 0,25 m.
Ποιο είναι το μέγιστο βάρος φορτίου το οποίο μπορεί να μετακινηθεί από τον πυθμένα του κύτους και να τοποθετηθεί στο άνω κατάστρωμα, χωρίς το πλοίο να γίνει ασταθές; Η κατακόρυφη απόσταση του πυθμένα κύτους-καταστρώματος είναι 6,86 m.

Απάντ. *256 τόνοι*

4. Πλοίο εκτοπίσματος 4064 τόνων έχει τις εξής τεταγμένες της καμπύλης, στατικής ευστάθειας.

Γωνία κλίσης	10°	20°	30°	40°	50°	60°
GZ (m)	0,12	0,305	0,79	1,03	1,07	0,84

Υπολογίστε τη δυναμική ευστάθεια που αντιστοιχεί σε γωνία κλίσης 60°.

Απάντ. *2703,5 τονόμετρα*

6

Διαμήκης ευστάθεια πλοίου

6.1 Εισαγωγή

Όπως η εγκάρσια ευστάθεια αναφέρεται στις μεταβολές των γωνιών εγκάρσιας κλίσης (Κεφ. 5), κατά τρόπο ανάλογο η διαμήκης ευστάθεια του πλοίου αφορά στις συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνονται οι μεταβολές των γωνιών διαμήκους κλίσης του πλοίου. Εντούτοις επειδή οι μεταβολές των γωνιών της διαμήκους κλίσης του πλοίου είναι μικρές, έχει καθιερωθεί να προσδιορίζεται αντί γι' αυτές η ***διαγωγή,*** δηλαδή η διαφορά των ακραίων βυθισμάτων και η ***μεταβολή διαγωγής.***

Όσον αφορά στην επίδραση στην ασφάλεια του πλοίου, μεταξύ της εγκάρσιας και της διαμήκους ευστάθειας υπάρχουν σημαντικές διαφορές, αφού η εγκάρσια ευστάθεια συνδέεται, ***όπως μελετήσαμε*** στο Κεφάλαιο 5, αμέσως με την ασφάλεια του πλοίου, ενώ η διαμήκης ευστάθεια ενδιαφέρει βασικά μόνο από την πλευρά της διαμήκους ζύγισης του πλοίου, για την οποία υπάρχουν μεγάλα περιθώρια ασφάλειας έναντι ανατροπής του πλοίου κατά τη διαμήκη έννοια.

6.2 Διαμήκης ευστάθεια

Η θέση του διαμήκους μετάκεντρου M_L είναι διαφορετική από τη θέση του εγκάρσιου μετάκεντρου M (σχ. 5.8). Το διάμηκες μετακεντρικό ύψος GM_L έχει μεγάλη τιμή και η διαμήκης ισορροπία του πλοίου είναι γι' αυτό πάντοτε ευσταθής.

Το διάμηκες μετακεντρικό ύψος GM_L δίνεται από την παρακάτω σχέση, όπως φαίνεται και από το σχήμα 6.1.

$$GM_L = KB + BM_L - KG$$

όπου: **KB** η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου άντωσης B από την τρόπιδα,
KG η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου βάρους G από την τρόπιδα και
BM_L η διαμήκης μετακεντρική ακτίνα.

Αυτή δίνεται από σχέση παρόμοια προς την αντίστοιχη της εγκάρσιας μετακεντρικής ακτίνας:

$$BM_L = \frac{I_{CF}}{V}$$

όπου: **I_{CF}** είναι η ροπή αδράνειας της ισάλου επιφάνειας περί εγκάρσιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο πλευστότητας CF και
V ο όγκος υφάλων.

Η τιμή του BM_L, και επομένως και του GM_L, είναι πολύ μεγαλύτερη από τις αντί-

στοιχες (ΒΜ και GM) της εγκάρσιας ευστάθειας, γιατί η τιμή του I_{CF} είναι πολλαπλάσια της ροπής αδράνειας (I) της ισάλου επιφάνειας περί τον διαμήκη άξονα.

Στο σχήμα 6.1 απεικονίζεται πλοίο, το οποίο ισορροπεί στην ίσαλο WL. Αν το πλοίο πάρει, λόγω εξωτερικού αιτίου, διαμήκη κλίση, έτσι ώστε να αυξηθεί το πρυμναίο βύθισμα και να ελαττωθεί το πρωραίο, το κέντρο άντωσης Β θα μετακινηθεί προς την πρύμνη στη θέση B_1.

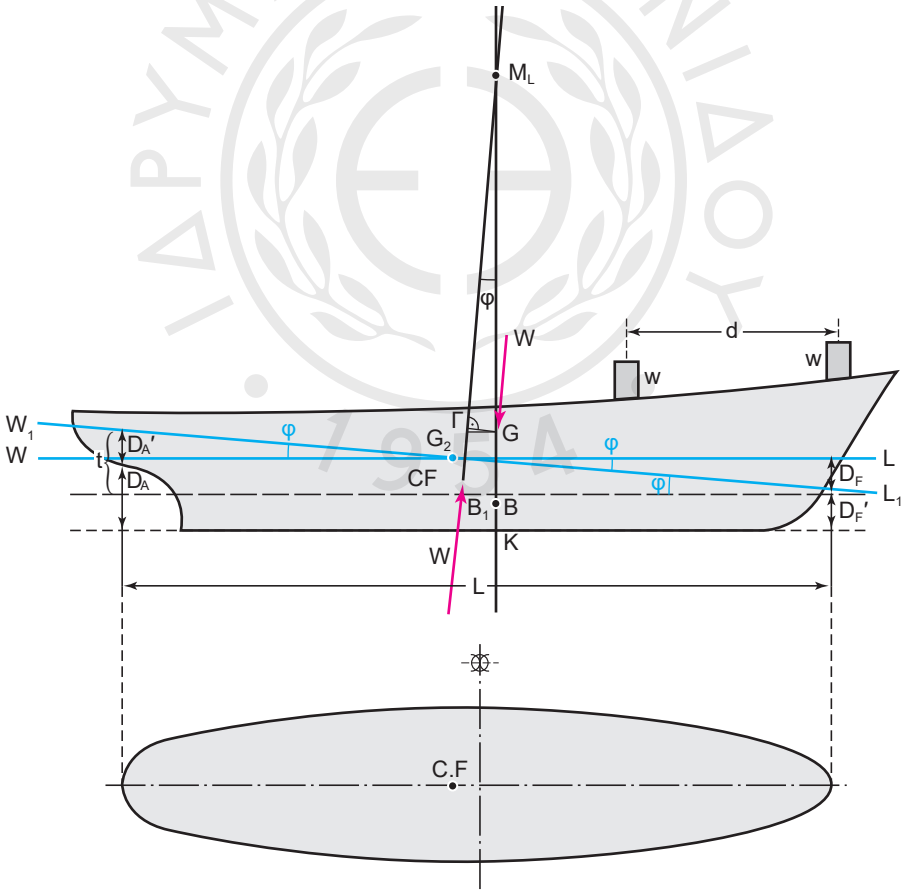
Οι δύο δυνάμεις που ενεργούν επί του πλοίου, δηλαδή το βάρος W και η άντωση W, δεν ενεργούν πια επάνω στην ίδια ευθεία και σχηματίζουν ζεύγος δυνάμεων με ροπή:

$$W \times G\Gamma$$

όπου: **GΓ** ο μοχλοβραχίονας διαμήκους ευστάθειας, δηλαδή η απόσταση μεταξύ των ευθειών ενέργειας βάρους και άντωσης.

Από το τρίγωνο $G\Gamma M_L$ προκύπτει:

$$G\Gamma = GM_L \times \eta\mu\varphi$$



Σχ. 6.1

και επομένως: $W \times G\Gamma = W \times GM_L \times \eta\mu\varphi$

Η διαμήκης κλίση, γωνίας κλίσης φ, θα μπορούσε να προκληθεί και από τη μετατόπιση ενός βάρους w μέσα στο πλοίο προς την πρύμνη κατ' απόσταση d.

Σύμφωνα με αυτά που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 5.6, λόγω της παραπάνω μετατόπισης θα μετακινηθεί το κέντρο βάρους του πλοίου G στη θέση G_2 και:

$$GG_2 = \frac{w \times d}{W}$$

Από το τρίγωνο GG_2M προκύπτει:

$$GG_2 = GM_L \times \varepsilon\varphi\varphi$$

και $$\frac{w \times d}{W} = GM_L\varepsilon\varphi\varphi \quad \text{ή} \quad w \times d = W \times GM_L \times \varepsilon\varphi\ \varphi$$

Σημείωση. Μία απλούστερη διατύπωση για τα παραπάνω είναι να υποθέσουμε ότι η γωνία κλίσης (εγκάρσιας ή διαμήκους) προκαλείται από τη ***ροπή*** του μετατοπιζόμενου βάρους και ότι στη νέα θέση ισορροπίας το ζεύγος ευστάθειας είναι ίσο με τη ροπή του βάρους που μετατοπίσθηκε. Έτσι αν η γωνία ισορροπίας είναι θ:

Ροπή ζεύγους ευστάθειας $= W \times GM \times \eta\mu\theta$
Ροπή βάρους $= w \times d \times \sigma\upsilon\nu\theta$

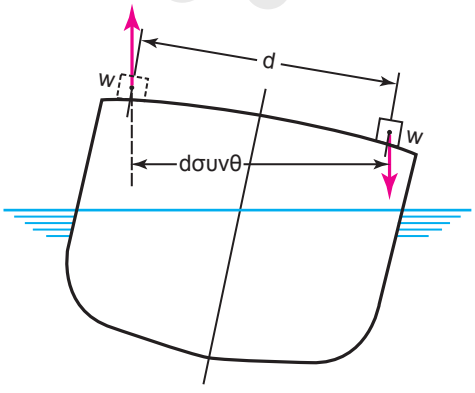
όπου: **d** × **συνθ** ειναι η σε οριζόντια απόσταση μετακίνηση του βάρους w (σχ. 6.2).

Επομένως:

$$W \times GM \times \eta\mu\theta = w \times d \times \sigma\upsilon\nu\theta \quad \text{ή} \quad \frac{w \times d}{W} = GM \times \varepsilon\varphi\theta$$

Τα παραπάνω ισχύουν για διαμήκεις και μικρές εγκάρσιες κλίσεις.

Η σχέση αυτή επιτρέπει τον υπολογισμό της γωνίας κλίσης, την οποία προκαλεί η μετακίνηση ενός βάρους w.



Σχ. 6.2

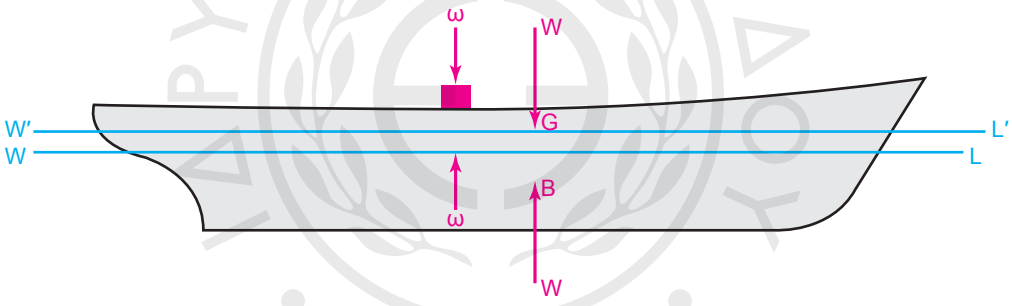
Σε περίπτωση προσθήκης βάρους w (σχετικά μικρού σε σχέση με το βάρος του πλοίου W), αν δεν αλλάξει η διαγωγή, το πλοίο θα πάρει μία παράλληλη (σχετικά μικρή) βύθιση. Η πρόσθετη άντωση, η οποία λόγω ισορροπίας είναι ίση με το πρόσθετο βάρος w, εφαρμόζεται στο K.B. του πρόσθετου εκτοπίσματος WL – WL΄ το οποίο εφόσον η βύθιση είναι σχετικά μικρή, ταυτίζεται με το K.B. της επιφάνειας ισάλου, δηλαδή με το κέντρο πλευστότητάς της.

Επομένως, για να μην πάρει το πλοίο κλίση, το βάρος w πρέπει να προστεθεί στο κέντρο πλευστότητας της ισάλου, ώστε η πρόσθετη άντωση και το πρόσθετο βάρος να μην δημιουργήσουν ροπή, που να προκαλέσει αλλαγή της διαγωγής.

Σε περίπτωση, λοιπόν, πρόσθεσης βάρους w σε άλλο σημείο, σε απόσταση d από το κέντρο πλευστότητας της ίσαλου, θεωρούμε ότι αυτό εφαρμόζεται πρώτα στο κέντρο πλευστότητας και μετά μετατοπίζεται σε απόσταση d, οπότε ή σχέση που επιτρέπει τον υπολογισμό της γωνίας διαμήκους κλίσης (διαγωγής) είναι:

$$\frac{w \times d}{W} = GM_L \times \varepsilon\varphi\varphi$$

όπου όμως η **d** είναι η απόσταση του πρόσθετου βάρους w από το κέντρο πλευστότητας της ισάλου (και όχι από το κέντρο βάρους του πλοίου) (σχ. 6.3).



Σχ. 6.3

6.3 Μεταβολή διαγωγής. Εύρεση βυθισμάτων

Οι μεταβολές διαγωγής, όπως ονομάζονται οι μεταβολές των διαμήκων κλίσεων, γίνονται περί εγκάρσιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο πλευστότητας (κέντρο επιφάνειας) της ισάλου επιφάνειας, το οποίο βρίσκεται συνήθως λίγο προς την πρύμνη, από το μέσο του μήκους της. Μπορεί να αποδειχθεί ότι το κέντρο πλευστότητας ταυτίζεται με το κέντρο βάρους της επιφάνειας ισάλου, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 4.5.

Στο σχήμα 6.1:

1) Τα αρχικά βυθίσματα του πλοίου ήταν D_F το πρωραίο, D_A το πρυμναίο.
2) Τα τελικά μετά τη μετακίνηση του βάρους w βυθίσματα είναι:
   $D_{F'}$ = το πρωραίο, $D_{A'}$ το πρυμναίο.
   Η αρχική διαγωγή ήταν $D_A - D_F$
   Η τελική διαγωγή είναι $D_{A'} - D_{F'}$

Η μεταβολή της διαγωγής t είναι η διαφορά της αρχικής διαγωγής από την τελική, δηλαδή:

$$t = (D_{A'} - D_{F'}) - (D_A - D_F)$$
$$t = (D_{A'} - D_A) + (D_F - D_{F'})$$

δηλαδή η μεταβολή διαγωγής t είναι ίση με το άθροισμα της αύξησης του ενός βυθίσματος και της μείωσης του άλλου. Αυτό φαίνεται και από το σχήμα 6.1, όπου η γραμμή με τις στιγμές έχει χαραχθεί παράλληλη προς την αρχική ίσαλο WL. Από το σχήμα 6.1 προκύπτει ότι:

$$\text{εφφ} = \frac{t}{L}$$

όπου: **L** είναι το μήκος μεταξύ των καθέτων, στις οποίες και μετριούνται τα βυθίσματα.

Από τη σχέση αυτή υπολογίζεται η μεταβολή διαγωγής σε συνάρτηση με τη γωνία διαμήκους κλίσης, την οποία προκαλεί μετατόπιση η προσθήκη ενός βάρους w.

Η σχέση $w \times d = W \times GM_L \times \text{εφφ}$ με αντικατάσταση της εφφ γίνεται:

$$w \times d = W \times GM_L \times \frac{t}{L}$$

Από τον τύπο αυτό μπορεί να καθορισθεί η διαμήκης ροπή, η οποία προκαλεί μεταβολή διαγωγής κατά μία (1) μονάδα μήκους. Ως μονάδες μεταβολής χρησιμοποιείται το cm (1/100 m) ή η ίντσα (1/12 ft).

Επομένως στο μετρικό σύστημα η ροπή μεταβολής διαγωγής ΡΜΔ ανά cm είναι:

$$\text{ΡΜΔ/cm} = W \times GM_L \times \frac{1}{L} \times \frac{1}{100} = \frac{W \times GM_L}{100 \times L}$$

Στο αγγλικό σύστημα: $\text{ΡΜΔ/in} = W \times GM_L \times \frac{1}{L} \times \frac{1}{12} = \frac{W \times GM_L}{12 \times L}$

Οι διαστάσεις στους παραπάνω τύπους είναι για το μετρικό σύστημα τόνοι (μετρικοί) και μέτρα, για το αγγλικό σύστημα τόνοι (αγγλικοί) και πόδες.

Όταν δίνεται η ΡΜΔ ανά μονάδα και είναι γνωστή η ροπή (w × d) που προκαλεί τη μεταβολή της διαγωγής ή μεταβολή διαγωγής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$= \frac{\text{Ροπή}}{\text{ΡΜΔ/μονάδα}} = \frac{w \times d}{\text{ΡΜΔ/μονάδα}}$$

Στους τύπους ΡΜΔ/μονάδα αντικαθιστάμε μερικές φορές το διάμηκες μετακεντρικό ύψος GM_L με την αντίστοιχη μετακεντρική ακτίνα BM_L και οι τύποι γίνονται:

$$\text{ΡΜΔ/cm} = \frac{W \times BM_L}{100 \times L} \quad \text{και} \quad \text{ΡΜΔ/in} = \frac{W \times BM_L}{12 \times L}$$

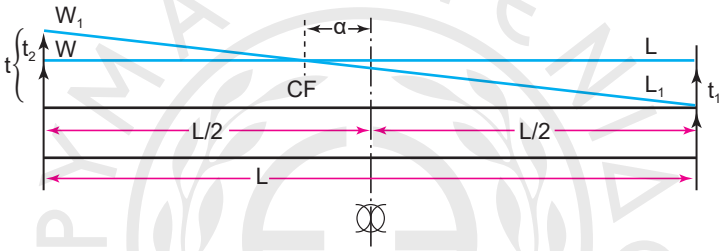
Η παραπάνω αντικατάσταση δίνει στην πράξη επαρκή προσέγγιση, γιατί η απόσταση BG είναι μικρή σε σχέση με τα μεγέθη BM_L και GM_L και έχει το πλεονέκτημα ότι μετατρέπει τον τύπο της ΡΜΔ/1 μονάδα σε τύπο που εξαρτάται μόνο από τη γε-

ωμετρία των υφάλων του πλοίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαμήκης μετακεντρική ακτίνα BM_L είναι της τάξης του μήκους του πλοίου.

Η μεταβολή διαγωγής γίνεται γύρω από τον εγκάρσιο άξονα που διέρχεται από το κέντρο πλευστότητας της ισάλου επιφάνειας CF. Από τα όμοια τρίγωνα του σχήματος 6.4, στο οποίο απεικονίσθηκαν για λόγους απλότητας μόνο τα βυθίσματα του σχήματος 6.1, προκύπτει η σχέση:

$$\frac{t}{L} = \frac{t_1}{L/2 + \alpha} = \frac{t_1}{L/2 - \alpha}$$

όπου: **t** είναι η μεταβολή διαγωγής,
t_1 και **t_2** η μεταβολή του πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος,
L το μήκος μεταξύ των βυθισμάτων και
α η απόσταση κέντρου πλευστότητας CF από το μέσο μεταξύ βυθισμάτων.



Σχ. 6.4

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει:

$$t_1 = t\,\frac{L/2 + \alpha}{L} \quad \text{και} \quad t_2 = t\,\frac{L/2 - \alpha}{L}$$

Πολλές φορές η απόσταση α είναι μικρή σε σχέση προς το μήκος L και αρκεί, στην πράξη, να ληφθεί ότι η μεταβολή των βυθισμάτων είναι η ίδια στην πρώρα και πρύμνη του πλοίου και ίση προς το μισό (1/2) της ολικής μεταβολής, δηλαδή:

$$t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$$

6.4 Άσκηση

Πλοίο μήκους 54,8 m πλέει στη θάλασσα σε βυθίσματα 3,66 m ΠΜ και 2,74 m ΠΡ.

Σε απόσταση 18,3 πρύμνηθεν της μέσης τομής του πλοίου προσθέτονται 27,4 τόνοι και σε απόσταση 19,8 m πρώραθεν αυτής προσθέτονται 69 τόνοι.

Το πλοίο έχει τα παρακάτω υδροστατικά στοιχεία για την αρχική ίσαλο πλεύσης:

1) Τόνοι ανά cm βύθισης T = 4,11 τόνοι.
2) Ροπή μεταβολή διαγωγής κατά 1 cm ΡΜΔ/cm = 12,74 τονόμετρα.
3) Θέση κέντρου πλευστότητας (CF) 1,16 m πρύμνηθεν μέσης τομής.

Να βρεθούν τα νέα βυθίσματα:

Απάντ. 3,38 m ΠΡ και 3,51 m ΠΜ

7

Υδροστατικές καμπύλες

Ορισμένα από τα θέματα που αναπτύξαμε μέχρι τώρα αφορούσαν στο σχήμα και στη γεωμετρία των υφάλων του πλοίου, τα οποία μεταβάλλονται μαζί με το βύθισμα.

Η χάραξη καμπυλών, οι οποίες να απεικονίζουν τη μεταβολή καθενός από τα γεωμετρικά στοιχεία της γάστρας σε συνάρτηση με το βύθισμα, είναι εύκολη και πρακτική.

Η χάραξη όλων των καμπυλών γίνεται σε ενιαίο σχέδιο που ονομάζεται ***διάγραμμα υδροστατικών καμπυλών,*** το οποίο έχει τεταγμένη το βύθισμα του πλοίου και τετμημένη μία κλίμακα μήκους ή εκτοπίσματος. Επάνω σε κάθε καμπύλη σημειώνεται η αντίστοιχη κλίμακα ανάγνωσης στην τετμημένη του μεγέθους, το οποίο παριστάνει η καμπύλη, για να είναι δυνατός ο καθορισμός της τιμής του για κάθε βύθισμα. Συνήθως τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου βρίσκονται με βασικό δεδομένο το βύθισμα.

Μερικές φορές εντούτοις χρησιμοποιείται αντί για το βύθισμα π.χ. το εκτόπισμα, οπότε με αυτό βρίσκεται το αντίστοιχο βύθισμα και στη συνέχεια τα υπόλοιπα στοιχεία όπως προηγουμένως.

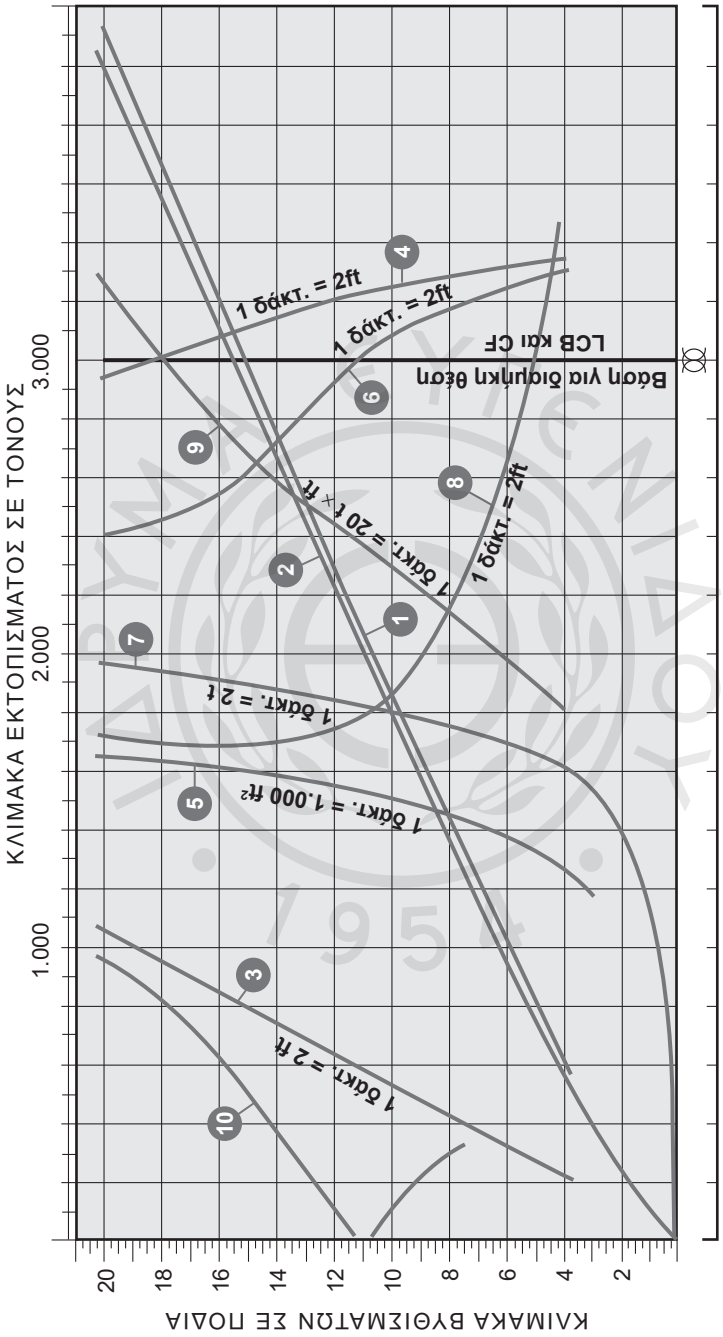
Παρακάτω περιγράφεται κάθε μία από τις καμπύλες που χαράσσονται συνήθως και που φαίνονται στο σχήμα 7.1. Στο σχήμα αυτό ως κλίμακα τετμημένης χρησιμοποιείται μία κλίμακα μήκους. Για κάθε στοιχείο έχει αναγραφεί η τιμή για το βύθισμα των 12 ποδιών μέσα σε παρένθεση.

Καμπύλη (1) Εκτόπισμα σε θαλάσσιο νερό (W = 2240 t)

Δίνει το εκτόπισμα σε θαλάσσιο νερό για κάθε βύθισμα. Συνήθως η κλίμακα των τετμημένων περιλαμβάνει και κλίμακα απευθείας ανάγνωσης του εκτοπίσματος, αφού η καμπύλη αυτή είναι εκείνη που χρησιμοποιείται συχνότερα. Για την ανάγνωση του εκτοπίσματος εισερχόμαστε επάνω στη κλίμακα βυθισμάτων (τεταγμένη) και φέρουμε οριζόντια γραμμή από το υπόψη βύθισμα (12΄) μέχρι τομής με την καμπύλη εκτοπίσματος. Στο σημείο της τομής φέρουμε κάθετο και διαβάζουμε στην κλίμακα εκτοπίσματος το αντίστοιχο εκτόπισμα. Έτσι, σε βύθισμα 12΄ αντιστοιχεί εκτόπισμα 2240 t.

Καμπύλη (2) Εκτόπισμα σε γλυκό νερό (W = 2200 t)

Για το ίδιο μέσο βύθισμα το εκτόπισμα στο γλυκό νερό θα είναι μικρότερο από το αντίστοιχο στο θαλάσσιο νερό. Η ανάγνωση του εκτοπίσματος είναι σε όλα τα σημεία όμοια με αυτή που περιγράψαμε παραπάνω.


ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ
1.000
2.000
3.000
ΚΛΙΜΑΚΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΟΔΙΑ
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΕ ΔΑΚΤΥΛΟΥΣ
ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ
Βύθιση για διωρυγική θέση
LCB και CF
1 δάκτ. = 2ft
1 δάκτ. = 2ft
1 δάκτ. = 20 t × ft
1 δάκτ. = 2ft
1 δάκτ. = 2t
1 δάκτ. = 1.000 ft²
1 δάκτ. = 2 ft
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Σχ. 7.1

Καμπύλη (3) Κατακόρυφη θέση κέντρου άντωσης (KB = 6,40 ft)

Εισερχόμαστε πάντα οριζόντια με δεδομένο το μέσο βύθισμα και στο σημείο τομής με την καμπύλη φέρουμε κάθετο διαβάζοντας την τετμημένη. Η κλίμακα της καμπύλης των KB είναι 1 in = 2 ft. Η μετατροπή για να βρεθεί η πραγματική τιμή του KB είναι:

$$\frac{\text{Ανάγνωση σε in}}{1/2} = \text{KB}$$

Καμπύλη (4) Διαμήκης θέση κέντρου άντωσης (LCB = 2 ft πρώραθεν)

Δίνει τη διαμήκη θέση του κέντρου άντωσης ως απόσταση από τη μέση τομή του πλοίου. Εισερχόμαστε με δεδομένο το μέσο βύθισμα φέρομε οριζόντια γραμμή και στο σημείο, που η οριζόντια τέμνει την καμπύλη, φέρουμε κάθετο διαβάζοντας επάνω στην τετμημένη την απόστασή της από τον άξονα μέτρησης της θέσης του LCB. Η κλίμακα της καμπύλης είναι 1 in = 2 ft. Η μετατροπή για να βρεθεί η πραγματική τιμή του LCB γίνεται με τον τύπο:

$$\frac{\text{Ανάγνωση τετμημένης σε in}}{1/2} = \text{LCB ft}$$

Καμπύλη (5) Επιφάνεια παρισάλων (A = 7700 ft^2)

Δίνει την επιφάνεια A οποιασδήποτε ισάλου παράλληλης προς το βασικό επίπεδο για δεδομένο μέσο βύθισμα. Η κλίμακα είναι 1 in = 1000 ft^2.

Καμπύλη (6) Κέντρο πλευστότητας επιφάνειας παρισάλων (CF = 0,80 ft πρύμνηθεν) ⌀

Δίνει το κέντρο της επιφάνειας των παρισάλων σε κάθε βύθισμα ως απόσταση από τη μέση τομή. Η κλίμακα της καμπύλης είναι 1 in = 2 ft.

Καμπύλη (7) Τόνοι ανά δάκτυλο βύθισης (t = 18,20 t)

Δίνει την τιμή των τόνων ανά δάκτυλο βύθισης στη θάλασσα για κάθε βύθισμα. Η κλίμακα είναι 1 in = 2 t.

Καμπύλη (8) Κατακόρυφη απόσταση εγκάρσιου μετάκεντρου από την τρόπιδα (KM = 17,40 ft)

Δίνει την αντίστοιχη τιμή του KM = KB + BM για κάθε βύθισμα. Η κλίμακα είναι 1 in = 2 ft.

Καμπύλη (9) Ροπή μεταβολής διαγωγής ανά δάκτυλο (C = 243 t × ft)

Οι τιμές είναι κατά προσέγγιση, γιατί χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\frac{W \times BM_L}{12} \quad \text{αντί του επακριβούς} \quad \frac{W \times GM_L}{12}$$

Η κλίμακα είναι 1 = 20 t × ft (τονόποδες).

Καμπύλη (10) Προσθήκη εκτοπίσματος για πρυμναία διαγωγή ενός ποδιού

Το εκτόπισμα του πλοίου, όταν αυτό έχει πρυμναία διαγωγή, είναι συνήθως μεγαλύτερο από αυτό που αντιστοιχεί στο ίδιο μέσο βύθισμα αλλά χωρίς διαγωγή.

Αυτό οφείλεται στο ότι οι ναυπηγικές γραμμές κοντά στην πρώρα είναι λεπτότερες από τις αντίστοιχες της πρύμνης. Η καμπύλη δίνει για κάθε βύθισμα την ανά πόδι διαγωγής αύξηση ή ελάττωση εκτοπίσματος. Η ελάττωση εκτοπίσματος ισχύει για την πρωραία διαγωγή.

Από το διάγραμμα του σχήματος 7.1 παραλήφθηκαν για λόγους απλότητας οι εξής καμπύλες που χαράσσονται για ειδική χρήση:

1) Επιφάνεια μέσης τομής.
2) Περίγραμμα μέσης τομής.
3) Βρεχόμενη επιφάνεια περιβλήματος.
4) Καμπύλη επιφανειών εγκάρσιων τομών μέχρι την ίσαλο κατασκευή.
5) Περίγραμμα πλάγιας όψης πλοίου.

ΙΔΡΥΜΑ ΑΓΑΠΗΝΙΟΥ 1954

8

Επίδραση προσθαφαίρεσης βαρών στην ευστάθεια και στα βυθίσματα του πλοίου

Το θέμα αυτό εξετάσθηκε ήδη μερικώς στα προηγούμενα Κεφάλαια, αλλά είναι αναγκαίο να δοθεί μία συνοπτική εικόνα των επιπτώσεων της προσθαφαίρεσης βαρών στην ευστάθεια του πλοίου.

Τα αποτελέσματα, που ενδιαφέρουν τον αξιωματικό του πλοίου στην πράξη, είναι:

1) Η επίδραση στην εγκάρσια αρχική ευστάθεια (GM) και η γωνία εγκάρσιας κλίσης.

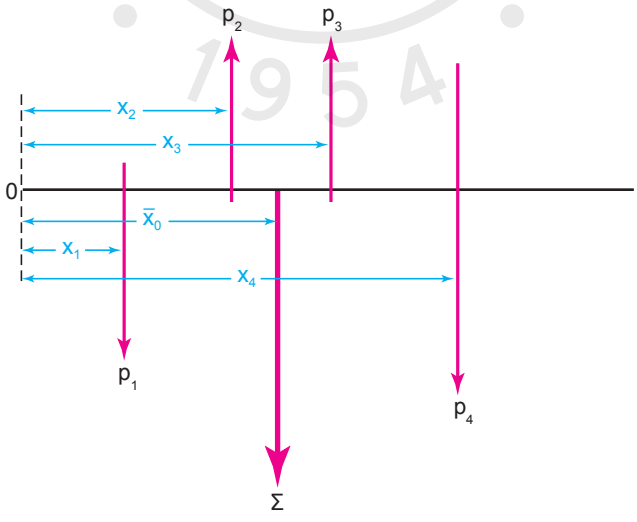
2) Τα τελικά βυθίσματα και η διαγωγή του πλοίου.

8.1 Θέση κέντρου βάρους πλοίου

Στην παράγραφο 5.6 χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $GG_1 = \frac{w \times gg_1}{W}$ για να βρεθεί η μετακίνηση του κέντρου βάρους ενός σώματος, του οποίου μέρος βάρους μετακινήθηκε κατ' απόσταση gg_1.

Ο τύπος αυτός αποτελεί απλή εφαρμογή του θεωρήματος των ροπών παραλλήλων δυνάμεων, σύμφωνα με το οποίο η ροπή της συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων είναι ίση με το αλγεβρικό άθροισμα των ροπών των συνιστωσών.

Έτσι, αν έχουμε τις δυνάμεις $P_1\,P_2\,P_3\,P_4$ του σχήματος 8.1, οι οποίες ενεργούν σε



Σχ. 8.1

αποστάσεις $x_1\, x_2\, x_3\, x_4$ από του σημείου Ο, η συνισταμένη Σ και η απόσταση της $\bar{x}_o$ από το σημείο ο θα είναι:

$$\Sigma = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$\bar{x}_o\, \Sigma = x_1P_1 + x_2P_2 + x_3P_3 + x_4P_4$$

Τα διάφορα βάρη στο πλοίο είναι παράλληλες δυνάμεις και το παραπάνω θεώρημα εφαρμόζεται για να βρεθεί η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου, όταν είναι γνωστά τα επί μέρους βάρη και οι θέσεις τους.

Έτσι, για την εύρεση της θέσης του νέου κέντρου βάρους πλοίου σε περίπτωση πρόσθεσης βάρους w, λαμβάνονται ροπές περί το σημείο Κ. Έτσι προκύπτει:

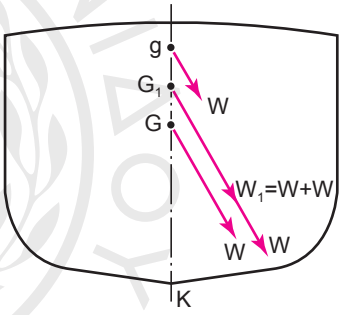
$W_1 \times KG_1 = W \times KG + w \times Kg$ από όπου βρίσκουμε:

$$KG_1 = \frac{W \times KG + wKg}{W_1} = \frac{W \times KG + wKg}{W + w}$$

σε περίπτωση αφαίρεσης βάρους w βρίσκουμε:

$$KG_1 = \frac{W \times KG - wKg}{W - w}$$

Οι τύποι αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατάρτιση κατάλληλου πίνακα, όπως στο παράδειγμα που παραθέτουμε, στο οποίο υπολογίζονται η νέα καθ' ύψος ή κατακόρυφη και η νέα διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του πλοίου σχ. 8.2).



Σχ. 8.2

Παράδειγμα

Πλοίο εκτοπίσματος 4260 τόνων, έχει μήκος 420 ft και LCG 6 ft πρύμνηθεν της μέσης τομής. Το κέντρο βάρους KG του πλοίου είναι 12 ft από την τρόπιδα. Πριν από τον απόπλου του πλοίου προσθέτονται τα παρακάτω βάρη:

Είδος	Βάρος	Μοχλοβραχίονας (απόσταση)	
		από μέση τομή	από τρόπιδα
Εφόδια	300 t	5 ft ΠΡ	10 ft
Καύσιμα	1000 t	10 ft ΠΜ	3 ft
Πόσιμο νερό	200 t	στη μέση τομή	4 ft
Φορτίο	2000 t	3 ft ΠΜ	13 ft

Κατά τον πλου του πλοίου αναλώθηκαν τα εξής βάρη:

Είδος	Βάρος	Μοχλοβραχίονας (απόσταση)	
		από μέση τομή	από τρόπιδα
Εφόδια	50 t	5 ft ΠΡ	10 ft
Καύσιμα	200 t	10 ftn ΠΜ	2 ft
Πόσιμο νερό	50 t	στη μέση τομή	2 ft

Ζητείται κατακόρυφη και διαμήκη θέση του κέντρου βάρους:
α) για την κατάσταση απόπλου και
β) για την κατάσταση του κατάπλου μετά την εκφόρτωση του φορτίου.

1) Κατάσταση απόπλου

Είδος	Βάρος (τόνοι)	Διαμήκης μοχλοβραχίονας ⌀ (ft)	Διαμήκης ροπή (τονόποδες)		Κατακόρυφος μοχλοβραχίονας (ft)	Κατακόρυφη ροπή (t × ft)
			πρωραία	πρυμναία		
Άφορτο Εκτόπισμα	4260	6ΠΜ	–	25.560	12	51.120
Εφόδια	300	5 ΠΡ	1500	–	10	3000
Καύσιμα	1000	10 ΠΜ	–	10.000	3	3000
Πόσιμο	200	–	–	–	4	800
Φορτίο	2000	3ΠΜ	–	6000	13	26.000
				41.560 –1500		
Σύνολα	7760		1500	40.060		83.920

$$LCG = \frac{40.060}{7760} = 5{,}16 \text{ ft πρύμνηθεν της μέσης τομής}$$

$$KG = \frac{83.920}{7760} = 10{,}81 \text{ ft επάνω από την τρόπιδα}$$

2) Κατάσταση κατάπλου μετά την εκφόρτωση

Είδος	Βάρος (τόνοι)	Διαμήκης μοχλοβραχίονας από ⌀ (ft)	Διαμήκης ροπή (τονόποδες)		Κατακόρυφος μοχλοβραχίονος × (ft)	Κατακόρυφη ροπή × (t.ft)
			πρωραία	πρυμναία		
Εφόδια	50	5ΠΡ	250	–	10	500
Καύσιμα	200	10ΠΜ	–	2000	2	400
Πόσιμο νερό	50	–	–	–	2	100
Φορτίο	2000	3 ΠΜ	–	6000	13	26.000
				8000 –250		
Σύνολα	2300		250	7750		27.000

Βάρος (τόνοι)		Πρυμναία ροπή t × ft	Κατακόρυφη ροπή t × ft
Εκτόπισμα απόπλου	7760	40.060	83.920
Αφαιρούμενα βάρη	2300	7750	27.000
Εκτόπισμα κατάπλου	5460	32.310	56.920

$$LCG = \frac{32.310}{5460} = 5{,}92 \text{ ft πρύμνηθεν της μέσης τομής}$$

$$KG = \frac{56.920}{5460} = 10{,}42 \text{ ft επάνω από την τρόπιδα}$$

8.2 Διαδοχικά στάδια υπολογισμών

Οι υπολογισμοί των επιπτώσεων, που έχει στην ευστάθεια του πλοίου η προσθαφαίρεση βαρών, εκτελούνται κατά στάδια. Στο πρόβλημα λαμβάνονται ως δεδομένα:

1) Το αρχικό εκτόπισμα W.

2) Η θέση του κέντρου βάρους του πλοίου KG.

3) Τα βυθίσματα, πρωραίο D και πρυμναίο D_A.

4) Τα βάρη και οι θέσεις τους.

Για λόγους απλότητας θα εξετασθούν οι επιπτώσεις από την προσθήκη βάρους w πρύμνηθεν του κέντρου πλευστότητας.

1) ***Αύξηση εκτοπίσματος και παράλληλη βύθιση***

Από την προσθήκη του βάρους αυξήθηκε το εκτόπισμα.

Το νέο εκτόπισμα είναι $W_1 = W + w$.

Από το υδροστατικό διάγραμμα είναι δυνατός ο καθορισμός του νέου βυθίσματος. Επίσης είναι εναλλακτικά δυνατή η εύρεση της παράλληλης βύθισης, δηλαδή της αύξησης του μέσου βυθίσματος με χρήση του τύπου:

$$\delta = \frac{w}{T}$$

όπου: **T** οι τόνοι ανά μονάδα βύθισης.

2) ***Εγκάρσια ευστάθεια***

Στην παράγραφο 8.1 αναπτύχθηκε ο τρόπος υπολογισμού της νέας θέσης του κέντρου βάρους G_1 και της απόστασης από την τρόπιδα KG_1.

Ήδη λόγω μεταβολής του εκτοπίσματος και του βυθίσματος, μεταβλήθηκαν η θέση του κέντρου άντωσης B_1 και του εγκάρσιου μετάκεντρου M_1. Οι νέες θέσεις μπορούν να καθορισθούν από το υδροστατικό διάγραμμα και έτσι το νέο μετακεντρικό ύψος G_1M_1 δίνεται από τη σχέση:

$$G_1M_1 = KB_1 + B_1M_1 – KG_1$$

Η εγκάρσια κλίση υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{w \times d}{W_1 \times G_1M_1}$$

όπου: **d** η απόσταση του βάρους w που προστέθηκε από το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας.

3) ***Μεταβολή διαγωγής***

Η ροπή, η οποία προκαλεί τη διαγωγή, είναι: $w \times l$

όπου: ***l*** η απόσταση του προστεθέντος βάρους από το κέντρο πλευστότητας της ισάλου επιφάνειας.

Η μεταβολή διαγωγής δίνεται από τη σχέση:

$$t = \frac{w \times l}{C}$$

όπου: C = ΡΜΔ/1 = Ροπή μεταβολής διαγωγής ανά μονάδα.

4) ***Εύρεση νέων βυθισμάτων.***

Τα νέα βυθίσματα δίνονται από τις σχέσεις:

$$D_{F'} = D_F + \frac{w}{T} - \frac{w \times l}{C} \times \frac{L/2 + \alpha}{L}$$

$$D_{A'} = D_A + \frac{w}{T} - \frac{w \times l}{C} \times \frac{L/2 - \alpha}{L}$$

όπου: **α** η απόσταση του κέντρου πλευστότητας από τη μέση τομή.

Παράδειγμα

Πλοίο μήκους 300 ft έχει πρωραίο βύθισμα 12 ft 3 in και πρυμναίο 14 ft 6 in. Οι τόνοι ανά δάκτυλο βύθισης είναι 20, η ροπή μεταβολής διαγωγής (ΡΜΔ) ανά μονάδα είναι 300 t × ft και το κέντρο πλευστότητας είναι 12 ft πρύμνηθεν της μέσης τομής. να βρεθούν:

α) Τα βυθίσματα, αν η πρωραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης γεμίσει με θαλάσσιο έρμα βάρους 50 t. Η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του νερού που έχει προστεθεί είναι 145 ft πρώραθεν της μέσης τομής.

β) Το σημείο, στο οποίο πρέπει να τοποθετηθεί βάρος 60 t, για να δημιουργηθεί μηδενική διαγωγή.

Λύση

α) Αν θεωρηθεί ότι οι 50 t προστέθηκαν στο κέντρο πλευστότητας τότε η παράλληλη βύθιση = 50 t/20 = 2 ½ in. Αν οι 50 t μετατοπισθούν στην πρωραία δεξαμενή, τότε η ροπή διαγωγής = 50 (12 + 145) = 7850 t × ft.

Επομένως μεταβολή διαγωγής = $\frac{7850}{300}$ =26,2 in

Αύξηση πρωραίου βυθίσματος = $26{,}2 \times \frac{(150 + 12)}{300}$ = 14,15 in

Μείωση πρυμναίου βυθίσματος = $26{,}2 \times \frac{(150 - 12)}{300} = 12{,}05$ in

	Πρυμναίο	*Πρωραίο*
Βύθισμα αρχικό	14΄6΄΄	12΄3΄
Παράλληλη βύθιση	+ 2,5΄΄	+ 2,5΄΄
Μεταβολή από διαγωγή	– 12,05΄΄	+ 14,15΄΄
Τελικά βυθίσματα	13΄ – 8΄ 55΄΄	13΄ – 7΄ 65΄΄

β) Αρχική διαγωγή = 14΄6΄΄ – 12΄3΄΄ = 27 in.

Επομένως ροπή διαγωγής που απαιτείται = 27 × ΡΜΔ = 27 × 300 t × ft. Άρα το βάρος πρέπει να τοποθετηθεί σε 27 × 300/60 = 135 ft πρώραθεν CF ή 123 ft πρώραθεν της μέσης τομής.

8.3 Άσκηση

Πλοίο μήκους 137 m έχει την παρακάτω κατανομή βαρών:

Περιγραφή	**Βάρος (τόνοι)**	**Μοχλοβραχίονας (απόσταση) από τη μέση τομή (m)**
Άφορτο εκτόπισμα	3657	1,98 ΠΜ
Φορτίο	8331	3,81 ΠΡ
Καύσιμα	792	6,10 ΠΜ
Τρόφιμα και διαφορα υλικά	20,3	13,40 Π Ρ
Πόσιμο νερό	20,3	18,28 ΠΜ
Τροφοδοτικό νερό	86,3	11,00 ΠΜ
Πλήρωμα και αποσκευές	10,1	επί της μέσης τομής

Το βύθισμα μετρούμενο από την τρόπιδα είναι 7,31 m για το ολικό εκτόπισμα και τα αντίστοιχα υπόλοιπα υδροστατικά στοιχεία είναι ως εξής:

1) ΡΜΔ/cm = 148 Τονόμετρα/cm.
2) Τ = 19,36 Τόνοι/cm.
3) Διαμήκης θέση κέντρου άντωσης LCB = 1,78 m πρώραθεν της μέσης τομής.
4) Διαμήκης θέση κέντρου πλευστότητας CF = 2,04 m ΠΡ της μέσης τομής.

Τα παραπάνω μεγέθη δεν μεταβάλλονται για μικρές μεταβολές του βάρους του πλοίου.

Βάσει των παραπάνω:

α) Να υπολογισθούν τα βυθίσματα.

β) Μετά από κατανάλωση 457 τόνων καυσίμου σε θέση 6,10 m πρύμνηθεν της μέσης τομής του πλοίου, να υπολογισθούν τα νέα βυθίσματα.

Απάντ. α) 7,17 ΠΡ 7,47 m ΠΜ
β) 7,05 ΠΡ 7,11 m ΠΜ

9

Επίδραση της κατάκλυσης διαμερισμάτων πλοίου από τη θάλασσα

Τα πλοία σχεδιάζονται και κατασκευάζονται έτσι, ώστε να μπορούν να υποστούν βλάβες σκάφους σε περιορισμένη έκταση, χωρίς να βυθίζονται. Έτσι, τα φορτηγά πλοία προφυλάσσονται από το πρωραίο στεγανό σύγκρουσης καθώς και από το στεγανό εσωτερικό πυθμένα (διπύθμενα), ενώ τα επιβατηγά πλοία επιπλέον υποδιαιρούνται με στεγανές εγκάρσιες φρακτές ούτως, ώστε, αν υποστούν βλάβη σε ένα, δύο ή και τρία συνεχόμενα διαμερίσματα (ανάλογα με το μέγεθος και τον αριθμό των επιβατών του πλοίου), να μην βυθίζονται.

Για να επαυξηθεί γενικά η ασφάλεια των πλοίων όσον αφορά στις βλάβες σκάφους λαμβάνονται τα παρακάτω γενικά μέτρα:

1) Κατασκευή στεγανής φρακτής κοντά στην πρώρα για τη δημιουργία πρωραίου στεγανού διαμερίσματος για την προστασία από βλάβη που θα οφείλεται σε συγκρούσεις.

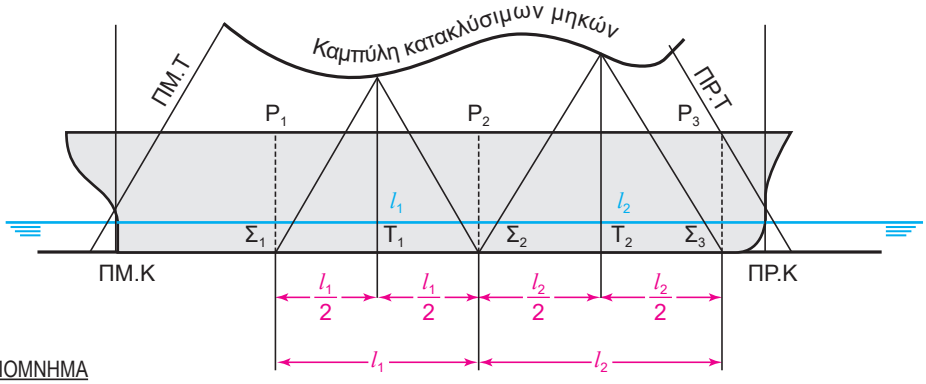
2) Κατασκευή εσωτερικού στεγανού πυθμένα και δημιουργία του χώρου στεγανών διπύθμενων, για προστασία από βλάβη που οφείλεται σε προσαράξεις.

3) Υποδιαίρεση του πλοίου με στεγανές εγκάρσιες φρακτές έτσι, ώστε σε περίπτωση βλάβης ενός, δύο ή μέχρι και τριών συνεχόμενων στεγανών διαμερισμάτων το πλοίο να μην βυθίζεται. Αυτό επιβάλλεται σε επιβατηγά πλοία με Διεθνή Σύμβαση, ενώ έχει εφαρμοσθεί σε μερικούς τύπους φορτηγών πλοίων.

Συναφής με την υποδιαίρεση είναι η έννοια του ***κατακλύσιμου μήκους.*** Αυτό ορίζεται ως το μέγιστο δυνατό μήκος, το οποίο μπορεί να έχει ένα διαμέρισμα, ούτως ώστε όταν κατακλυσθεί από τη θάλασσα η τελική ίσαλος του πλοίου να εφάπτεται στην «οριακή γραμμή» η οποία είναι η γραμμή που χαράσσεται 76 mm κάτω από την άνω επιφάνεια του καταστρώματος στεγανών φρακτών, στην πλευρά του πλοίου.

(Περισσότερες πληροφορίες περιλαμβάνονται στο Κεφάλαιο 21 για την ασφάλεια της Ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα).

Στο σχήμα 9.1 παρουσιάζεται επιβατηγό πλοίο με την καμπύλη κατακλυσίμων μηκών του. Από την καμπύλη αυτή μπορεί να προσδιορισθεί το κατακλύσιμο μήκος σε κάθε σημείο του μήκους του πλοίου. Έτσι, για δύο τυχαίες θέσεις T_1 κα T_2 τα αντίστοιχα κατακλύσιμα μήκη είναι l_1 *και* l_2 οπότε τα ***αντίστοιχα*** στεγανά διαμερίσματα για τις θέσεις T_1 και T_2, μπορούν να έχουν μέγιστο μήκος l_1 *και* l_2 αντίστοιχα. Στο σχήμα 9.1 οι ***υποθετικές*** φρακτές για τα μήκη l_1 και l_2 εμφανίζονται με διακεκομμένη γραμμή.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΠΜ.Τ Πρυμναίο τμήμα καμπύλης
ΠΡ.Τ Πρωραίο τμήμα καμπύλης
ΠΜ.Κ Πρυμναία κάθετος

Σχ. 9.1

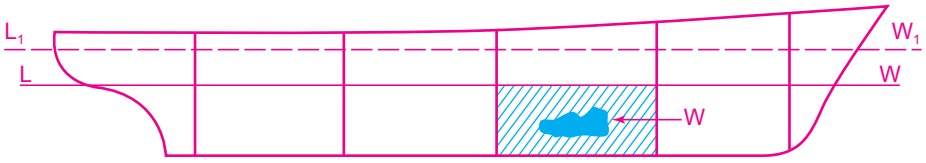
Στην πράξη τα μήκη των στεγανών λαμβάνονται μικρότερα από τα μέγιστα (δηλ. τα κατακλύσιμα) με βάση σχετικές διατάξεις της ΠΑΖΕΘ (βλ. Κεφ. 21).

4) Πρόβλεψη εφεδρικής άντωσης ή πλευστότητας προς αντιμετώπιση της αύξησης του βυθίσματος του πλοίου, όταν κάποιο διαμέρισμα γεμίσει με θάλασσα λόγω βλάβης.

5) Πρόβλεψη υπάρξης επαρκών περιθωρίων εγκάρσιας ευστάθειας προς αντιμετώπιση της μείωσης της εγκάρσιας ευστάθειας αν γεμίσει με θάλασσα κάποιο διαμέρισμα λόγω βλάβης.

6) Επαρκής κατασκευαστική αντοχή ιδίως των ευπαθών σε βλάβες μερών του σκάφους, όπως ο πυθμένας και η πρώρα.

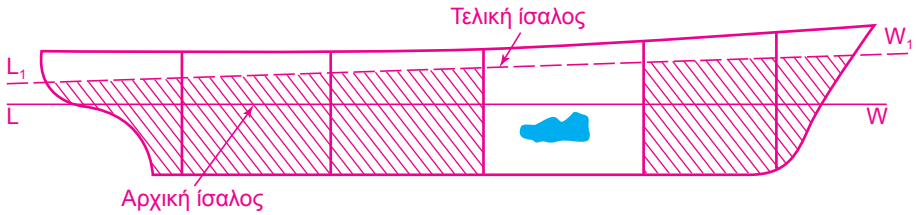
Παραπέρα θα εξετάσουμε ποιοτικά ποια θα είναι η επίδραση της κατάκλυσης με θάλασσα ενός στεγανού διαμερίσματος πλοίου λόγω βλάβης. Στο σχήμα 9.2 απεικονίζεται πλοίο, το οποίο έπαθε βλάβη σε κύριο στεγανό διαμέρισμα· W_1L_1 είναι η τελική ίσαλος πλεύσης.



Σχ. 9.2

Το διαμέρισμα που έπαθε βλάβη, επικοινωνεί πια ελεύθερα με τη θάλασσα, η οποία θα το γεμίσει μέχρι να εξισωθεί η στάθμη του διαμερίσματος με τη θάλασσα.

Είναι δυνατό να θεωρηθεί ότι το πλοίο έχασε την άντωση του διαμερίσματος που κατακλύσθηκε και ότι το σχήμα των υφάλων του πλοίου μετά την κατάκλυση είναι το γραμμοσκιασμένο στο σχήμα 9.3. Εναλλακτικά είναι δυνατό να θεωρηθεί ότι στο



Σχ. 9.3

πλοίο προστέθηκε θάλασσα μέσα στο διαμέρισμα που κατακλύσθηκε, δηλαδή ότι η θάλασσα που εισχώρησε σε αυτό είναι ένα πρόσθετο βάρος. Ανάλογα με τον τρόπο εξέτασης του θέματος η μέθοδος ανάλυσης του προβλήματος αποκαλείται ***απωλεσθείσης άντωσης*** ή ***πρόσθετου βάρους.***

Στη συνέχεια εξετάζεται με τη μέθοδο του πρόσθετου βάρους η επίδραση που θα έχει η κατάκλυση στην πλευστότητα και στην ευστάθεια του πλοίου.

1) ***Αυξηση εκτοπίσματος.*** Λόγω προσθήκης του βάρους w του νερού, που κατέκλυσε το διαμέρισμα, αυξήθηκε το εκτόπισμα του πλοίου και επομένως και το μέσο βύθισμα. Αποτέλεσμα είναι να μειωθεί η εφεδρική πλευστότητα και το ύψος των εξάλων.

2) ***Μεταβολή βυθίσματος και διαγωγής.*** Από την προσθήκη του βάρους w, το πλοίο έπαθε παράλληλη βύθιση κατά τα γνωστά, και μεταβολή διαγωγής που εξαρτάται από τη θέση του διαμερίσματος. Η διαγωγή μπορεί να είναι ***κρίσιμη*** όταν πρόκειται για κατάκλυση ακραίων διαμερισμάτων.

3) ***Μεταβολή θέσης κέντρου άντωσης Β και μετάκεντρου.*** Το πλοίο μετά την κατάκλυση, πλέει σε διαφορετικό βύθισμα και εκτόπισμα από το αρχικό, γι' αυτό η θέση του κέντρου άντωσης Β (κατακόρυφος και διαμήκης), όπως και η καθ' ύψος θέση του εγκάρσιου και διαμήκους μετάκεντρου, θα μεταβληθούν.

4) ***Μεταβολή θέσης του κέντρου βάρους G του πλοίου.*** Εφόσον προστέθηκε το βάρος του θαλάσσιου νερού, που κατέκλυσε το διαμέρισμα, η θέση του κέντρου βάρους G του πλοίου θα μεταβληθεί.

5) ***Επίδραση ελεύθερης επιφάνειας ενός διαμερίσματος που έχει κατακλυσθεί.*** Σύμφωνα με όσα αναφέραμε μέχρι τώρα, η κατάκλυση ενός διαμερίσματος από τη θάλασσα δεν διαφέρει καθόλου απ' το να προστεθεί στο πλοίο ένα βάρος. Επιπλέον, εκτός από τις παραπάνω επιδράσεις πρέπει να ληφθεί υπόψη η μείωση του ***μετακεντρικού*** ύψους λόγω της ελεύθερης επιφάνειας του διαμερίσματος, η οποία, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 5.11, είναι:

$$GG_1 = \frac{i}{V}$$

6) Σε περίπτωση κατά την οποία ένα διαμέρισμα που έχει κατακλυσθεί δεν εκτείνεται από πλευρά σε πλευρά του πλοίου λόγω ύπαρξης κεντρικής διαμήκους στεγανής φρακτής (όπως συμβαίνει στα Δ/Ξ), τότε το πρόσθετο βάρος δημιουργεί ροπή ανατροπής η οποία θα προκαλέσει και εγκάρσια κλίση του πλοίου, επιπλέον των

άλλων πέντε επιδράσεων, που αναφέραμε προηγουμένως.

Η συνηθισμένη επίδραση από την κατάκλυση ενός κύριου διαμερίσματος είναι συνοπτικά η ***μείωση εφεδρικής πλευστότητας***, η ***μείωση του αρχικού μετακεντρικού ύψους GM*** και η ***κλίση και αλλαγή της διαγωγής του πλοίου***.

Τα μέτρα που λαμβάνουμε είναι:

1) ***Πριν από τη βλάβη.***

Ύπαρξη επαρκούς εφεδρικής πλευστότητας και εγκάρσιας ευστάθειας, (βλ. Κεφ. 21 Ασφάλεια Ανθρώπινης Ζωής - Υποδιαίρεση - Ευστάθεια).

2) ***Μετά τη βλάβη.***

1) Προσπάθεια να σταματήσει η διαρροή και εξάντληση των νερών του διαμερίσματος που έχει κατακλυσθεί.

2) Προσπάθεια να αυξηθεί η εφεδρική πλευστότητα με απόρριψη φορτίων και υγρών.

3) Προσπάθεια να βελτιωθεί η ευστάθεια με απόρριψη φορτίων που βρίσκονται ψηλά, καθώς και ερματισμού.

4) Προσπάθεια να μειωθούν οι υπόλοιπες ελεύθερες επιφάνειες με την απάντληση των κυτών και το γέμισμα ή άδειασμα των μισογεμάτων δεξαμενών.

10

Αντίσταση και πρόωση

10.1 Εισαγωγή

Η κατανόηση των σχέσεων μεταξύ αντίστασης πρόωσης, της ισχύος πρόωσης του πλοίου και της ταχύτητας είναι σημαντική για όσους ασχολούνται με τα πλοία.

Ειδικά οι αξιωματικοί των πλοίων αντιλαμβάνονται ότι η αύξηση της ισχύος πρόωσης δεν επιφέρει ανάλογη αύξηση της ταχύτητας του πλοίου. Έτσι για παράδειγμα διπλασιασμός της ισχύος πρόωσης ενός πλοίου επιφέρει αύξηση της ταχύτητας μόνο κατά 20 ως 25%. Στον τομέα αυτό γίνονται μερικές φορές ουσιώδη σφάλματα εκτίμησης ακόμη και από έμπειρους ναυτικούς.

Οι στοιχειώδεις και βασικές γνώσεις της θεωρίας αντίστασης και πρόωσης που θα αναπτύξουμε παρακάτω θα βοηθήσουν στην κατανόηση των σχετικών προβλημάτων αντίστασης πρόωσης, ισχύος πρόωσης και ταχύτητας.

10.2 Φύση της αντίστασης

Σε πλοίο που κινείται με σταθερή ευθύγραμμη ταχύτητα η ενέργεια που παράγεται από την προωτήριο εγκατάσταση καταναλώνεται στην υπερνίκηση των αντιστάσεων πρόωσης. Στην κατάσταση αυτή υπάρχει ισορροπία της προωστήριας δύναμης, δηλαδή της ώσης και της αντίστασης. Εάν κρατηθεί η μηχανή πρόωσης, δηλαδή μηδενισθεί η προωστήρια δύναμη, η κίνηση του πλοίου θα επιβραδυνθεί μέχρι να μηδενισθεί. Εάν βάλουμε πάλι σε λειτουργία τη μηχανή πρόωσης, η κίνηση του πλοίου θα επιταχυνθεί, μέχρις ότου επιτευχθεί σταθερή ταχύτητα, οπότε και πάλι υπάρχει ισορροπία δυνάμεων.

Έτσι η προωστήρια δύναμη που δημιουργείται από την έλικα είναι αντίθετη και, όταν ισορροπούν οι δυνάμεις, ίση προς την αντίσταση πρόωσης.

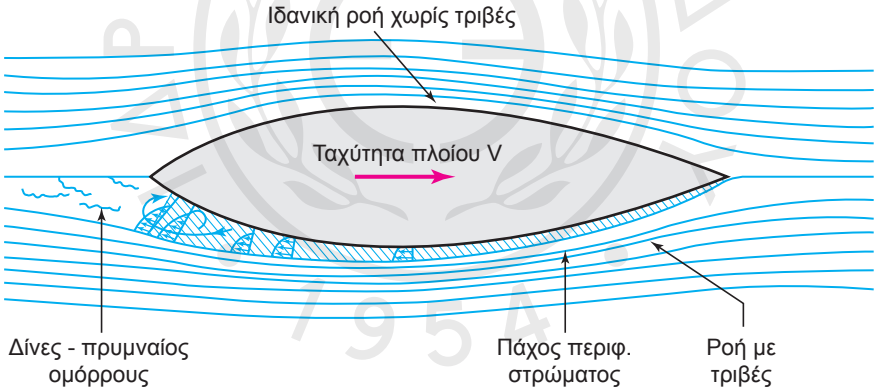
10.3 Συνιστώσες της αντίστασης πρόωσης

Όταν ένα σώμα κινείται εντελώς κάτω από την επιφάνεια υγρού και σε αρκετό βάθος, οι συναντώμενες αντιστάσεις είναι κατά μεγάλο μέρος αντιστάσεις τριβής και δινών. Όταν εντούτοις ένα σώμα κινείται στη διαχωριστική επιφάνεια δύο υγρών, όπως στην περίπτωση πλοίων που κινούνται στη διαχωριστική επιφάνεια της θάλασσας και του αέρα, παρατηρείται δημιουργία και διάδοση συστημάτων κυματισμού, τα οποία απορροφούν ενέργεια. Παραπέρα αναπτύσσονται τα είδη ή οι συνιστώσες της αντίστασης πρόωσης.

10.3.1 Αντίσταση τριβής

Το νερό και τα άλλα υγρά παρουσιάζουν το φαινόμενο της εσωτερικής τριβής, που παρουσιάζεται όταν μόρια του υγρού που γειτονεύουν κινούνται με διαφορετική ταχύτητα οπότε μεταξύ τους δημιουργούνται αντιστάσεις τριβής.

Έστω ένα πλοίο που κινείται εντελώς βυθισμένο μέσα στο νερό (σχ. 10.1)· οι επιφάνειες παρασύρουν μόρια νερού λόγω της τριβής με αυτές χωρίς ολίσθηση, δηλαδή τα μόρια του νερού, που βρίσκονται αμέσως σε επαφή με την επιφάνεια του πλοίου, κινούνται μαζί με αυτήν και έχουν την ίδια ταχύτητα με την επιφάνεια του πλοίου ή σε σχέση προς αυτήν έχουν ταχύτητα μηδενική. Σε μικρή εντούτοις απόσταση από την επιφάνεια του πλοίου έχει παρατηρηθεί ότι η ταχύτητα των μορίων του υγρού είναι πολύ μικρή. Το μικρού πάχους στρώμα των μορίων του νερού, τα οποία κινούνται μαζί με το πλοίο, δηλαδή το μεταξύ της επιφάνειας του πλοίου και του νερού που δεν επηρεάσθηκε και που έχει μηδενική ταχύτητα, ονομάζεται ***οριακό στρώμα*** (Boundary Layer) ή αλλιώς ***ομόρρους τριβής.*** Στο στρώμα αυτό παρατηρείται γρήγορη πτώση της ταχύτητας των παρασυρόμενων μορίων, από την ταχύτητα του πλοίου στη μηδενική του περιβάλλοντος νερού. Η ολική αντίσταση τριβής είναι άθροισμα των αντιστάσεων τριβής μεταξύ γειτνιαζόντων μορίων, που έχουν διαφορετική μεταξύ τους ταχύτητα μέσα στο περιφερειακό στρώμα.



Σχ. 10.1

Η κίνηση των μορίων του νερού προς τα μπρος λόγω της ενέργειας των δυνάμεων τριβής είναι μία από τις συνιστώσες του ***πρυμναίου ομόρρου*** (Stern Wake), ο οποίος επηρεάζει σημαντικά την πρόωση μέσω της έλικας.

Οι ***παράγοντες*** που επηρεάζουν την αντίσταση τριβής είναι:

1) Το είδος της βρεχόμενης επιφάνειας (λειότητα).
2) Η έκταση της βρεχόμενης επιφάνειας.
3) Η ταχύτητα πλοίου.
4) Η πυκνότητα υγρού.
5) Το ιξώδες υγρού.
6) Το είδος ροής (νηματική, στροβιλώδης ή μεικτή).

7) Το μήκος πλοίου ή βρεχόμενης επιφάνειας.

Δεχόμαστε συνήθως ότι το σχήμα της επιφάνειας εκτός από το μήκος της, δεν επιδρά στην αντίσταση τριβής. Δηλαδή η αντίσταση τριβής θεωρείται εκείνη την οποία θα είχε η βρεχόμενη επιφάνεια του σκάφους αν είχε μεν την ίδια έκταση, αλλά ήταν τελείως επίπεδη.

Είναι προφανές ότι η κύρτωση της επιφάνειας αυτής προκαλεί πιέσεις στο νερό κατά την κίνηση του πλοίου. Εξάλλου το νερό από αντίδραση προκαλεί ίσες και αντίθετες πιέσεις σε κάθε σημείο της γάστρας. Η συνισταμένη του συνόλου των αντιδράσεων αυτών του νερού στη γάστρα δημιουργεί την αντίσταση κυματισμού για την οποία θα μιλήσουμε παρακάτω.

Ένας από τους τύπους που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για τον υπολογισμό της αντίστασης τριβής του W. Froude, είναι:

$$R_f = f\,S V^{1,825} \quad \text{σε } l \text{ b}$$

όπου: **f** συντελεστής εξαρτώμενος από το είδος (λειότητα) της επιφάνειας, την πυκνότητα, το ιξώδες του υγρού και το μήκος του πλοίου (f = 0,009 ως 0,010),
S η βρεχόμενη επιφάνεια σε ft^2,
V η ταχύτητα του πλοίου σε κόμβους.

Από τον παραπάνω τύπο φαίνεται ότι η αντίσταση τριβής είναι ανάλογη με τη βρεχόμενη επιφάνεια και την ταχύτητα του πλοίου υψωμένη σε δύναμη που πλησιάζει το τετράγωνο (1,825 ≃ 2). Η λειότητα της επιφάνειας υπεισέρχεται με τον συντελεστή f. Η αντίσταση τριβής ενός πλοίου αυξάνεται λόγω ρύπανσης της γάστρας και της καταστροφής της λειότητας των υφάλων, που αυτή δημιουργεί.

Η αύξηση της αντίστασης τριβής μπορεί να ανέλθει σε 0,3 ως 0,5% για κάθε ημέρα από τον δεξαμενισμό του πλοίου, δηλαδή για 100 ημέρες από τον δεξαμενισμό η ***αντίσταση τριβής*** μπορεί να αυξηθεί κατά 30 ως 50%.

Βέβαια η ρύπανση της γάστρας και επομένως και η αύξηση αντίστασης τριβής που προέρχεται από αυτήν εξαρτάται από την εποχή του έτους, την περιοχή της θάλασσας, την κίνηση ή όχι του πλοίου, το είδος των χρωμάτων κ.λπ.

Η διάρκεια μεταξύ δεξαμενισμών, καθώς και το είδος της επίστρωσης των υφάλων καθορίζεται από τη συνεκτίμηση των παρακάτω βασικότερων παραγόντων:

1) Την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμων και τη μείωση της ταχύτητας και των ζημιών που προέρχονται από αυτά.

2) Το κόστος δεξαμενισμού και τις εργασίες συντήρησης της επιφάνειας των υφάλων.

3) Τον χρόνο που απαιτείται για τον δεξαμενισμό και τα κέρδη που διαφεύγουν εξαιτίας του.

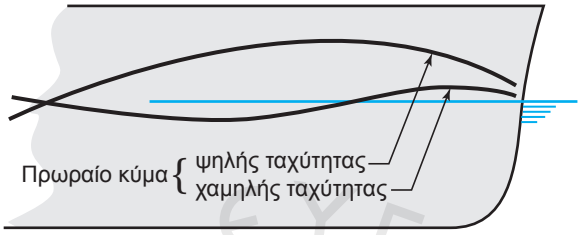
10.3.2 Αντίσταση κυματισμού

Από την απλή παρατήρηση πλοίων που κινούνται γίνονται αντιληπτά τα συστήματα κυματισμού που προκαλούν. Έτσι π.χ:

1) Είναι ορατό το κύμα (μουστάκια) που σχηματίζεται στην πρώρα του πλοίου ιδίως σε πλοία που κινούνται γρήγορα (σχ. 10.2).

2) Σε ήρεμη θάλασσα γίνονται φανερά τα συστήματα κυμάτων από αεροπλάνο.

3) Σε ήρεμη θάλασσα γίνεται αντιληπτό το πέρασμα πλοίου και από την πρόσπτωση των κυμάτων που προκαλεί επάνω στην ακτή.



Σχ. 10.2

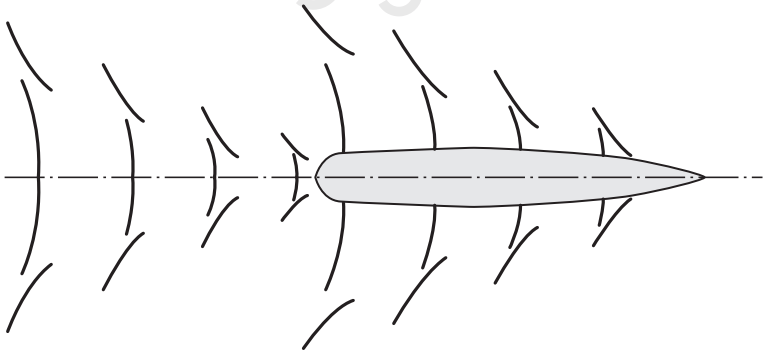
Τα παραπάνω κύματα φαίνονται στα σχήματα 10.3 και 10.4, όπου παρατηρούμε τα ακόλουθα:

1) Ανά ένα σύστημα κυμάτων που αποκλίνει στην πρώρα και την πρύμνη του πλοίου, των οποίων οι κορυφές έχουν οξεία γωνία προς τη διεύθυνση κίνησης του πλοίου.

2) Ανά ένα εγκάρσιο σύστημα κυμάτων στην πρώρα και στην πρύμνη του πλοίου, τα οποία έχουν διεύθυνση κάθετη προς τη διεύθυνση κίνησης του πλοίου. Τα κύματα των συστημάτων αυτών έχουν ομοιόμορφο εύρος και μήκος, εφόσον η ταχύτητα του πλοίου διατηρείται σταθερή.

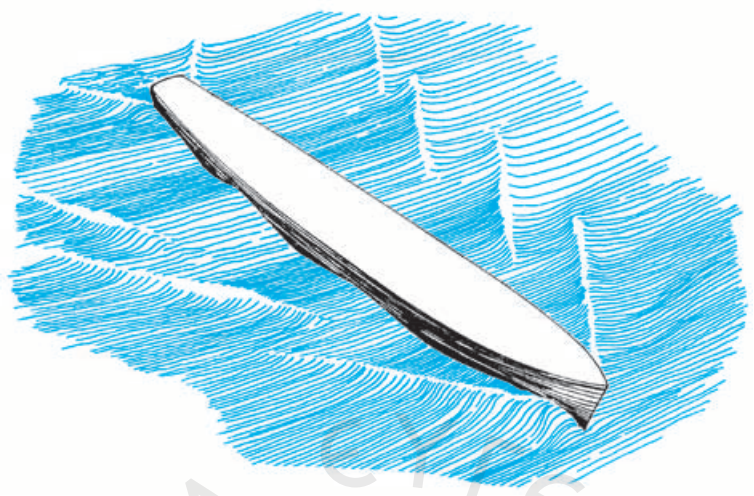
Η δημιουργία αυτών των κυμάτων απαιτεί κατανάλωση ενέργειας, η οποία προέρχεται από την προωστήρια εγκατάσταση του πλοίου.

Το μέρος της ώσης, το οποίο καταναλίσκεται στη δημιουργία και στη διάδοση των κυμάτων, καλείται ***αντίσταση κυματισμού.***



Σχ. 10.3

Διαγραμματική παράσταση πρωραίου και πρυμναίου συστήματος κυμάτων.
Οι γραμμές παριστάνουν κορυφές κυμάτων

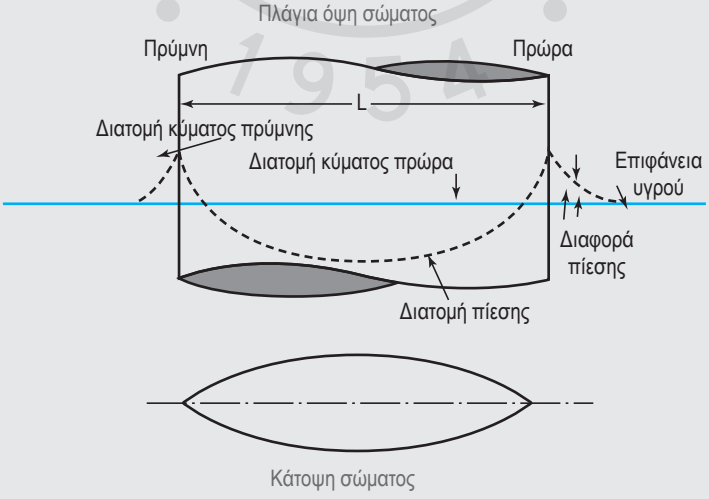


Σχ. 10.4
Σχηματική παράσταση κυματισμού

Τα κύματα που παράγονται από την κίνηση του πλοίου δεν πρέπει να συγχέονται με τον φυσικό κυματισμό της θάλασσας, ο οποίος δημιουργείται από τους άνεμους.

Η δημιουργία των κυμάτων λόγω της κίνησης του πλοίου είναι πολύπλοκο φαινόμενο, εδώ δεν θα περιγράφουν τα κύρια χαρακτηριστικά της φύσης των κυμάτων.

Στο σχήμα 10.5 φαίνεται σώμα σταθερής διατομής που εκτείνεται από την επιφάνεια ενός υγρού σε αρκετό βάθος και κινείται με σταθερή ευθύγραμμη ταχύτητα. Στο μπροστινό μέρος του σώματος θα παρατηρηθεί αύξηση της πίεσης, η οποία γίνεται μέγιστη στην ακμή (στείρα) της πρώρας του σώματος. Αυτό οφείλεται στη συμπύκνωση και στη σχετική επιβράδυνση των μορίων του υγρού, τα οποία συμπιέ-



Σχ. 10.5

ζονται από το σώμα (πλοίο) που προσεγγίζει. Λόγω της αύξησης της πίεσης στην περιοχή αυτή ανεβαίνει αντίστοιχα η στάθμη του υγρού.

Στο σχήμα η γραμμή με τις στιγμές δείχνει την πίεση του υγρού στην ίσαλο, η δε πλήρης γραμμή τη στάθμη του υγρού, δηλαδή τον σχηματισμό του κύματος.

Η κορυφή του κύματος στην περιοχή της πρώρας δεν συμπίπτει με το σημείο, όπου παρουσιάζεται η μέγιστη αύξηση της πίεσης και λόγω της διαφοράς που υπάρχει προκαλούνται επιταχύνσεις των μαζών του υγρού προς τα επάνω. Το αποτέλεσμα της διαφοράς αυτής είναι ότι η κορυφή του κύματος παρουσιάζεται λίγο πρύμνηθεν της πρωραίας ακμής. Στην περιοχή αυτή όμως η πίεση μειώνεται γρήγορα και έχοντας υπόψη ότι οι μάζες του υγρού έχουν φθάσει ήδη σε ψηλότερη στάθμη από αυτήν που αντιστοιχεί στην πίεση, λόγω της επιτάχυνσης και της αδράνειας, θα έχομε τώρα εφαρμογή επιταχύνσεων προς τα κάτω και η στάθμη του υγρού θα κατέβει. Με τον τρόπο αυτό η επιφάνεια του υγρού αρχίζει να ταλαντώνεται και να δημιουργείται το σύστημα των εγκάρσιων κυμάτων.

Έτσι, στην πρώρα παρατηρείται ότι δημιουργείται κορυφή κύματος στην περιοχή απότομης πτώσης της πίεσης μετά τη στείρα. Με όμοιο τρόπο μπορούμε να δούμε ότι στην περιοχή απότομης αύξησης της πίεσης μπροστά από την πρύμνη δημιουργείται αντιθέτως κοίλο κύματος.

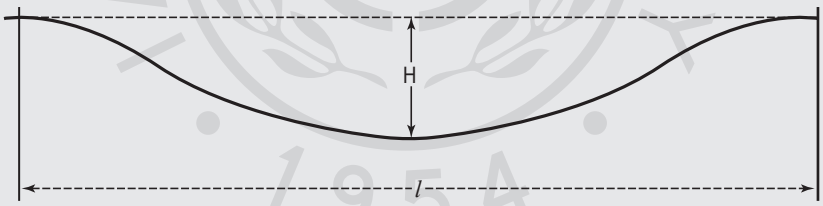
Τα κύματα που παράγονται έτσι, στην πρώρα και στην πρύμνη κινούνται συνεχώς μαζί με το πλοίο (στάσιμο) με την ίδια ταχύτητα και έτσι, δημιουργούν το εγκάρσιο σύστημα κυμάτων με απόλυτη ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του πλοίου.

Το μήκος l των κυμάτων (σχ. 10.6) είναι συνάρτηση της ταχύτητας διάδοσής του και μπορεί να εκφρασθεί με τον τύπο:

$$l = 0{,}557\ V^2$$

όπου: $\boldsymbol{l}$ σε ft και **V** σε κόμβους.

Επομένως όσο αυξάνει η ταχύτητα του πλοίου, τόσο αυξάνει το μήκος των κυμάτων του εγκάρσιου συστήματος κυματισμού.



l = *Μήκος κύματος*
H = *Μήκος κύματος*

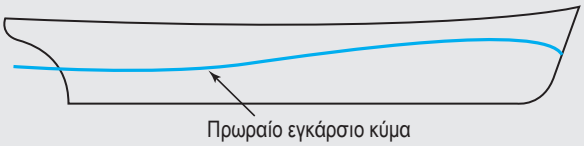
Σχ. 10.6

Από τη θεωρία των κυμάτων είναι γνωστό ότι η ενέργεια που υπάρχει σε ένα σύστημα κυματισμού, είναι ανάλογη με το τετράγωνο του ύψους των κυμάτων που υπάρχουν σε αυτό.

Η αύξηση της ταχύτητας του πλοίου έχει ως συνέπεια και την αύξηση του ύψους των κυμάτων που παράγονται από την κίνηση του πλοίου και επομένως την αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται για τη δημιουργία του κυματισμού, δηλαδή αύξηση της αντίστασης κυματισμού.

Αν πλοίο μετά την εκκίνησή του αυξάνει προοδευτικά την ταχύτητά του, το μήκος των κυμάτων του πρωραίου συστήματος θα αυξάνει, και σε κάποια ταχύτητα το μήκος των κυμάτων θα είναι ίσο με το μήκος του πλοίου, το οποίο στην κατάσταση αυτή θα φαίνεται σαν να υποστηρίζεται στα δύο άκρα από τις κορυφές δύο διαδοχικών κυμάτων (σχ. 10.7).

Αν η ταχύτητα του πλοίου αυξηθεί ακόμη περισσότερο, το πλοίο θα φαίνεται ότι κινούμενο ανεβαίνει



Σχ. 10.7

επάνω στο εγκάρσιο κύμα πρώρας που δημιουργείται από αυτό. Στην κατάσταση αυτή η αντίσταση κυματισμού είναι πολύ ψηλή και το πλοίο έχει τόση ταχύτητα, ώστε μέρος του βάρους του στηρίζεται από τις υδροδυναμικές δυνάμεις του υγρού που διέρχεται κάτω από τον πυθμένα του πλοίου.

Μεταξύ ταχύτητας V και μήκους πλοίου L υπάρχει μία σημαντική σχέση, η οποία επηρεάζει το σχηματισμό κυμάτων στα πλοία διαφόρων μεγεθών και επομένως την αντίσταση κυματισμού. Η σχέση αυτή είναι ο λόγος $V/\sqrt{L}$ και ονομάζεται ***σχέση ταχύτητας – μήκους***.

Όταν η ταχύτητα και το μήκος του πλοίου είναι τέτοια, ώστε το μήκος κύματος να είναι ίσο προς το μήκος του πλοίου, η παραπέρα αύξηση της ταχύτητας γίνεται με κατανάλωση δυσανάλογης δύναμης. Στην περίπτωση αυτή ο λόγος $V/\sqrt{L}$ παίρνει τιμή:

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = 1{,}34$$

όπου: το **V** μετριέται σε knots και το **L** σε ft.

Σε εμπορικά πλοία ο λόγος $V/\sqrt{L}$ διατηρείται μικρότερος από την παραπάνω τιμή. Έτσι π.χ.:

Στα πλοία S.D. 14 και Freedom $\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{15}{\sqrt{450}} = 0{,}715$

Στα πλοία εμπορευματοκιβωτίων $\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{22}{\sqrt{450}} = 1{,}05$

Σε μερικά πολεμικά πλοία ο λόγος $\frac{V}{\sqrt{L}}$ είναι ψηλός.

Έτσι στα αντιτορπιλικά είναι: $\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{36}{\sqrt{324}} = 2{,}00$

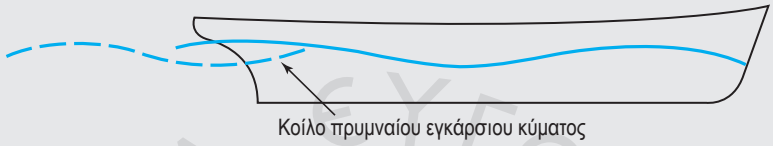
Όταν η σχέση $V/\sqrt{L}$ φθάσει τα 1,7 ως 1,8 οι υδροδυναμικές δυνάμεις άντωσης αρχίζουν να γίνονται σημαντικές.

Κοντά στην πρώρα του πλοίου που κινείται δημιουργείται το κύριο εγκάρσιο σύστημα κυματισμού με κορυφή κύματος, το οποίο επεκτείνεται στη συνέχεια κατά μήκος του πλοίου. Με όμοιο τρόπο δημιουργείται άλλο ανεξάρτητο σύστημα εγκάρσιων κυμάτων κοντά στην πρύμνη του πλοίου, του οποίου το πρώτο κύμα αρχίζει με κοίλο (σχ. 10.8).

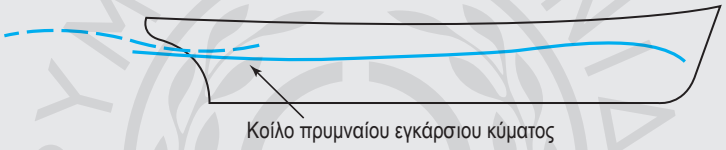
Σχ. 10.8

Λόγω της μεταβολής της ταχύτητας του πλοίου, μεταβάλλεται το μήκος των κυμάτων του πρωραίου συστήματος και επομένως στην πρύμνη του πλοίου, όπου σχηματίζεται το κοίλο του πρώτου κύματος του πρυμναίου συστήματος, είναι δυνατό να φθάσει κορυφή ή κοίλο του πρωραίου εγκάρσιου συστήματος κυμάτων.

Η συνισταμένη των δύο κυμάτων στην πρώτη περίπτωση θα είναι μειωμένου εύρους (σχ. 10.9) γιατί ο ένας κυματισμός θα εξουδετερώσει μερικώς τον άλλο (αφαίρεση), ενώ στη δεύτερη θα είναι αυξημένου εύρους (σχ. 10.10) γιατί ο ένας κυματισμός θα ενισχύσει και θα εντείνει τον άλλο και έτσι θα δημιουργηθεί κυματισμός αυξημένου εύρους (πρόσθεση). Επομένως η αντίσταση κυματισμού εξαρτάται από τη σχετική φάση των δύο κυμάτων.



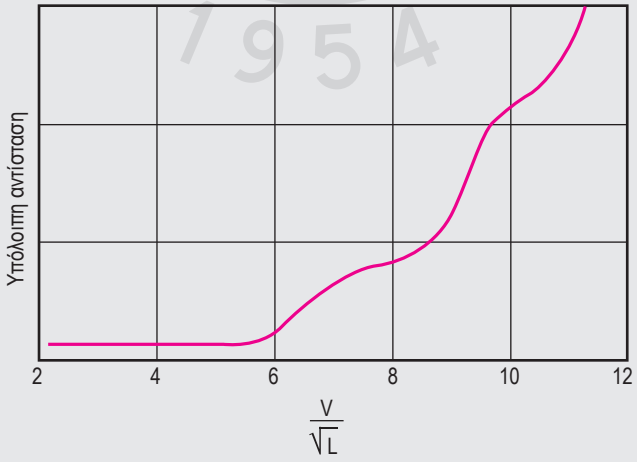
Σχ. 10.9



Σχ. 10.10

Χρήση των παραπάνω παρατηρήσεων γίνεται στη σχεδίαση του υπό ναυπήγηση πλοίου ή κατά τις μετασκευές πλοίων, οπότε μερικές φορές κατάλληλη επιμήκυνση του πλοίου, παρά την αύξηση του εκτοπίσματος, μπορεί να επιφέρει ακόμη και αύξηση της ταχύτητας, χωρίς να μεταβληθεί η δύναμη πρόωσης.

Κατά τη χάραξη της καμπύλης αντίστασης κυματισμού (υπόλοιπη αντίσταση) αυτό γίνεται φανερό από τις κυματώσεις που παρατηρούνται (σχ. 10.11).

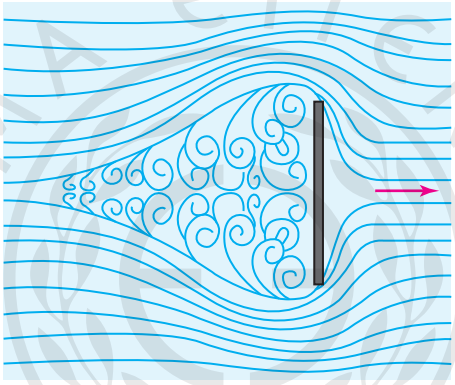


Σχ. 10.11

10.3.3 Αντίσταση δινών ή στροβιλισμών

Μία επίπεδη πλάκα κινούμενη καθέτως προς το επίπεδό της μέσα σε υγρό αφήνει κατά το πέρασμα της μία μάζα αναταραγμένου και στροβιλιζόμενου υγρού, όπως φαίνεται απλοποιημένα στο σχήμα 10.12.

Όμοιες συνθήκες μπορούν να γίνουν αντιληπτές κοντά στην πρύμνη των πλοίων. Οι αντιστάσεις δινών είναι αποτέλεσμα αδυναμίας των ρευματικών γραμμών να ακολουθήσουν το σχήμα του πλοίου, οι οποίες έτσι, αφήνουν χώρους χαμηλής πίεσης στην περιοχή της πρύμνης σε σχέση προς τους χώρους μεγάλης πίεσης στην πρώρα (σχ. 10.1). Η ενέργεια καταναλώνεται μέσα στο στροβιλιζόμενο νερό και προστίθεται στην ενέργεια κυματισμού. Εκτός από αυτό η ελάττωση της πίεσης στην πρύμνη προσαυξάνει την αντίσταση πρόωσης (βλ. Κεφ. 12 «Λειτουργία έλικας»).



Σχ. 10.12

Προσεκτική σχεδίαση του σχήματος του σκάφους και των εξαρτημάτων του είναι δυνατό να μειώσει την τάση αποχωρισμού των ρευματικών γραμμών από το σκάφος και να ελαττώσει την αντίσταση δινών.

Οι προς τα μέσα και μπρος κινήσεις των μορίων του νερού για την αναπλήρωση των κενών στην πρύμνη είναι ένα μέρος του ομόρρου πρύμνης (σχ. 10.1).

Όπως αναπτύσσεται παρακάτω οι αντιστάσεις δινών περιλαμβάνονται μαζί με την αντίσταση κυματισμού στη λεγόμενη ***υπόλοιπη αντίσταση πλοίου.***

10.3.4 Αντίσταση αέρα

Οι συνιστώσες της αντίστασης που αναπτύχθηκαν προηγουμένως μπορεί να συνοψισθούν ως ***υδραυλική αντίσταση.*** Εκτός από αυτές υπάρχει και η αντίσταση, την οποία παρουσιάζει ο ατμοσφαιρικός αέρας στην κίνηση του πλοίου. Η αντίσταση αυτή μπορεί επίσης να υποδιαιρεθεί στις τρεις συνιστώσες που περιγράψαμε προηγουμένως, γιατί και ο αέρας μπορεί να θεωρηθεί ως υγρό μικρής πυκνότητας (σχέση πυκνοτήτων νερού/αέρα περίπου 800/1).

Εντούτοις, επειδή το μέγεθος της αντίστασης του αέρα σε άπνοια είναι μικρό σε

σύγκριση με τις υδραυλικές αντιστάσεις, δεν κρίνεται γενικά σκόπιμη η λεπτομερής ανάλυση κάθε μίας από τις συνιστώσες.

Η αντίσταση του αέρα σε άπνοια αντιπροσωπεύει ποσοστό της τάξης του 2 ως 3% της ολικής αντίστασης πρόωσης. Σημειώνεται ότι οι αντιστάσεις του αέρα γίνονται σημαντικές με αντίθετο δυνατό άνεμο, γιατί είναι ανάλογες με το τετράγωνο της σχετικής ταχύτητας άνεμου και πλοίου.

Έτσι, αν σε πλοίο που κινείται με ταχύτητα 10 knots σε άπνοια η αντίσταση του αέρα είναι 2%, με αντίθετο άνεμο ταχύτητας 10 ν.μ. ανά ώρα η αντίσταση του αέρα θα γίνει περίπου 8% ($2\% \times 2^2$), ενώ με αντίθετο άνεμο ταχύτητας 20 ν.μ. ανά ώρα, η αντίσταση του αέρα θα γίνει περίπου 18% ($2\% \times 3^2$) της ολικής αντίστασης.

10.4 Τρόπος καθορισμού αντίστασης πρόωσης

Στην πράξη γίνεται δεκτό ότι η ολική αντίσταση πρόωσης μπορεί να υποδιαιρεθεί στην ***αντίσταση τριβής*** και στην ***υπόλοιπη αντίσταση,*** στην οποία περιλαμβάνεται η αντίσταση κυματισμού, η αντίσταση δινών και η αντίσταση του αέρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι από την υπόλοιπη αντίσταση η αντίσταση κυματισμού αποτελεί τον κύριο και βαρύνοντα παράγοντα.

Η διαίρεση αυτή έχει αποδειχθεί ως ορθή και θεωρητικά είναι δικαιολογημένη, εάν ληφθεί υπόψη ότι η αντίσταση κυματισμού, η αντίσταση δινών και το μεγαλύτερο μέρος της αντίστασης του αέρα οφείλονται στα ίδια αίτια, δηλαδή σε διαφορά πιέσεων και ότι οι αντιστάσεις δινών και αέρα είναι σχετικά μικρό ποσοστό της ολικής αντίστασης. Πάρα πολλά πειράματα έχουν αποδείξει την ορθότητα της παραπάνω παραδοχής.

Γενικά η αντίσταση τριβής αποτελεί συνήθως τα 70 ως 80% της ολικής αντίστασης για μεγάλα και μέτριας ταχύτητας πλοία, ενώ μπορεί να είναι και μικρότερη από το 50% για μικρότερα πλοία με γρήγορη κίνηση (π.χ. αντιτορπιλλικά).

10.5 Μέθοδος προσδιορισμού της πραγματικής ιπποδύναμης ή ιπποδύναμης ρυμούλκησης

Με βάση τα παραπάνω για όλα τα πλοία, ανεξάρτητα από το μέγεθος, ισχύει η σχέση:

$$R_t = R_f + R_r$$

όπου: $\mathbf{R_t}$ η ολική αντίσταση πρόωσης,
$\mathbf{R_f}$ η αντίσταση τριβής και
$\mathbf{R_r}$ η υπόλοιπη αντίσταση.

Η εύρεση της παραπάνω σχέσης οφείλεται στον William Froude. Αυτός επίσης ερεύνησε τον σχηματισμό των συστημάτων κυματισμού σε γεωμετρικώς όμοια πλοία και συμπέρανε ότι:

Γεωμετρικώς όμοια πλοία έχουν υπόλοιπη αντίσταση ανάλογη προς τον κύβο της σχέσης των γραμμικών διαστάσεών τους, εφόσον ο λόγος:

$$\frac{\textbf{\textit{ταχύτητα πλοίου}}}{\sqrt{\textbf{\textit{μήκος πλοίου}}}} \left(\frac{V}{\sqrt{L}}\right)$$

είναι ο ίδιος. Αυτός ονομάζεται ***Νόμος Σύγκρισης*** (Law of Comparison).

Δύο πλοία είναι γεωμετρικώς όμοια όταν οι αντίστοιχες διαστάσεις τους έχουν τον ίδιο λόγο αναλογίας.

Έτσι αν L, B, d είναι το μήκος, το πλάτος και το κοίλο ενός πλοίου και L΄, B΄, d΄ τα αντίστοιχα ενός γεωμετρικώς όμοιού του, τότε αν:

$$\frac{L}{L'} = K \text{ θα είναι και } \frac{B}{B'} = K = \frac{d}{d'} \text{ κ.ο.κ.}$$

δηλαδή ο λόγος (πηλίκο) των αντίστοιχων διαστάσεων είναι ο ίδιος.

Ο λόγος των αντίστοιχων επιφανειών είναι ο ίδιος για όλα τα ζεύγη των επιφανειών και ίσος προς το τετράγωνο του λόγου των γραμμικών διαστάσεων. Αν π.χ. S_{WL} S'_{WL} είναι τα εμβαδά των αντιστοίχων ίσαλων πλεύσης των δύο πλοίων, τότε:

εφόσον $\frac{L}{L'} = K$, θα είναι $\frac{S_{WL}}{S'_{WL}} = K^2$

Ομοίως αν S, S΄ τα εμβαδά των βρεχομένων επιφανειών:

$$\frac{S}{S'} = K^2 = \left(\frac{L}{L'}\right)^2$$

Αντίστοιχα για τους όγκους $\frac{O}{O'} = \left(\frac{L}{L'}\right)^3 = K^3$

Αν τώρα ένα από τα δύο όμοια πλοία είναι το μοντέλο του άλλου και έχει μήκος l, τότε μεταξύ πλοίου και μοντέλου ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις ομοιότητας:

$$\text{Για } \frac{L}{l} = \lambda, \text{ θα είναι } \frac{E_S}{E_m} = \left(\frac{L}{l}\right)^2 = \lambda^2 = \text{λόγος επιφανειών}$$

και

$$\frac{O_S}{O_m} = \left(\frac{L}{l}\right)^3 = \lambda^3 = \text{λόγος όγκων}$$

Στο παραπάνω με δείκτη S χαρακτηρίζονται τα μεγέθη του πλοίου και με το m τα αντίστοιχα του μοντέλου.

Η σχέση $V/\sqrt{L}$ ή ορθότερα η σχέση $V/\sqrt{gL}$ ονομάζεται και ***αριθμός Froude***.

Από τις παρατηρήσεις ότι σε γεωμετρικώς όμοια πλοία που κινούνται με ταχύτητα τόση, ώστε ο λόγος $V/\sqrt{L}$ να τηρείται σταθερός, διαπιστώθηκε η εμφάνιση όμοιου σχηματισμού συστημάτων κυματισμού. Από τις πειραματικές μετρήσεις που έγιναν επιβεβαιώθηκαν οι γενόμενες παραδοχές.

Ο τρόπος, με τον οποίο καθορίζεται η αντίσταση πρόωσης και η ιπποδύναμη, είναι η ρυμούλκηση προτύπων μήκους 5 – 7 m περίπου μέσα σε δεξαμενές προτύπων.

Τα πρότυπα (μοντέλα) κατασκευάζονται γεωμετρικώς όμοια με το υπό εξέταση η σχεδίαση πλοίο και ρυμουλούνται σε διάφορες ταχύτητες στη δεξαμενή προτύπων, όπου μετριέται η αντίστασή τους. Η ταχύτητα v, που επιλέγεται, ονομάζεται ***αντίστοιχη ταχύτητα,*** και είναι αυτή που ικανοποιεί τη σχέση:

$$\frac{v}{\sqrt{L}} = \frac{V}{\sqrt{L}}$$

όπου: **v** και **V** η ταχύτητα προτύπου και πλοίου,
l και **L** το μήκος προτύπου και πλοίου.

Αν υποθέσουμε ότι η ρυμούλκηση γίνεται μέσα σε θαλάσσιο νερό, στο οποίο κινείται και το πλοίο θα έχουμε τις παρακάτω σχέσεις:

$$R_{ts} = R_{rs} + R_{fs} \quad \text{και} \quad R_{tm} = R_{rm} + R_{fm}$$

όπου: με τον δείκτη **s** χαρακτηρίζονται οι αντιστάσεις του πλοίου και
με τον δείκτη **m** οι αντιστάσεις του προτύπου (μοντέλου).

Με βάση το θεώρημα Froude, αν το πρότυπο ρυμουλκηθεί σε ταχύτητα τόση, ώστε:

$$\frac{v}{\sqrt{l}} = \frac{V}{\sqrt{L}}$$

οι υπόλοιπες αντιστάσεις θα συνδέονται με τη σχέση:

$$\frac{R_{rs}}{R_{rm}} = \left(\frac{L}{l}\right)^3 = \lambda^3 = \frac{W_S}{W_m}$$

όπου: **W** είναι το εκτόπισμα του πλοίου, γιατί:

$$\frac{W_S}{W_m} = \frac{O_S}{O_m} = \left(\frac{L}{l}\right)^3 = \lambda^3$$

όπου: **λ = L/*l*** και **O** ο όγκος των υφάλων του πλοίου.

Επειδή οι αντιστάσεις τριβής (R_f) υπολογίζονται με χρήση μαθηματικού τύπου (παράγρ. 10.3), η αντίσταση του πλοίου στην ταχύτητα V θα είναι:

$$R_{ts} = R_{fs} + R_{rs}$$

αλλά $$R_{rs} = R_{rm} \times \lambda^3$$

και $$R_{rm} = R_{tm} - R_{fm}$$

Κατά τις δοκιμές προτύπου μετριέται η ολική αντίσταση του προτύπου (R_{tm}), ενώ η αντίσταση τριβής (R_{fm}) υπολογίζεται με βάση την ταχύτητα v, επομένως:

$$R_{ts} = R_{fs} + (R_{tm} - R_{fm}) \times \lambda^3$$

Σε συνηθισμένους τύπους πλοίων η ολική αντίσταση είναι δυνατό να καθορισθεί

κατά προσέγγιση από ταξινομημένα μεθοδικά στοιχεία, τα οποία προέκυψαν από ρυμούλκηση προτύπων, που επιλέχτηκαν με συστηματικό τρόπο.

10.6 Ορισμός ιπποδύναμης πρόωσης και συντελεστές

Η ολική αντίσταση που προσδιορίσαμε παραπάνω υπερνικίεται από μία προωστήρια δύναμη. Το προωστήριο σύστημα παράγει ενέργεια, η οποία μεταβάλλεται σε προωστήρια ενέργεια και ώση στην έλικα.

Η ιπποδύναμη υπολογίζεται γενικά με πολλαπλασιασμό της ταχύτητας επί την ενεργούσα δύναμη, η οποία στην περίπτωση του πλοίου, είναι ίση με την ολική αντίσταση. Έτσι, ως ***πραγματική ιπποδύναμη*** ή ***ιπποδύναμη ρυμούλκησης*** EHP (Effective Horse Power) ορίζεται αυτή που προκύπτει με βάση την ολική αντίσταση (R_t) που υπολογίσθηκε στην ταχύτητα V και είναι:

$$EHP = \frac{R_t \times V \times 6080}{550 \times 3600}$$

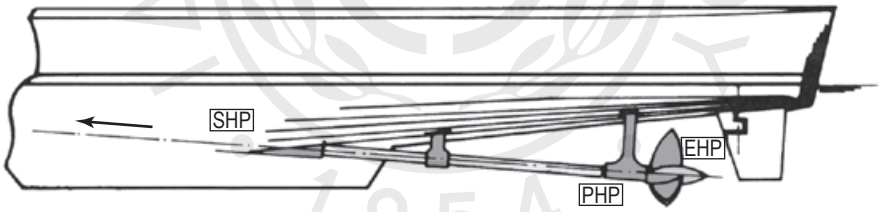
όπου: $\mathbf{R_t}$ σε λίμπρες, **V** σε κόμβους.

ή

$$EHP = \frac{R_t \times V \times 1852}{75 \times 3600}$$

όπου: $\mathbf{R_t}$ σε kg, **V** σε κόμβους.

Οι παρακάτω ορισμοί είναι απαραίτητοι για την κατανόηση προβλημάτων ιπποδύναμης, απόδοσης κ.λπ. (σχ. 10.13).



Σχ. 10.13

1) Ιπποδύναμη έλικας PHP (Propeller Horse Power)

Είναι η ιπποδύναμη που δίνεται στην έλικα και είναι ίση με την πραγματική ιπποδύναμη προσαυξημένη με την ιπποδύναμη απωλειών ενέργειας στην έλικα και τις απώλειες ενέργειας από την αλληλοεπίδραση έλικας και σκάφους.

2) Ιπποδύναμη άξονα SHP (Shaft Horse Power)

Η ιπποδύναμη που μετριέται με στρεψίμετρο κοντά στην έλικα επάνω στον ελικοφόρο άξονα. Αυτή είναι ίση με την ιπποδύναμη έλικας προσαυξημένη κατά την ιπποδύναμη απωλειών από τριβές μεταξύ έλικας και θέσης στρεψίμετρου.

3) Συντελεστής πρόωσης

Είναι ο λόγος EHP/SHP και έχουμε:

$$\frac{EHP}{SHP} = \frac{EHP}{PHP} \times \frac{PHP}{SHP}$$

Ο λόγος η_D = EHP/PHP καλείται ***συντελεστής απόδοσης πρόωσης*** και περιλαμβάνει κατά κύριο λόγο τον συντελεστή απόδοσης της έλικας.

Ο λόγος η_S = PHP/SHP καλείται ***συντελεστής μετάδοσης κίνησης.***

Ο συντελεστής πρόωσης είναι της τάξης του 0,55 ως 0,60 δηλαδή η ιπποδύναμη μηχανής είναι σχεδόν διπλάσια από την αντιστοιχούσα στην αντίσταση ρυμούλκησης του πλοίου. Ο παράγοντας που επιδρά κυρίως στη μείωση του συντελεστή πρόωσης είναι η χαμηλή απόδοση της έλικας (0,65 ως 0,70).

– Τύπος του αγγλικού Ναυαρχείου

Για την εκτίμηση της ιπποδύναμης πρόωσης πλοίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά προσέγγιση ο τύπος του αγγλικού Ναυαρχείου:

$$SHP = \frac{W^{2/3} V^3}{C}$$

όπου: **W** το εκτόπισμα,
V η ταχύτητα και
C ο συντελεστής που εξαρτάται από τις εν χρήσει μονάδες και τη μορφή των υφάλων.

Ο τύπος αυτός εφαρμόζεται για όμοια πλοία και για πλοία σχετικά μικρής ταχύτητας. Ο συντελεστής C δίνεται για διαφόρους τύπους πλοίων ή υπολογίζεται από ένα όμοιο πλοίο.

Χρησιμότατος είναι ο τύπος αυτός για την εκτίμηση της επίδρασης που έχει η μεταβολή μίας ή και δύο από τις μεταβλητές επάνω στην άλλη. Έτσι προκύπτει ότι οι ιπποδυνάμεις και επομένως και οι καταναλώσεις είναι ανάλογες με τον κύβο της ταχύτητας, επίσης ότι οι ιπποδυνάμεις είναι ανάλογες με το εκτόπισμα W, υψωμένο στη δύναμη των 2/3.

Με απλή εφαρμογή του τύπου προκύπτει ότι σε ένα πλοίο για αύξηση ταχύτητας κατά 10% απαιτείται αύξηση ιπποδύναμης κατά 33%, ενώ για αύξηση ταχύτητας κατά 20% απαιτείται αύξηση ιπποδύναμης κατά 73%.

Για τον υπολογισμό με ικανή προσέγγιση της ιπποδύναμης ρυμούλκησης EHP, χρησιμοποιείται στην πράξη η μέθοδος ***«Προτύπων Σειρών Δοκιμών Αντίστασης Πρόωσης»*** (Standard Series of Resistance Tests).

Αυτή βασίζεται στον ***«Νόμο Σύγκρισης»***, που αναφέραμε προηγουμένως, σύμφωνα με τον οποίο μία καμπύλη που χαράσσεται με βάση τα αποτελέσματα δοκιμών ενός προτύπου και η οποία δίνει τη μεταβολή του λόγου της «υπόλοιπης αντίστασης» προς το εκτόπισμα R_r/W του προτύπου σε συνάρτηση του λόγου $V/\sqrt{L}$ ισχύει για κάθε πλοίο γεωμετρικώς όμοιο προς το πρότυπο, ανεξάρτητα από τις διαστάσεις του πλοίου.

Χαράσσοντας αρκετό αριθμό καμπυλών για σειρά προτύπων διαφορετικής μορφής γάστρας, μπορούμε να τις χρησιμοποιήσομε για τον υπολογισμό της υπόλοιπης

αντίστασης ενός πλοίου με δεδομένες διαστάσεις γεωμετρικώς όμοιου (ή περίπου όμοιου - με βάση διορθωτικούς συντελεστές) με ένα από τα πρότυπα αυτά.

Η αντίσταση τριβής υπολογιζόμενη με βάση άλλα πειραματικά δεδομένα δίνεται με μορφή άλλων καμπυλών.

Με την άθροιση των δύο αντιστάσεων προκύπτει η συνολική αντίσταση και από αυτή η ιπποδύναμη ρυμούλκησης EHP.

10.7 Ασκήσεις

1. Πλοίο έχει μήκος 137 m και ταχύτητα 16 knots. Ποια είναι η αντίστοιχη ταχύτητα του μοντέλου του, εάν αυτό έχει μήκος l = 5,5 m;

Απάντ. *3,2 knots*

2. Η υπόλοιπη αντίσταση ενός μοντέλου μήκους l = 4,57 m είναι 2,94 kg μέσα σε δεξαμενή γλυκού νερού. Ποια είναι η υπόλοιπη αντίσταση σε γλυκό νερό, πλοίου γεωμετρικώς όμοιου και μήκους l = 115,8 m;

Απάντ. *46,73 kg*

3. Πλοίο έχει ολική αντίσταση 24.642 kg για ταχύτητα 14 knots. Να εκτιμηθεί η ιπποδύναμη ρυμούλκησής του.

Απάντ. *2.366 kg*

4. Πλοίο έχει ταχύτητα 16 knots σε εκτόπισμα 18.694 τόνων, ενώ ο συντελεστής του Αγγλικού Ναυαρχείου για το πλοίο αυτό είναι C = 419. Ποια είναι η εκτιμώμενη ιπποδύναμη άξονα;

Απάντ. *6.887 ίπποι*

11

Συστήματα πρόωσης πλοίων

Κατά την κίνηση του πλοίου δημιουργούνται αντιστάσεις από το νερό και τον αέρα που το περιβάλλουν. Αυτές υπερνικούνται από ίση και αντίθετη δύναμη ώσης, η οποία δημιουργείται από έναν μηχανισμό. Ο μηχανισμός αυτός αρχικά ήταν τα κουπιά, αργότερα τα πανιά. Κατά τους νεότερους χρόνους η ώση δημιουργούταν από τροχούς, συσκευές προβολής και έλικες διαφόρων σχημάτων. Σήμερα αναμφισβήτητος βασιλιάς των συσκευών πρόωσης είναι το σύστημα της έλικας, το οποίο αποδείχθηκε πολύ προσαρμόσιμο στις συνεχείς αυξήσεις της ιπποδύναμης κάτω από συνεχώς δυσμενέστερες συνθήκες.

Κατά την επιλογή της προωστήριας εγκατάστασης, η οποία θα κινήσει την έλικα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, από τους οποίους οι σπουδαιότεροι είναι:

1) Ολικό βάρος και απαιτούμενος χώρος της προωστήριας εγκατάστασης.
2) Αρχικό κόστος.
3) Αξιοπιστία λειτουργίας.
4) Διάρκεια ζωής.
5) Ευκαμψία λειτουργίας.
6) Κόστος συντήρησης και επισκευής.
7) Κόστος λειτουργίας και καυσίμων.
8) Επίπεδο θορύβου (ιδίως για επιβατηγά πλοία).
9) Συνδυασμός προς τον τύπο της έλικας.

Αν λάβουμε υπόψη το πλήθος και το εύρος των παραπάνω παραγόντων δεν είναι περίεργο ότι έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι προωστήριων εγκαταστάσεων. Όλες οι εγκαταστάσεις σχεδιάζονται με βάση προσπάθειες ικανοποίησης των περισσότερων από τους παράγοντες στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Παρακάτω θα αναπτυχθούν τα σπουδαιότερα από τα εν χρήσει συστήματα προωστήριων εγκαταστάσεων, αναφέροντας τα σπουδαιότερα από τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματά τους.

Η παλινδρομική ατμομηχανή κυριάρχησε στον ναυτικό τομέα μέχρι το 1910 περίπου, έκτοτε άρχισε να εκτοπίζεται από τον ατμοστρόβιλο στις ψηλές και μέσες ιπποδυνάμεις και από τη Diesel στις μέσες και χαμηλές ιπποδυνάμεις.

Η παλινδρομική μηχανή έχει εξαίρετες ιδιότητες ελέγχου σε όλα τα φορτία, αναποδίζει εύκολα και έχει μικρό αριθμό στροφών ανά λεπτό σε περιοχές μεγάλης απόδοσης των ελίκων, πλην όμως η εγκατάσταση είναι βαριά, καταλαμβάνει πολύ χώρο και η ανά κύλινδρο ιπποδύναμη είναι περιορισμένη. Η συνολική απόδοσή της είναι

χαμηλή λόγω αδυναμίας εκτόνωσης του ατμού σε πολύ χαμηλές πιέσεις· έτσι, η κατανάλωση καυσίμου ανά ίππο και ώρα είναι γύρω στα 500 ως 520g.

Ο ατμοστρόβιλος υπερέχει στα σημεία, στα οποία υστερεί η παλινδρομική ατμομηχανή. Το ζεύγος στρέψης είναι ομοιόμορφο, είναι κατάλληλο για μονάδες μεγάλων ιπποδυνάμεων, μπορεί να χρησιμοποιήσει ατμό πολύ μεγάλης πίεσης, αλλά και χαμηλής και εκτονώνει τον ατμό σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Η απόδοση γενικά είναι μεγάλη, η δε ανά ίππο και ώρα κατανάλωση ανέρχεται περίπου στά 225 g. Ο ατμοστρόβιλος μειονεκτεί γιατί δεν είναι αναστρέψιμος και η ταχύτητα περιστροφής του είναι πολύ μεγαλύτερη από τις επιθυμητές, για μεγάλη απόδοση, χαμηλές στροφές ανά λεπτό των ελίκων. Τα μειονεκτήματα αυτά οδηγούν στην εγκατάσταση ιδιαίτερου στροβίλου αναπόδισης, καθώς και σε συστήματα οδοντωτών τροχών (μειωτήρας στροφών) μεταξύ του στροβίλου και του ελικοφόρου άξονα, προς μείωση της ταχύτητας περιστροφής. Οι απώλειες στον μειωτήρα στροφών είναι της τάξης του 2 ως 4% της ιπποδύναμης που μεταβιβάζεται.

Η παραπάνω μείωση στροφών μεταξύ στροβίλου και ελικοφόρου άξονα μπορεί να επιτευχθεί με ηλεκτρικά μέσα (στροβιλοηλεκτρική πρόωση), πλην όμως το σύστημα αυτό δεν έχει τύχει ευρείας εφαρμογής λόγω μεγάλου αρχικού κόστους και μεγαλύτερων απωλειών μετάδοσης, παρόλο ότι έχει μεγάλη ευκαμψία, ταχύτητα χειρισμών και δεν απαιτεί ιδιαίτερο στρόβιλο αναπόδισης.

Μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται σε προωστήριες εγκαταστάσεις είναι γενικά μηχανές Diesel. Κατασκευάζονται σε όλα τα μεγέθη που καλύπτουν ανάγκες πρόωσης μικρών πλοιαρίων αναψυχής μέχρι και σύγχρονων υπερωκεανείων και δεξαμενόπλοιων-μαμούθ.

Οι μηχανές των μεγάλων συγχρόνων πλοίων αναπτύσσουν πάνω από 2000 ίππους ανά κύλινδρο και σε 12κύλινδρες μηχανές συνολικά πάνω από 25.000 ίππους, είναι απευθείας αναστρέψιμες και καταλαμβάνουν μικρό χώρο και έχουν χαμηλές καταναλώσεις (150 – 160 g ανά ίππο, ανά ώρα). Σε σχέση με αυτά τα πλεονεκτήματα οι εγκαταστάσεις μηχανών Diesel είναι συνήθως βαρύτερες και κοστίζουν περισσότερο από πλευράς αρχικού κόστους από αντίστοιχες εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων, το δε κόστος συντηρήσης και επισκευής είναι μεγαλύτερο από ό,τι στις εγκαταστάσεις ατμού.

Πρόσφατα αναπτύχθηκαν και εφαρμόσθηκαν στον ναυτικό τομέα οι αεριοστρόβιλοι. Αυτοί έχουν το πλεονέκτημα του μικρού βάρους και της αποφυγής εγκατάστασης ατμολέβητα, πλην όμως έχουν ακόμη μεγάλη κατανάλωση καυσίμων ανά ίππο και ώρα.

Άλλο πλεονέκτημά τους είναι η δυνατότητα γρήγορης εκκίνησης από την εν ψυχρώ κατάσταση (15') και η δυνατότητα άμεσης επιτάχυνσης (από 0 σε 25 knots εντός 3 min). Αεριοστρόβιλοι έχουν εγκατασταθεί σε μικρά ταχύπλοα πολεμικά πλοία. Επίσης, αεριοστρόβιλοι σε συνδυασμό με εγκατάσταση Diesel έχουν εγκατασταθεί σε πλοία πολεμικά, για δυνατότητα γρήγορης ανάπτυξης μεγάλης ταχύτητας.

Αντιδραστήρες πυρηνικής ενέργειας έχουν χρησιμοποιηθεί σε αντικατάσταση του ατμολέβητα σε περιορισμένο αριθμό πλοίων για ειδικούς λόγους και κυρίως προς απόκτηση εμπειρίας. Η εγκατάσταση αντιδραστήρα πυρηνικής ενέργειας έχει

ως αποτέλεσμα την εξάλειψη, κατά μεγάλο ποσοστό, της ανάγκης διάθεσης χώρου και βάρους για τα καύσιμα, πλην όμως στο παρόν στάδιο τα βάρη και οι χώροι που εξοικονομούνται διατίθενται για το βάρος του αντιδραστήρα και της απαιτούμενης προστασίας του. Το πλοίο μπορεί να πλέει συνεχώς για πολύ χρόνο με τη μέγιστη ταχύτητά του χωρίς ανεφοδιασμό, πλην όμως το αρχικό κόστος της εγκατάστασης είναι πολύ μεγάλο.

Οι διάφοροι τύποι των προωστήριων εγκαταστάσεων έχουν διάφορα χαρακτηριστικά σε υπερφόρτιση. Η παλινδρομική μηχανή και η Diesel είναι βασικά μηχανές σταθερού ζεύγους, κάτι το οποίο σημαίνει ότι το ζεύγος που αναπτύσσεται παραμένει σταθερό ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής, εφόσον δεν μεταβληθεί η ποσότητα του ατμού ή του πετρελαίου που παρέχεται ανά στροφή του άξονα της μηχανής. Ο στρόβιλος και ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι βασικά μηχανή σταθεράς ιπποδύναμης, δηλαδή αν ο ατμός και το ρεύμα παραμένουν σταθερά, το ζεύγος στον ελικοφόρο άξονα αυξάνει, όταν μειωθούν οι στροφές από εξωτερικά αίτια.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα ότι, όταν υπερφορτωθεί η έλικα ενός πλοίου, π.χ. λόγω αύξησης του βυθίσματος, λόγω ρύπανσης γάστρας ή λόγω αντίθετου ανέμου κλπ., η απώλεια ταχύτητας σε στροβιλοκίνητα ή ηλεκτροκίνητα πλοία θα είναι περίπου κατά το 1/3 μικρότερη από αντίστοιχα πλοία που κινούνται με Diesel ή με παλινδρομικές μηχανές, γιατί σ' αυτά η μείωση στροφών θα έχει ως αποτέλεσμα την αναλογική μείωση της ιπποδύναμης. Συγχρόνως όμως οι τάσεις στον ελικοφόρο άξονα και έλικα σε στροβιλοκίνητα ή ηλεκτροκίνητα πλοία αυξάνονται λόγω αύξησης του ζεύγους στρέψης και γι' αυτό οι Νηογνώμονες ζητούν μεγαλύτερες διαστάσεις αξόνων και ελίκων για τα πλοία αυτά.

12

Η έλικα

12.1 Τύποι προωθητήρων

Από τότε που επιτεύχθηκε η μηχανική πρόωση των πλοίων, αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ώση προς κίνηση των πλοίων. Οι πρώτες εφαρμογές της μηχανικής πρόωσης ανάγονται στις αρχές του 19ου αιώνα. Γύρω στο 1801 εμφανίστηκε το πρώτο πλοίο, στο οποίο δινόταν κίνηση με τροχούς, ενώ το 1804 έγινε στη Νέα Υόρκη πειραματική εφαρμογή κίνησης με έλικα. Η έλικα βρήκε εμπορική εφαρμογή από το 1836.

Από τα διάφορα συστήματα άλλα εγκαταλείφθηκαν, ενώ άλλα εξελίχθηκαν και χρησιμοποιούνται και σήμερα. Τα συστήματα πρόωσης διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1) ***Έλικες.***

Τα είδη των ελίκων είναι τα ακόλουθα:

α) Έλικες σταθερού βήματος.

β) Έλικες ρυθμιζόμενου βήματος.

γ) Έλικες που λειτουργούν μέσα σε σήραγγα ή δακτυλίους.

2) ***Τροχοί με σταθερά*** ή *μη* ***πτερύγια,*** εγκαταστημένοι κοντά στην πρύμνη ή κοντά στο μέσο και εκατέρωθεν του πλοίου.

3) ***Προωστήρες προβολής.***

Τα βασικά είδη των προωστήρων προβολής είναι:

α) Προβολής νερού με ακροφύσιο κάτω ή επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και

β) προβολής αερίων από αεριοστρόβιλο (Turbojet).

4) ***Προωστήρες κατακόρυφου άξονα*** όπως ο προωστήρας Voith - Schneider και ο Kirsten - Boeing, που αποκαλούνται μερικές φορές και έλικες ***κατακόρυφου άξονα***.

Σε γενικές γραμμές τα παραπάνω συστήματα πρόωσης πλοίων έχουν ως βάση τους νόμους της μηχανικής του Νεύτωνα. Έτσι, για τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος απαιτείται η δράση μίας δύναμης, ενώ σε κάθε δύναμη που δρα αντιστοιχεί μία ίση και αντίθετη δύναμη ως αντίδραση.

Εφαρμογή θερμικής μηχανής αλλά και των θεωρημάτων του Νεύτωνα αποτελεί η σφαίρα του Ήρωνα (120 π.Χ.) η οποία περιστρέφεται λόγω εκροής του ατμού που παράγεται από τη θέρμανση, από τα στόμια (σχ. 12.1).

Στα συστήματα πρόωσης των πλοίων δημιουργείται ώση (δύναμη πρόωσης) με την επιτάχυνση του υγρού, μέσα στο οποίο λειτουργεί ο μηχανισμός πρόωσης,

Σχ. 12.1

κατά διεύθυνση αντίθετη της ώσης που δημιουργείται. Αυτό είναι ιδιαίτερα φανερό στις περιπτώσεις πρόωσης με προβολή νερού. Στην πρόωση με έλικα, μέρος μόνο της ώσης προέρχεται από επιτάχυνση του υγρού προς τα πίσω, ενώ το υπόλοιπο προέρχεται από πίεση του υγρού επάνω στις πτέρυγες της έλικας που κινείται μέσα στο υγρό.

12.2 Η έλικα

Το πιο συνηθισμένο και πετυχημένο σύστημα πρόωσης είναι η έλικα που θα περιγραφεί λεπτομερώς παρακάτω. Η έλικα έχει δύο ως επτά πτερύγια, τα οποία προεξέχουν από κολουροκωνικό σώμα, που καλείται ***πλήμνη.*** Η πλήμνη συνδέεται με εφαρμογή και σφήνωση προς το κωνικό του ελικοφόρου άξονα.

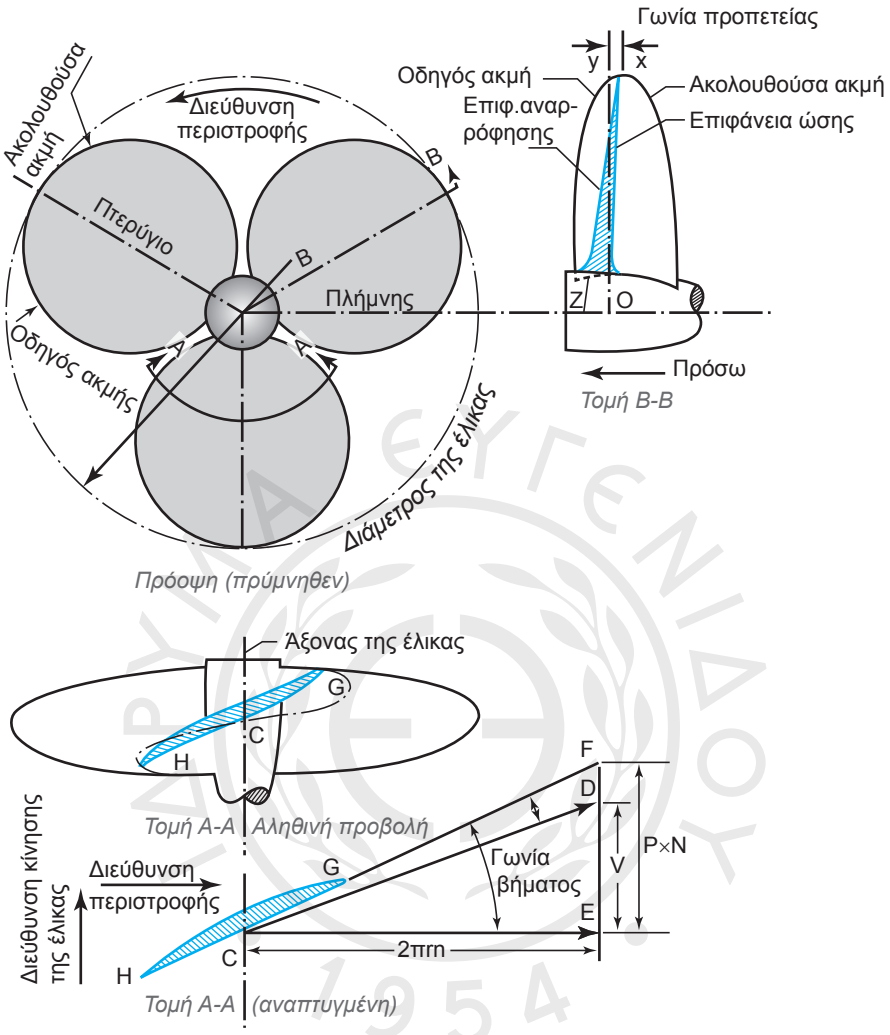
Τα πτερύγια των ελίκων σταθερού βήματος μπορούν να αποτελούν συνεχές και ενιαίο σώμα με την πλήμνη ή μπορεί να συνδέονται με αυτή με περιαυχένιο και κοχλίες, ώστε να μπορούν να αφαιρούνται και να αντικαθίστανται σε περίπτωση μερικής βλάβης. Οι ***έλικες ρυθμιζόμενου βήματος*** είναι εφοδιασμένες με μηχανισμό μεταβολής της κλίσης, που επιτρέπει στροφή των πτερυγίων επάνω στην πλήμνη της έλικας.

Οι παρακάτω ορισμοί αναφέρονται στην έλικα τριών πτερυγίων, που φαίνεται στο σχήμα 12.2.

Δεξιόστροφη είναι η έλικα, η οποία όταν κινεί το πλοίο προς τα μπρος στρέφεται κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού για παρατηρητή που παρακολουθεί την περιστροφή πρύμνηθεν της έλικας.

Αριστερόστροφη είναι η έλικα, η οποία όταν κινεί το πλοίο προς τα μπρος στρέφεται αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού για παρατηρητή που παρακολουθεί την περιστροφή πρύμνηθεν της έλικας.

Επιφάνεια ώσης (pressure face) είναι η πρυμναία επιφάνεια των πτερυγίων,



Σχ. 12.2
Γεωμετρία της έλικας.

η οποία δέχεται και δημιουργεί τις δυνάμεις ώσης, όταν το πλοίο κινείται προς τα μπρος.

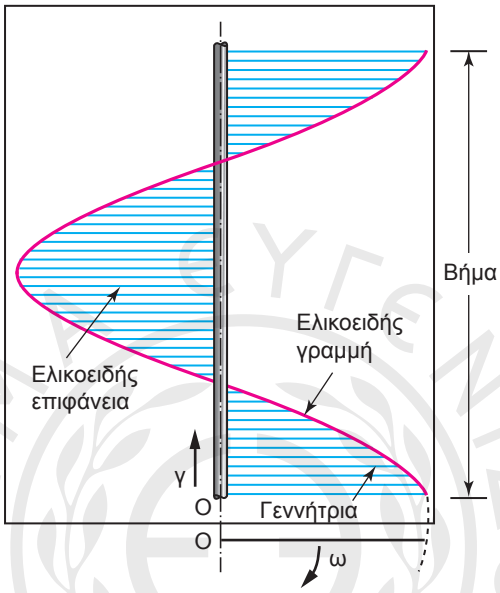
Οδηγός ακμή (leading edge) είναι η ακμή του πτερυγίου, η οποία τέμνει πρώτη το νερό, όταν η έλικα κινεί το πλοίο προς τα μπρος.

Ακολουθούσα ακμή (following edge) είναι η άλλη από τις δύο ακμές του πτερυγίου.

Διάμετρος έλικας είναι η διάμετρος του κύκλου, τον οποίο διαγράφει το πιο απομακρυσμένο από τον άξονα περιστροφής σημείο των άκρων του πτερυγίου.

Ρίζα είναι το ίχνος σύνδεσης του πτερυγίου με την πλήμνη σε έλικα ενιαίου σώματος.

Ελικοειδής επιφάνεια είναι η επιφάνεια που παράγεται από ευθύγραμμο τμήμα (γεννήτρια), του οποίου το ένα άκρο κινείται ισοταχώς κατά μήκος άξονα, η δε γεννήτρια σχηματίζουσα σταθερή γωνία με τον άξονα περιστρέφεται ισοταχώς. Η εικόνα απλοποιείται, αν η γεννήτρια είναι κάθετη προς τον άξονα (σχ. 12.3).



Σχ. 12.3

Το ***βήμα*** ενός οποιουδήποτε σημείου του πτερυγίου είναι η κατά τη διεύθυνση του άξονα συνιστώσα της μετακίνησης αυτού για περιστροφή της γεννήτριας στην οποία βρίσκεται κατά 360° (πλήρης περιστροφή).

Όταν η επιφάνεια ώσης ενός πτερυγίου είναι πραγματική ελικοειδής επιφάνεια, όλα τα σημεία της έχουν το ίδιο βήμα και η έλικα ονομάζεται έλικα ***ομοιόμορφου βήματος.*** Στο σχήμα 12.2 όλα τα σημεία της τομής του πτερυγίου που αναπτύχθηκε έχουν το ίδιο βήμα όπως το σημείο C, επίσης το ίδιο βήμα έχουν και όλα τα σημεία της επιφάνειας ενός πτερυγίου έλικας ομοιόμορφου βήματος.

Συνήθως οι έλικες σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με ***μεταβλητό βήμα.*** Στην περίπτωση αυτή η επιφάνεια ώσης δεν είναι πραγματική ελικοειδής επιφάνεια και το βήμα μεταβάλλεται ομαλά από τη ρίζα προς τα άκρα των πτερυγίων και από την οδηγό προς την ακολουθούσα ακμή.

12.3 Ώση και ολίσθηση

Παράδειγμα προχώρησης με περιστροφή αποτελεί ο κοινός κοχλίας που κινείται μέσα σε σταθερό περικόχλιο. Εντούτοις στην περίπτωση της έλικας (και του πλοίου) η αξονική προχώρησή της σε μία περιστροφή δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να είναι ίση με το βήμα της· επομένως η ταχύτητα του πλοίου είναι πάντοτε

μικρότερη από τη θεωρητική ταχύτητα της έλικας, δηλαδή εκείνης, η οποία θα επιτυγχάνονταν, αν η έλικα προχωρούσε σε κάθε στροφή απόσταση ίση με το βήμα της. Η παραπάνω διαφορά ταχύτητας που περιγράψαμε ονομάζεται ***ολίσθηση*** και ορίζεται ως ***φαινόμενη ολίσθηση*** σε αντίθεση με την ***πραγματική ολίσθηση,*** για την οποία θα γίνει λόγος παρακάτω.

Συντελεστής φαινόμενης ολίσθησης S_0 ονομάζεται ο λόγος:

$$S_0 = \frac{(P \times N) - V}{P \times N}$$

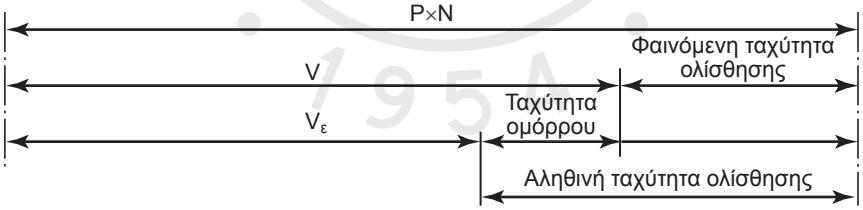
όπου: **P** είναι το βήμα της έλικας,
N οι στροφές ανά λεπτό και
V η απόλυτη ταχύτητα του πλοίου (σε σχέση με την ξηρά).

Η πραγματική ολίσθηση της έλικας είναι διαφορετική, γιατί το υγρό (νερό) στην περιοχή της έλικας, λόγω του ομόρρου στην περιοχή της πρύμνης δεν βρίσκεται σε ακινησία, αλλά κινείται συνήθως με διεύθυνση τη διεύθυνση της κίνησης του πλοίου.

Αν V_ε είναι η ταχύτητα της έλικας σε σχέση με το νερό που την περιβάλλει, ο συντελεστής πραγματικής ολίσθησης S_T δίνεται από τον λόγο:

$$S_T = \frac{(P \times N) - V_\varepsilon}{P \times N}$$

Η ταχύτητα V_ε είναι μικρότερη από τη V και επομένως ο συντελεστής πραγματικής ολίσθησης είναι μεγαλύτερος από τον συντελεστή της φαινόμενης. Η σχέση των παραπάνω μεγεθών φαίνεται στο σχήμα 12.4.



Σχ. 12.4
Σχέση ταχυτήτων στην περιοχή έλικας

Η δύναμη που παράγεται από την έλικα, η οποία υπερνικά τις αντιστάσεις πρόωσης, ονομάζεται ***ώση έλικας.*** Μέρος της ώσης είναι αποτέλεσμα της μεταβολής της ποσότητας κίνησης του νερού κατά το πέρασμά του από τον δίσκο της έλικας ή πιο απλά η προωστήρια δύναμη παράγεται από το νερό που προβάλλει η έλικα προς την πρύμνα. Με όμοιο τρόπο προκαλείται ώση από το νερό που εκτοξεύεται με πίεση από το ακροφύσιο οθονίνου σωλήνα, από τους αεριοπροωθητήρες (Jet) κ.λπ.

Λειτουργία και υπολογισμός έλικας

Χαρακτηριστικά στοιχεία της λειτουργίας μιας έλικας είναι η ώση T την οποία εξασκεί στο νερό και αφού τη δεχτεί εξ αντίδρασης από το νερό, τη μεταβιβάζει στο σκάφος μέσω του άξονα και του ωστικού τριβέα και η ροπή στρέψης Q, την οποία δέχεται, ενώ στρέφεται από την προωστήρια μηχανή μέσω του άξονα.

Η ιπποδύναμη ώσης επομένως θα είναι:

$$T.H.P = \frac{T \times V_\varepsilon \times 6080}{550 \times 3600} = \frac{T \times V_\varepsilon \times 101 \times 33}{33.000} \text{ (Thrust Horse Power)}$$

όπου: $\mathbf{V_\varepsilon}$ η προαναφερθείσα ταχύτητα με την οποία προωθείται η έλικα μέσα στο νερό που την περιβάλλει, η οποία είναι μικρότερη από την ταχύτητα του πλοίου λόγω του ομόρρου.

Η ισχύς που έχει απορροφηθεί από την έλικα είναι:

$$D.H.P = \frac{2\pi \times NQ}{33.000} \text{ (Delivered Horse Power)}$$

όπου: **N** οι στροφές ανά λεπτό (rpm) της έλικας. Αυτή συμπίπτει με την ιπποδύναμη της έλικας P.H.P. (βλ. κεφ. 10).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, επομένως, ο πραγματικός συντελεστής απόδοσης της έλικας είναι:

$$\eta_{prop} = \frac{T.H.P.}{D.H.P.}$$

Ο συντελεστής πρόωσης δόθηκε στο κεφάλαιο 10:

$$\eta = \frac{EHP}{SHP} = \frac{EHP}{DHP} \times \frac{DHP}{SHP}$$

Εισάγοντας τώρα την ιπποδύναμη ώσης T.H.P:

$$\eta = \frac{EHP}{SHP} = \frac{EHP}{THP} \times \frac{THP}{DHP} \times \frac{DHP}{SHP} = \frac{EHP}{THP} \times \eta_{prop} \times \frac{DHP}{SHP}$$

Ο λόγος DHP/SHP είναι ο συντελεστής μετάδοσης της κίνησης (βλ. κεφ. 10), ο δε λόγος EHP/THP καλείται «Απόδοση Σκάφους» (hull efficiency) και εμφανίζεται γιατί τόσο η ώση της έλικας T διαφέρει από την αντίσταση πρόωσης όσο και η ταχύτητα V_e πρόωσης της έλικας μέσα στο νερό που την περιβάλλει διαφέρει από την ταχύτητα πρόωσης V του πλοίου (όπως αναφέρθηκε προηγουμένως).

Έτσι, συγκρίνοντας τους τύπους που αναφέραμε προηγουμένως προκύπτει:

$$\frac{EHP}{THP} = \frac{R_\varepsilon \times V}{T - V_\varepsilon}$$

Η V_ε δίνεται ως ποσοστό της V:

$$V_\varepsilon = (1 \times w)\, V$$

Εξάλλου η έλικα αναρροφώντας το νερό που βρίσκεται μπροστά της δημιουργεί ροή νερού προς τα πίσω, η οποία προκαλεί μία υποπίεση του νερού στη γάστρα, στην περιοχή της πρύμνης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την επαύξηση της αντίστασης R_t. Η ώση T της έλικας επομένως, επειδή πρέπει να καλύπτει

και την επαύξηση αυτή, είναι προφανώς μεγαλύτερη από την R_t και δίνεται ως κλάσμα της R_t (μεγαλύτερο της μονάδας).

$$T = \frac{R_t}{1 - t}$$

Η απόδοση της γάστρας είναι επομένως:

$$\frac{EHP}{THP} = \frac{1 \times t}{1 - w}$$

και είναι συνήθως κατά τι μεγαλύτερη από τη μονάδα.

Ώστε τελικά:

$$= \frac{EHP}{SHP} = \frac{1 - t}{1 - w} \times n_{prop} \times \frac{DHP}{SHP}$$

Γνωρίζοντας την τιμή του συντελεστή πρόωσης η μπορούμε να υπολογίσουμε την αναγκαία ιπποδύναμη του άξονα της προωστήριας μηχανής, με βάση την υπολογισθείσα ιπποδύναμη ρυμούλκησης (κεφ. 10).

Τα t, w δίνονται συνήθως από πίνακες, καθώς και ο συντελεστής μεταδόσης κινήσεων DHP/SHP.

Για την εύρεση του n_{prop} καθώς και τον υπολογισμό των στοιχείων της έλικας, διάμετρο, βήμα κ.λπ., εκτός από άλλες μεθόδους μεγαλύτερης ή μικρότερης ακρίβειας, χρησιμοποιούνται επίσης μέθοδοι «Προτύπων Σειρών Δοκιμών Ελίκων» (Standard Propeller Series Tests), όπως και για τον υπολογισμό της ιπποδύναμης ρυμούλκησης.

Εκτός από αυτές χρησιμοποιείται και μέθοδος που βασίζεται στην αρχή της κυκλοφορίας (circulation), η οποία αρχικά αναπτύχθηκε από τη θεωρία της πτέρυγας (wing theory), βρήκε δε χρήσιμη εφαρμογή στις έλικες. Αντίθετα με τις προηγούμενες μεθόδους, αυτή βασίζεται στις θεμελιώδεις αρχές της μηχανικής και επιτρέπει βαθύτερη διερεύνηση του θέματος της πρόωσης με έλικα.

Παράδειγμα

Έλικα διαμέτρου D = 5,33 m έχει λόγο:

$$\frac{\text{Βήμα}}{\text{Διάμετρος}} = \frac{P}{D} = 1,15$$

Για στροφές της έλικας N = 95 στρ/min, η ταχύτητα του πλοίου είναι 17,5 knots.

1) Να βρεθεί ο συντελεστής φαινόμενης ολίσθησης S_0 και ο συντελεστής πραγματικής ολίσθησης S_T για ταχύτητα ομόρρου 4,82 knots.

Λύση

1) Για D = 5,33 m και λόγο $\frac{\text{Βήμα}}{\text{Διάμετρος}} = \frac{P}{D} = 1,15$ προκύπτει το βήμα της έλικας

$$P = D \times 1,15 = 5,33 \times 1,15 = 6,13 \text{ m}$$

Στη σχέση

$$S_o = \frac{P \times N - V_\varepsilon}{P \times N}$$

αντικαθιστούμε τα μεγέθη, ώστε P (m), N (στρ/s), V (m/s)

$$N = 95 \text{ στρ/min} = \frac{95}{60} = 1{,}58 \text{ στρ/s}$$

$$V = 17{,}5 \text{ knots} = 17{,}5 \times 0{,}5144 = 9{,}0 \text{ m/s}$$

$$P = 6{,}13 \text{ m}$$

Έτσι: $S_0 = \frac{6{,}13 \times 1{,}58 - 9}{6{,}13 \times 1{,}58} = 0{,}07 = 7\%$

2) Για ταχύτητα ομόρρου $V_{ομορ} = 4{,}82$ knots, προκύπτει:

$$V_\varepsilon = V - V_{ομορ} = 17{,}5 - 4{,}82 = 12{,}68 \text{ knots} = 12{,}68 \times 0{,}5144 = 6{,}52 \text{ m/s}.$$

Έτσι: $S_T = \frac{P \times N - V_\varepsilon}{P \times N} = \frac{6{,}13 \times 1{,}58 - 6{,}52}{6{,}13 \times 1{,}58} = 0{,}326 = 32{,}6\%$

Δηλαδή, ενώ $S_0 = 7\%$, $S_T = 32{,}6\%$.

Πρέπει να τονισθεί ότι το μέγεθος S_0 δεν έχει καμιά πρακτική σημασία σε αντίθεση με το S_T, γιατί πάντοτε η ταχύτητα ομόρρου είναι διαφορετική από το μηδέν.

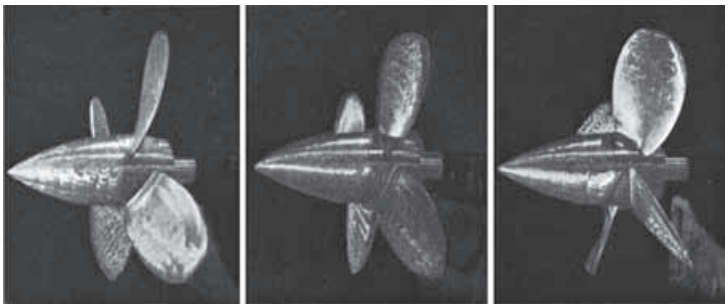
12.4 Έλικες ρυθμιζόμενου βήματος

Σε μερικές προωστήριες εγκαταστάσεις, υπάρχει δυσχέρεια αναστροφής του ελικοφόρου άξονα (π.χ. σε εγκαταστάσεις αεριοστροβίλων) και οι μηχανισμοί αναστροφής είναι δαπανηροί και αργής αντίδρασης. Επίσης η έλικα σταθερού βήματος έχει μέγιστη απόδοση σε ορισμένο αριθμό στροφών, ενώ είναι μερικές φορές επιθυμητό η έλικα να αποδίδει σε μεγαλύτερο εύρος στροφών, π.χ. στα ρυμουλκά, στα αλιευτικά κ.λπ. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται έλικα ρυθμιζόμενου βήματος. Αυτή είναι εφοδιασμένη συνήθως με τρία ή τέσσερα πτερύγια, τα οποία μπορούν να περιστρέφονται συγχρόνως έτσι, ώστε να μεταβάλλεται το βήμα. Το εύρος μεταβολής του βήματος περιλαμβάνει δυνατότητα κίνησης του πλοίου από πρόσω ολοταχώς ως ανάποδα ολοταχώς, ενώ ο ελικοφόρος άξονας εξακολουθεί να στρέφεται πάντοτε κατά την ίδια φορά.

Ο μηχανισμός μεταβολής βήματος μεταδίδει τη σχετική κίνηση υδραυλικά από τη γέφυρα ή μέσω αρθρωτών συνδέσεων μέσα στο κοίλο του ελικοφόρου άξονα και με σύστημα οδοντωτών τροχών μέσα στην πλήμνη στα πτερύγια. Το σχήμα 12.5 απεικονίζει έλικα ρυθμιζόμενου βήματος στις τρεις βασικές λειτουργίες.

Το σχήμα 12.6 εικονίζεται ο μηχανισμός μεταβολής βήματος έλικας του οίκου Kamewa. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί ως εξής:

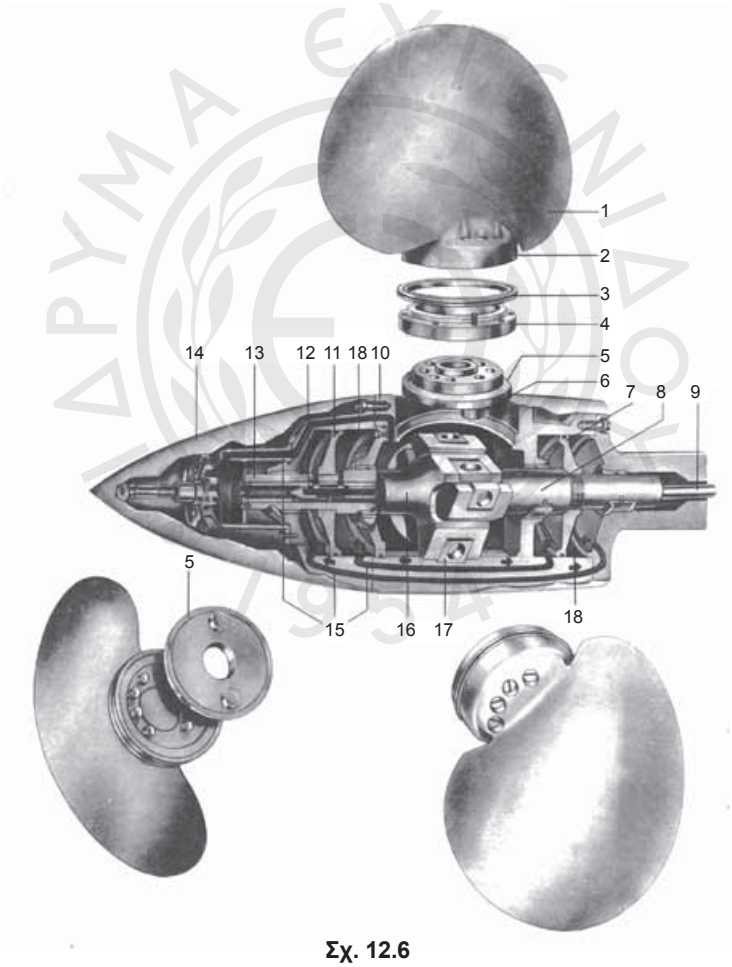
Μέσα στην πλήμνη υπάρχουν ένας ή δύο κύλινδροι (18) με έμβολο (7 και 11) και βάκτρο (8 και 16). Το έμβολο κινείται από την επενέργεια της διαφοράς πίεσης λαδιού στις δύο όψεις του. Η ροή του λαδιού προς τον κύλινδρο ελέγχεται από μία ρυθμιστική βαλβίδα (12).



(α) (β) (γ)

Σχ. 12.5

Φωτογραφία τριών θέσεων έλικας Kameva.
α) Θέση πρόσω ολοταχώς. β) Ουδέτερη θέση. γ) Θέση ανάποδα ολοταχώς



Σχ. 12.6

Έλικα Kameva. (1) Πτερύγιο. (2) Περιαυχένιο πτερυγίου. (3) Δακτύλιος στεγανότητας. (4) Δακτύλιος τριβής. (5) Δακτύλιος με δύο πείρους. (6) Πείρος. (7) Πρωραίο έμβολο. (8) Πρωραίο βάκτρο. (9) Βάκτρο βαλβίδας. (10) Κυρίως πλήμνη. (11) Πρυμναίο έμβολο. (12) Ρυθμιστική βαλβίδα. (13) Έμβολο αντισταθμιστικού κυλίνδρου. (14) Κώνος πλήμνης. (15) Αγωγοί επικοινωνίας. (16) Πρυμναίο βάκτρο με σταυρό. (17) Ολισθαίνον πέδιλο με υποδοχή πείρου. (18) Κύλινδροι

Το σχήμα 12.6 δείχνει την παραπάνω βαλβίδα σε ουδέτερη θέση σε σχέση με τις θυρίδες. Αν η βαλβίδα κινηθεί προς την πρύμνη, οι θυρίδες επιτρέπουν στο λάδι να επενεργήσει στην πρωραία όψη του εμβόλου και να προκαλέσει έτσι, κίνηση του εμβόλου προς την πρύμνη, μέχρις ότου οι θυρίδες να βρεθούν πάλι σε ουδέτερη θέση. Αντίθετα, αν η βαλβίδα κινηθεί προς την πρώρα, το έμβολο θα κινηθεί με όμοιο τρόπο.

Όταν κινείται το έμβολο, παρασύρεται το βάκτρο του εμβόλου μαζί με το ολισθαίνον πέδιλο (17) στον σταυρό (κεφαλή). Μέσα σε κατάλληλη υποδοχή, σε κάθε πέδιλο (17) εφαρμόζει πείρος (6), που συνδέεται με τον δακτύλιο (5), ο οποίος παρασύρει το πτερύγιο σε περιστροφή.

Από τα υπόλοιπα προωστήρια συστήματα αξίζει να αναφερθεί ο προωστήρας κατακόρυφου άξονα. Τα δύο εν χρήσει συστήματα Voith - Schneider, Kirsten - Boeing διαφέρουν μόνον ως προς τις λεπτομέρειες.

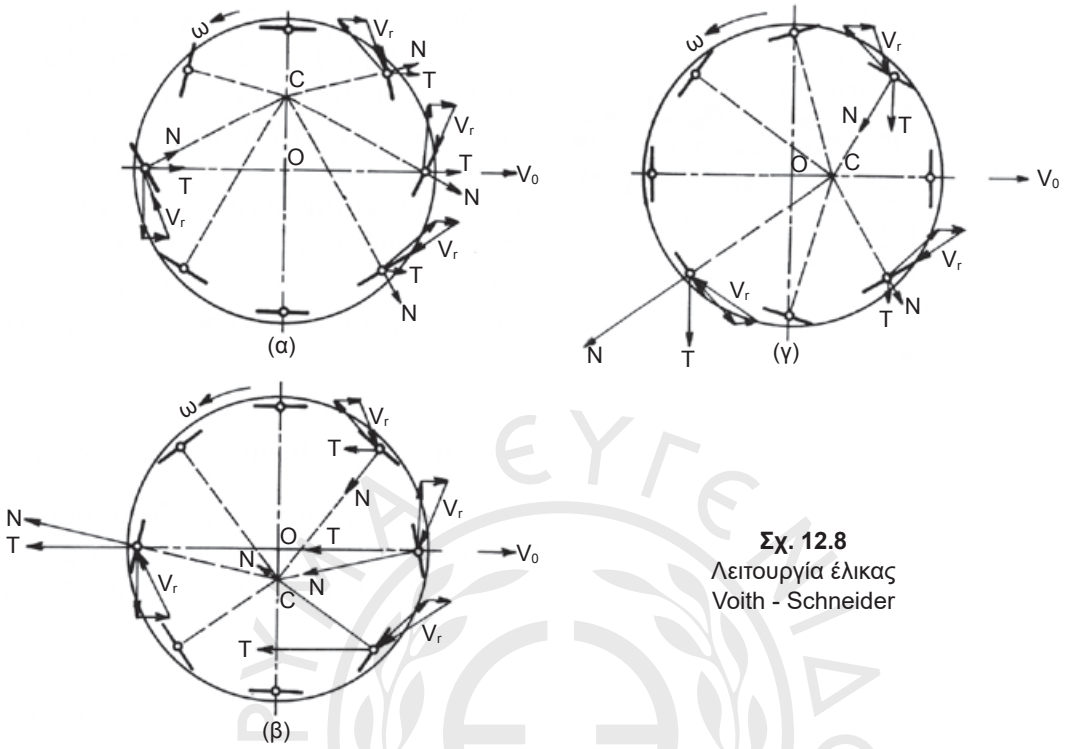
Στο σχήμα 12.7 φαίνεται έλικα Voith - Schneider που αποτελείται από 5 πτερύγια, τα οποία εξέχουν από κυκλικό οριζόντιο δίσκο. Στο σχήμα 12.8 φαίνεται σε σκαρίφημα η λειτουργία του προωθητήρα Voith - Schneider.

Ο δίσκος περιστρέφεται κατά τη φορά που δείχνεται με γωνιακή ταχύτητα ω. Τα πτερύγια περιστρέφονται περί τον κατακόρυφο άξονά τους κατά μία περιστροφή για κάθε στροφή του δίσκου. Το C είναι σημείο, προς το οποίο συνδέονται τα πτερύγια με αρθρωτά μέλη και το οποίο μπορεί να κινηθεί σε διάφορες θέσεις με μηχανισμό.

Η διάταξη των πτερυγίων στο σχήμα 12.8(α) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συνισταμένης ωστικής δύναμης κατά τη διεύθυνση κίνησης του πλοίου V_0. Σε μερικά πτερύγια έχουν χαραχθεί τα τρίγωνα ταχυτήτων και φαίνονται οι κάθετες στα πτερύγια δυνάμεις N, καθώς και οι συνιστώσες της ώσης T.

Στο σχήμα 12.8(β) η ταχύτητα του πλοίου V_0 και η ταχύτητα περιστροφής του

Σχ. 12.7
Έλικας Voith - Schneider



Σχ. 12.8
Λειτουργία έλικας
Voith - Schneider

δίσκου παρέμειναν αμετάβλητες, πλην όμως έχει μεταβληθεί η θέση του σημείου C και η σχετική διάταξη των πτερυγίων. Αποτέλεσμα είναι ότι η συνισταμένη των ώσεων ενεργεί αντίθετα προς τη διεύθυνση κινήσης του πλοίου.

Στο σχήμα 12.8(γ) έχει μεταβληθεί πάλι η θέση του C. Η συνισταμένη των ώσεων ενεργεί κάθετα προς τη διεύθυνση κίνησης του πλοίου. Ο προωθητήρας αυτός εξουδετερώνει την ανάγκη εγκατάστασης πηδαλίου και συστήματος αναστροφής της κύριας μηχανής.

Η απόδοση είναι μικρότερη από την απόδοση της έλικας, εντούτοις όμως λόγω των πλεονεκτημάτων της ευκινησίας του πλοίου οι προωστήρες κατακόρυφου άξονα (Voith - Schneider) χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει περιορισμένος χώρος και απαιτείται ιδιαίτερη ευελιξία του πλοίου (πλοιάρια λιμανιών, ρυμουλκά λιμανιών κ.λπ.).

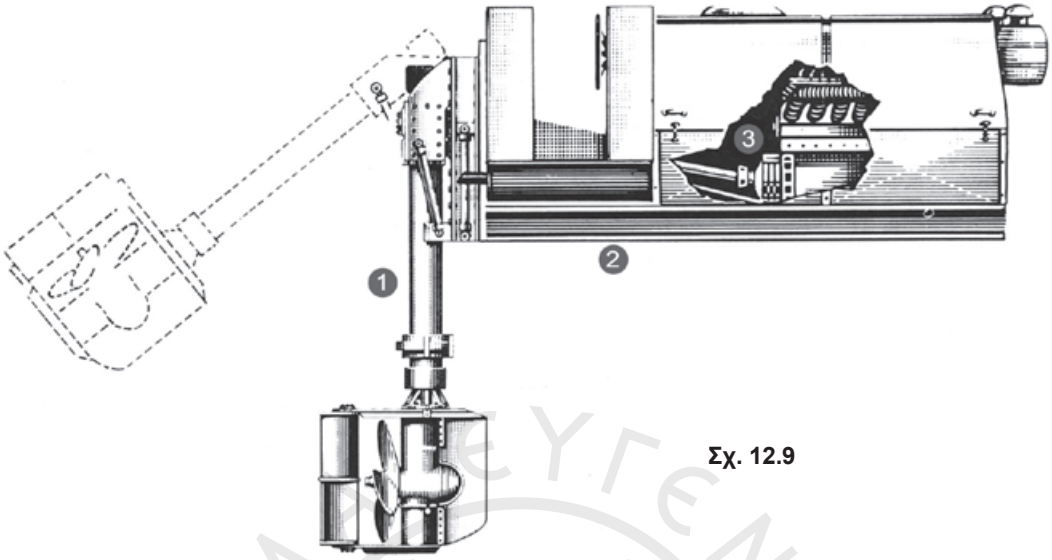
– Σύνθετα συστήματα πρόωσης - πηδαλιούχησης (Rudder - Propeller)

Τα τελευταία χρόνια εφαρμόστηκε σύνθετο σύστημα πρόωσης - πηδαλιούχησης, (σχ. 12.9) και το οποίο αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

1) Προωστήρια μηχανή, συνήθως Diesel, που τοποθετείται ακόμα και επάνω στο κατάστρωμα.

2) Ελαστικό και εύκαμπτο σύνδεσμο (flexible coupling and universal joint).

3) Μειωτήρα με έλικα, που μπορεί να περιστραφεί περί κατακόρυφο άξονα και με δυνατότητα όχι μόνο πηδαλιούχησης του πλοίου αλλά και αναπόδησής του.



Σχ. 12.9

Χαρακτηριστικά του παραπάνω συστήματος, το οποίο χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις και σε μικρά πλοία, είναι τα εξής:

1) Απαιτείται λίγος χώρος για την εγκατάστασή του.

2) Εγκαθίσταται εύκολα στο σκάφος.

3) Συνήθως οι χειρισμοί εκτελούνται από τη γέφυρα και το σύστημα μετάδοσης είναι απλό (Remote Control).

4) Το βάθος λειτουργίας της έλικας είναι ρυθμιζόμενο (σχ. 12.10) και κατά συνέπεια η έλικα μπορεί να λειτουργεί στην περιοχή βέλτιστης απόδοσης, για οποιοδήποτε βύθισμα του σκάφους.

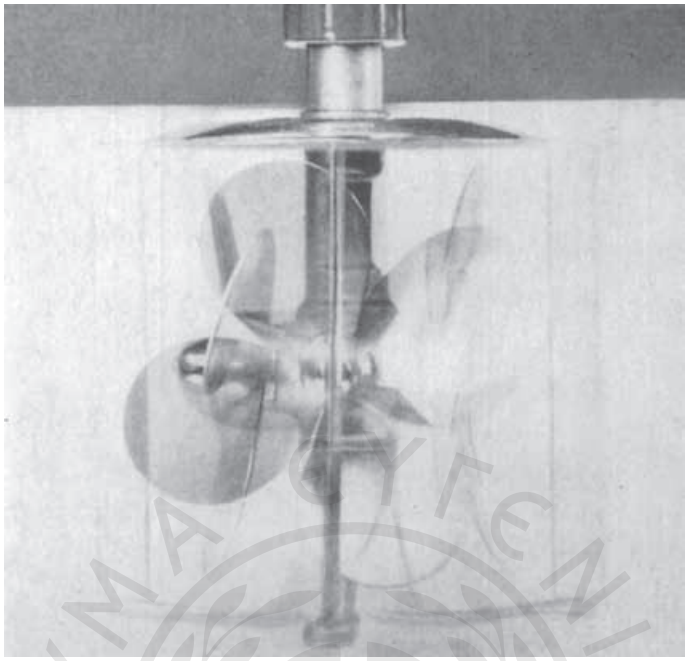
5) Το σύστημα της έλικας είναι δυνατό να ανυψώνεται από τη θάλασσα (σχ. 12.9). Αυτό έχει ως συνέπεια την εύκολη συντήρηση και επισκευή της έλικας χωρίς δεξαμενισμό του πλοίου. Ομοίως μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα η έλικα.

6) Η έλικα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπόδιση, με στροφή της (σχ. 12.10) κατά 180°, περί τον κατακόρυφο άξονα κι αυτό μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα. Προφανώς λοιπόν για το ανάποδα δεν απαιτείται αναστροφέας κίνησης.

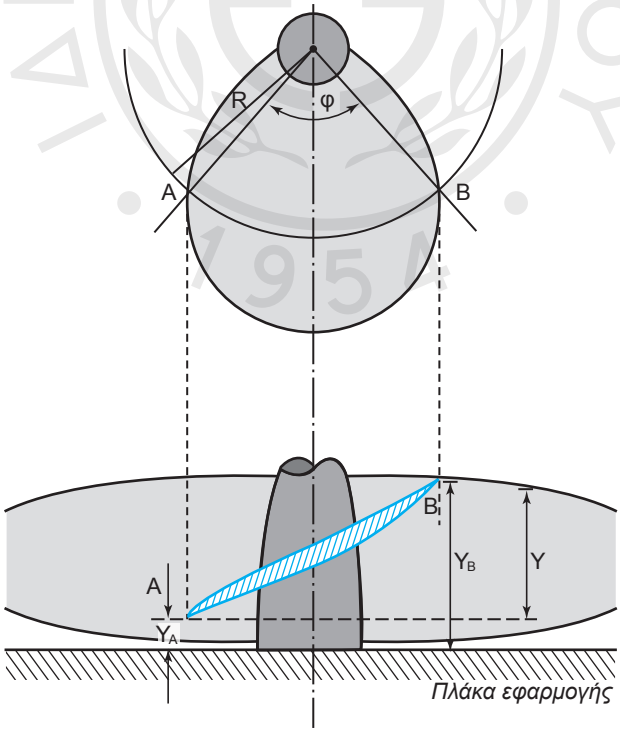
Ως συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι ο συνδυασμός ρύθμισης του βάθους λειτουργίας και της στροφής της έλικας κατά 360° δίνει σ' αυτήν τη δυνατότητα να αναπτύξει τη ***μέγιστη ώση*** σε κάθε θέση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκτέλεση χειρισμών γρήγορα και εύκολα.

12.5 Μέτρηση του βήματος της έλικας

Η ακριβής μέτρηση του βήματος της έλικας σε οποιαδήποτε ακτίνα του πτερυγίου είναι δυνατή με βηματόμετρο ή επάνω σε πλάκα εφαρμογής. Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι για τον κατά προσέγγιση υπολογισμό του βήματος της έλικας, που βασίζονται στις ίδιες αρχές με τον υπολογισμό επάνω σε πλάκα εφαρμογής, που αναπτύσσεται παρακάτω (σχ. 12.11).



Σχ. 12.10



Σχ. 12.11
Μέτρηση βήματος

Σε μία τυχαία ακτίνα R μετριέται το ύψος Y_B και Y_A των σημείων Α και Β των άκρων του πτερυγίου που βρίσκονται επάνω στην περιφέρεια ακτίνας R.

Η διαφορά $Y = Y_B - Y_A$ είναι το ***μερικό βήμα,*** το οποίο αντιστοιχεί στη γωνία Φ ή στο τόξο ΑΒ.

Εφόσον το βήμα κατά μήκος της ακτίνας είναι σταθερό, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\frac{P}{360^o} = \frac{Y}{\varphi^o} \qquad \text{ή} \qquad \frac{P}{2\pi R} = \frac{Y}{\overset{\frown}{AB}}$$

όπου: **P** είναι το βήμα στην ακτίνα R από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει:

$$P = Y \times \frac{360^o}{\varphi^o} \qquad \text{ή} \qquad P = Y \times \frac{2\pi P}{\overset{\frown}{AB}}$$

Η μέτρηση των μεγεθών Y_A, Y_B, φ, R και $\overset{\frown}{AB}$ είναι απλή. Συνήθως επάνω στην πλάκα εφαρμογής τοποθετείται ένα κομμάτι χαρτιού σχεδίασης με χαραγμένους ομόκεντρους κύκλους. Η έλικα τοποθετείται ομόκεντρα προς τους παραπάνω κύκλους και σε επιλεγόμενες ακτίνες προβάλλονται επάνω στο χαρτί χρησιμοποιώντας δύο ορθογώνια τρίγωνα (ή με άλλο τρόπο) τα σημεία Α και Β και μετριούνται τα ύψη Y_A και Y_B. Μετά την αφαίρεση του χαρτιού από την πλάκα της έλικας είναι εύκολη η μέτρηση των γωνιών φ ή και των τόξων ΑΒ.

Όταν η έλικα είναι σταθερού βήματος, το βήμα που προκύπτει σε όλα τα πτερύγια και σε όλες τις ακτίνες που επιλέχτηκαν είναι το ίδιο με μικρή διακύμανση ανάλογη με την ακρίβεια κατασκευής. Όταν το βήμα είναι μεταβλητό, με τον παραπάνω τρόπο μετριέται το μέσο κατά περιφέρεια βήμα στις ακτίνες που επιλέχτηκαν για μέτρηση.

12.6 Κατασκευαστικά στοιχεία ελίκων

Οι έλικες έχουν συνήθως τρία ή τέσσερα πτερύγια, τα οποία χυτεύονται σε ένα σώμα με την πλήμνη ή συνδέονται με αυτήν με περιαυχένια και κοχλίες (βλ. § 12.2). Οι έλικες με συνδεδεμένα πτερύγια επισκευάζονται ευκολότερα αντικαθιστώντας τα πτερύγια που έπαθαν βλάβη, έχουν όμως μεγαλύτερο αρχικό κόστος, μεγαλύτερο βάρος και μικρότερη απόδοση από τις ολόσωμες έλικες.

Ως υλικό κατασκευής των ελίκων χρησιμοποιείται κυρίως ο μαγγανιούχος ορείχαλκος, ο χυτοχάλυβας και ο νικελοχάλυβας. Από τα υλικά αυτά, παρά το αυξημένο κόστος υπερέχει ο μαγγανιούχος μπρούντζος, ο οποίος έχει καλές μηχανικές ιδιότητες, άριστη αντοχή στις διαβρώσεις, επιδέχεται καλή λείανση επιφάνειας και χρησιμοποιείται για άριστη απόδοση.

Αν D είναι η διάμετρος της έλικας, η διάμετρος της πλήμνης είναι περίπου 0,15 D ως 0,23 D, ενώ ο λόγος:

$$\frac{\text{Βήμα}}{\text{Διάμετρος}} = \frac{P}{D}$$

παίρνει τιμές από 0,6 ως 2,0. Συνηθισμένες τιμές του λόγου P/D για εμπορικά πλοία είναι 0,8 ως 1,2.

12.7 Σπηλαίωση

Οι μηχανικοί παρατήρησαν το φαινόμενο της ***σπηλαίωσης*** (cavitation) για πρώτη φορά το 1894 κατά τις δοκιμές ταχύτητας μιας αγγλικής τορπιλακάτου. Συνήθως στις περιπτώσεις σπηλαίωσης διαπιστώνεται κατά τις δοκιμές ότι δεν δημιουργείται ανάλογη αύξηση ώσης σε σημαντική αύξηση τού ανά λεπτό αριθμού στροφών της έλικας και συγχρόνως παρατηρείται μείωση στην απόδοση.

Η ερμηνεία που δόθηκε αρχικά για το φαινόμενο αυτό, το απόδωσε στη μείωση της πίεσης επάνω στην όψη αναρρόφησης του πτερυγίου και στην εξαιτίας της αδυναμία του νερού να αναπληρώσει το κενό, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται από το κενό φυσαλίδες ατμού (cavities). Η θραύση των φυσαλίδων επάνω στην επιφάνεια των πτερυγίων προκαλεί μηχανική φθορά, η οποία σε ταχύστροφες έλικες μπορεί να είναι τόσο σοβαρή, ώστε να απαιτείται αντικατάστασή τους μετά από λίγες ώρες λειτουργίας.

Στο σχήμα 12.12 παριστάνεται διατομή πτερυγίου που κινείται μέσα σε νερό. Αν η πίεση και η ταχύτητα του υγρού μακριά απ' τη διατομή είναι αντίστοιχα V_0 και P_0 στο σημείο P θα είναι V_1 και P_1. Σύμφωνα με το θεώρημα Bernoulli:

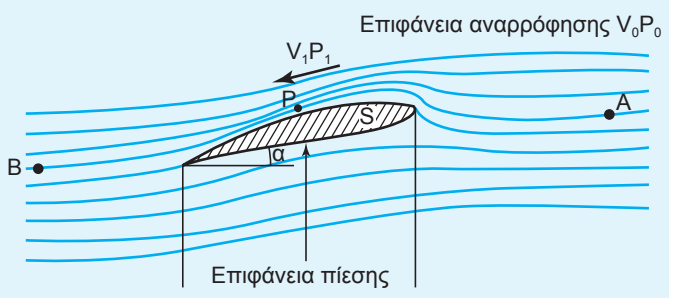
$$\frac{P_0}{\delta} + \frac{V_0^2}{2g} = \text{σταθ.}$$

όπου: **δ** το ειδικό βάρος του υγρού.

Όταν αυξάνει η ταχύτητα, όπως συμβαίνει λόγω του σχήματος στην όψη της αναρρόφησης, μειώνεται αντίστοιχα η πίεση. Επομένως στο σημείο P της διατομής του πτερυγίου έχουμε λόγω αυξημένης ταχύτητας ($V_1 > V_0$) μικρότερη πίεση.

Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας είναι δυνατόν η πίεση να μειωθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε να επέλθει «ατμοποίηση» του νερού και να διακοπεί η συνέχεια της ροής του, οπότε σχηματίζονται φυσαλίδες μέσα στο υγρό και κοντά στη ράχη (όψη αναρρόφησης) του πτερυγίου.

Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι η μείωση απόδοσης της έλικας ή κατά την αύξηση των στροφών μη αντίστοιχη αύξηση της ώσης και η εμφάνιση μερικές φορές συριγμών ή κραδασμών. Η σπηλαίωση επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:



Σχ. 12.12
Διατομή πτερυγίου έλικας

1) ***Σχήμα διατομής πτερυγίου,*** το όποιο επηρεάζει την κατανομή ταχύτητας και πιέσεως γύρω από αυτό.

2) ***Βάθος λειτουργίας της έλικας.*** Η αύξηση του βάθους, στο οποίο λειτουργεί η έλικα, επιφέρει αύξηση της πίεσης του περιβάλλοντος (υπερκείμενη στήλη) επομένως μειώνει τις συνθήκες εμφάνισης σπηλαίωσης.

3) ***Ταχύτητα πτερυγίου.*** Η υψηλή ταχύτητα, η οποία προκαλείται από το μεγάλο αριθμό στροφών σε συνδυασμό με την ακτίνα περιφοράς ευνοεί τη σπηλαίωση.

4) ***Η αύξηση της αναπτυγμένης επιφάνειας*** δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες σπηλαίωσης.

Συνήθως η σπηλαίωση εμφανίζεται στα άκρα των πτερυγίων, κοντά στην οδηγό ακμή και στην όψη αναρρόφησης. Μερικές φορές έχουμε σπηλαίωση κοντά στη ρίζα των πτερυγίων.

Μερικές φορές το φαινόμενο που περιγράψαμε παραπάνω καλείται ***αποχωρισμός.***

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

13

Η πηδαλιούχηση του πλοίου

13.1 Σχήμα πηδαλίου

Η επιθυμητή ευελιξία στην πηδαλιούχηση κάθε τύπου πλοίου, καθορίζει και την επιφάνεια του πηδαλίου. Στην πράξη αυτή προσδιορίζεται εμπειρικά από τον λόγο της προς την επιφάνεια της διαμήκους τομής του πλοίου κάτω από την ίσαλο ή προς το γινόμενο του μήκους της ισάλου επί το μέσο βύθισμα. Γενικά χρησιμοποιούμε πηδάλια μεγάλης επιφάνειας σε πλοία, στα οποία είναι απαραίτητη η ευελιξία πηδαλιούχησης.

Ενδεικτικά μνημονεύονται παρακάτω λόγοι της επιφάνειας του πηδαλίου προς το γινόμενο του μήκους της ισάλου επί το βύθισμα του πλοίου:

1) Για Φ/Γ πλοία περίπου 1/60.

2) Για Ε/Γ πλοία περίπου 1/50.

3) Για αντιτορπιλλικά περίπου 1/40.

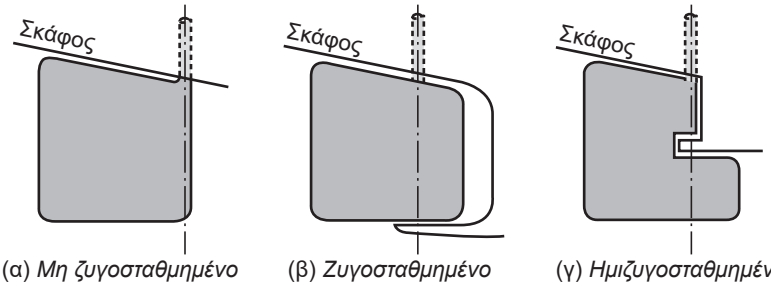
Το σχήμα του πηδαλίου, εκτός από τον λόγο ύψος/μήκος πηδαλίου, δεν επηρεάζει ουσιαστικά την υδροδυναμική δύναμη που αναπτύσσεται από το πηδάλιο. Ο λόγος ύψος/μήκος του πηδαλίου για τις συνηθισμένες κατασκευές λαμβάνει τιμές από 0,5 έως 2.

Το πηδάλιο αποτελείται βασικά από δύο μέρη, το ***πτερύγιο*** και τον ***άξονα,*** ο οποίος μεταδίδει την κίνηση στο πτερύγιο από το μηχανισμό του πηδαλίου.

Οι βασικοί τύποι των πηδαλίων παριστάνονται στο σχήμα 13.1(α), (β) και (γ).

Στο σχήμα 13.1(α) παριστάνεται μη ζυγοσταθμημένο πηδάλιο, στο οποίο όλη η επιφάνεια του πτερυγίου βρίσκεται πρύμνηθεν του άξονα.

Στο σχήμα 13.1(β) παριστάνεται ζυγοσταθμημένο πηδάλιο, στο οποίο τμήμα του πτερυγίου σε όλο το ύψος του βρίσκεται πρώραθεν του άξονα. Το ποσοστό της ζυγοστάθμισης είναι περίπου 25 ως 30%.



(α) *Μη ζυγοσταθμημένο* (β) *Ζυγοσταθμημένο* (γ) *Ημιζυγοσταθμημένο*

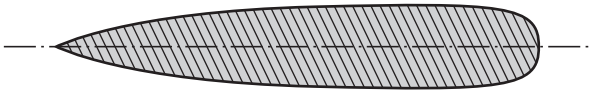
Σχ. 13.1

Στα σχήματα 13.1(γ) και 13.2 εικονίζεται ημιζυγοσταθμημένο πηδάλιο, στο οποίο η επιφάνεια πρώραθεν του άξονα δεν επεκτείνεται σε όλο το ύψος του πηδαλίου.

Σχ. 13.2
Ημιζυγοσταθμημένο πηδάλιο

Το ζεύγος που απαιτείται για τη στρέψη του πηδαλίου είναι ίσο με το γινόμενο της κάθετης στο πηδάλιο δύναμης που εξασκείται από το νερό επί την απόστασή της από τον άξονα. Στα ζυγοσταθμημένα και ημιζυγοσταθμημένα πηδάλια το σημείο επενέργειας αυτής της κάθετης δύναμης είναι κοντά στον άξονα σε αντίθεση με τα μη ζυγοσταθμημένα και επομένως το απαιτούμενο ζεύγος του πηδαλίου μειώνεται σημαντικά με αποτέλεσμα τη μείωση της ιπποδύναμης του μηχανήματος πηδαλίου, του κόστους του, της δύναμης που καταναλώνεται από αυτό και του χώρου που διατίθεται για την εγκατάστασή του.

Τα πηδάλια που κατασκευάζονται σήμερα έχουν τομή υδροδυναμικού σχήματος (σχ. 13.3) για μείωση της αντίστασης πρόωσης και αύξηση της απόδοσης του πηδαλίου.

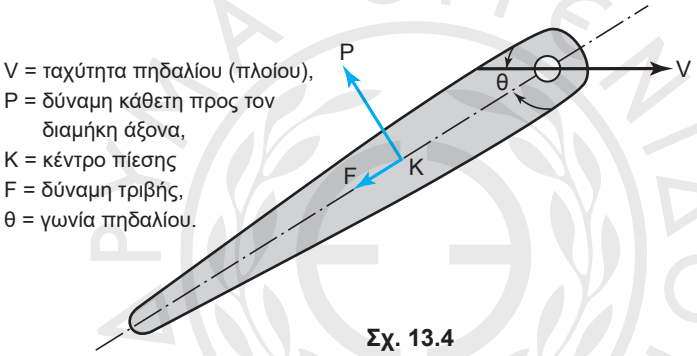


Σχ. 13.3
Τομή πηδαλίου

13.2 Πηδαλιούχηση

13.2.1 Γενικά

Όταν ένα πλοίο κινείται σε ευθεία πορεία και το πηδάλιο βρίσκεται στο μέσο, δεν επενεργεί λόγω συμμετρίας κάθετη δύναμη στο διάμηκες επίπεδο του πλοίου. Όταν το πηδάλιο μετακινηθεί προς την πλευρά, η συμμετρική κατανομή των δυνάμεων καταστρέφεται από δύναμη που ενεργεί στο κέντρο πίεσης του πηδαλίου και κάθετα προς αυτό. ***Κέντρο πίεσης*** του πηδαλίου ονομάζουμε το σημείο Κ, στο οποίο επενεργεί η δύναμη (η συνισταμένη των επί μέρους πιέσεων) και αυτό δεν συμπίπτει με το κέντρο της επιφάνειας, επειδή η κατανομή των πιέσεων κατά μήκος των επιφανειών του πηδαλίου δεν είναι ομοιόμορφη. Η θέση του κέντρου πίεσης Κ μπορεί να υπολογισθεί και βρίσκεται πρώραθεν του γεωμετρικού κέντρου της επιφάνειας του πηδαλίου (σχ. 13.4).



Σχ. 13.4
Δυνάμεις στο πηδάλιο

Το αποτέλεσμα στροφής του πηδαλίου είναι η κίνηση του πλοίου πάνω σε πορεία που φαίνεται στο σχήμα 13.2 και η εγκάρσια κλίση του πλοίου.

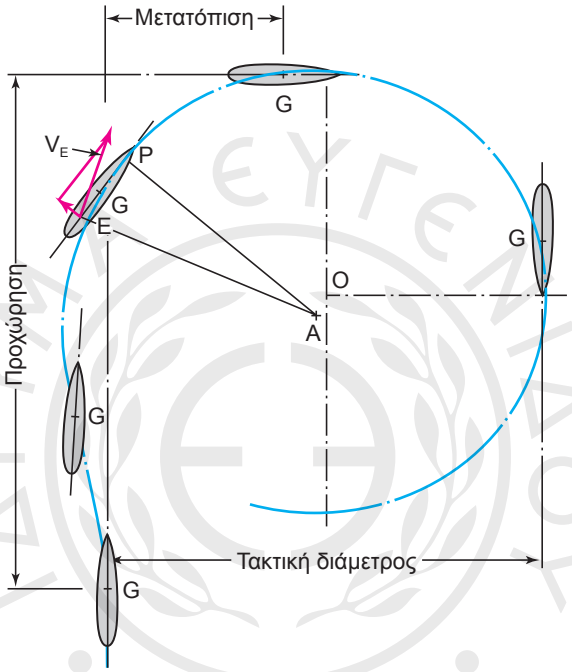
Η κίνηση του κέντρου βάρους του πλοίου αμέσως μετά τη στροφή του πηδαλίου είναι καμπύλη σχήματος λατινικού κεφαλαίου S, ενώ σταδιακά και κατόπιν μεταβολής, πορείας 90° περίπου η τροχιά του κέντρου βάρους του πλοίου σταθεροποιείται σε κυκλική τροχιά (σχ. 13.5), περί σταθερό κέντρο 0.

Σε ένα τυχόν σημείο της πρώτης διαδρομής σχήματος S το πλοίο κινείται γύρω από στιγμιαίο κέντρο περιστροφής Α, το οποίο μεταβάλλεται από στιγμή σε στιγμή. Επομένως η στιγμιαία ταχύτητα $V_ε$ ενός σημείου Ε του πλοίου είναι κάθετη επί την ΕΑ και έχει δύο συνιστώσες, μία κατά τον άξονα του πλοίου και μία κάθετη σε αυτόν. Έτσι το σημείο Ρ όπου η κάθετη από το Α επί τον άξονα του πλοίου συναντά τον άξονα αυτό, έχει ταχύτητα κατευθυνόμενη μόνο κατά τον άξονα του πλοίου, ενώ όλα τα άλλα σημεία έχουν και συνιστώσα ταχύτητας κάθετη επάνω σε αυτόν. Έτσι ένας παρατηρητής που βρίσκεται επάνω στο σκάφος απέχοντας L/5 ως L/3 (L = μήκος πλοίου) από την πρώρα έχει την εντύπωση ότι το σκάφος στρέφεται γύρω από αυτόν.

Η απόσταση, η οποία διανύεται από το κέντρο βάρους του πλοίου, από το σημείο στο οποίο το πηδάλιο μπήκε υπό γωνία, μέχρι το σημείο της αλλαγής της πορείας

κατά 90°, καλείται ***προχώρηση***· η προχώρηση μετριέται κατά τη διεύθυνση της αρχικής πορείας του πλοίου.

Η απόσταση του κέντρου βάρους του πλοίου από την ευθεία της αρχικής πορείας, όταν η πορεία του πλοίου έχει μεταβληθεί κατά 90°, καλείται ***μετατόπιση.*** Η κάθετη απόσταση προς την αρχική πορεία του πλοίου, όταν αυτό έχει αλλάξει πορεία κατά 180°, ονομάζεται ***τακτική διάμετρος.*** Τα παραπάνω μεγέθη φαίνονται στο σχήμα 13.5.



Σχ. 13.5
Κύκλος στροφής πλοίου

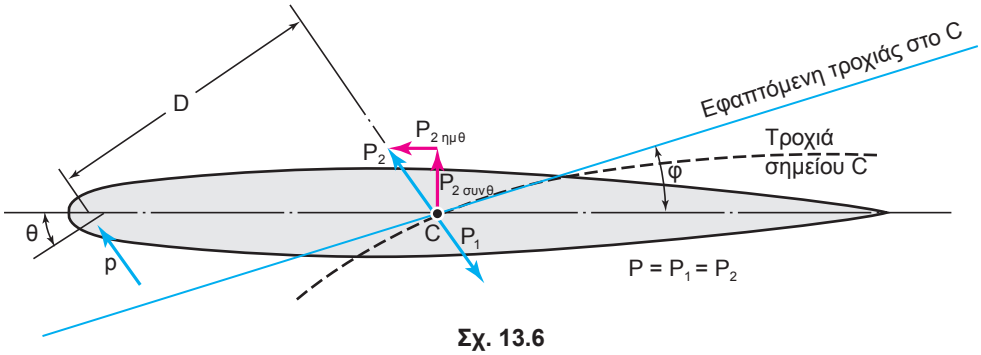
Το πλοίο κατά τη στροφή κινείται με την πρώρα μέσα και με την πρύμνη έξω από την εφαπτομένη της καμπύλης, της οποίας η γωνία φ με τον κεντρικό διαμήκη άξονα του πλοίου ονομάζεται ***γωνία έκπτωσης*** (σχ. 13.6).

Γωνία πηδαλίου ονομάζουμε τη γωνία θ (σχ. 13.6), που σχηματίζεται μεταξύ του πηδαλίου και του κεντρικού διαμήκη άξονα του πλοίου.

13.2.2 Δυνάμεις από την επενέργεια του πηδαλίου

Όταν το πηδάλιο στραφεί σε μία γωνία θ, αναπτύσσεται δύναμη στο κέντρο πιεσής του. Η δύναμη αυτή έχει δύο συνιστώσες, μία κάθετη P προς το πηδάλιο και μία παράλληλη, η οποία έχει αμελητέα επίδραση στη στροφή του πλοίου (σχ. 13.4).

Ας θεωρήσουμε την κάθετη επί το πηδάλιο δύναμη P. Θεωρούμε δύο δυνάμεις P_1 και P_2 (σχ. 13.6) παράλληλες, αντίθετες και ίσες προς την P, οι οποίες εφαρμόζονται στο σημείο C. Το σημείο C είναι το σημείο, όπου το οριζόντιο επίπεδο, που διέρ-



Σχ. 13.6

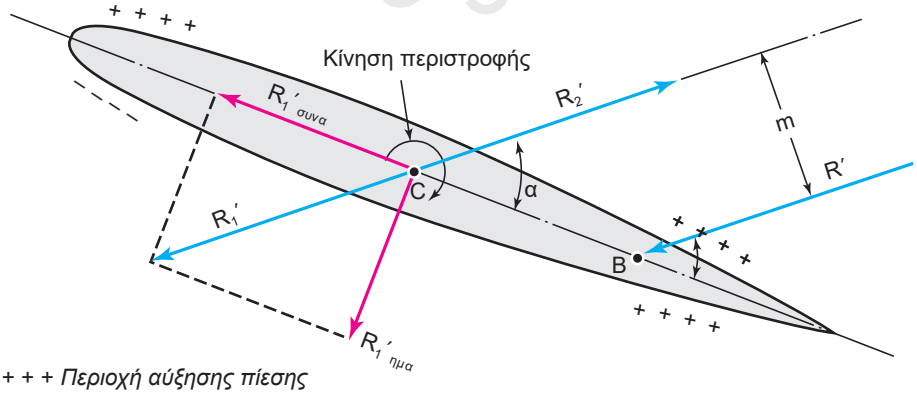
χεται από το κέντρο πίεσης του πηδαλίου τέμνει την κατακόρυφο, η οποία διέρχεται από το κέντρο βάρους του πλοίου. Τότε θα έχουμε:

1) Την επενέργεια του ζεύγους $(P - P_1)$ ροπής ίσης προς $P \times D$, το οποίο προκαλεί στροφή του πλοίου.

2) Τη δύναμη P_2, η οποία αναλύεται σε δύο συνιστώσες: μία παράλληλη και μία κάθετη προς τον διαμήκη άξονα του πλοίου. Η κάθετη συνιστώσα προκαλεί έκπτωση του πλοίου μακριά από το κέντρο στροφής, ενώ η παράλληλη αντιστέκεται στην κίνηση πρόσω του πλοίου.

Όταν το πλοίο αρχίζει να στρέφεται, δηλαδή να κινείται επί καμπύλης τροχιάς, η διανομή των υδροδυναμικών πιέσεων και των δυνάμεων αντίστασης γύρω από το πλοίο παύει να είναι συμμετρική.

Έτσι η κίνηση στροφής προκαλεί αύξηση της πίεσης στο μέσα τμήμα της πρώρας και μείωση της πίεσης στο μέσα τμήμα της πρύμνης, ενώ η κίνηση της έκπτωσης προκαλεί αύξηση της πίεσης σε ολόκληρη την έξω πλευρά και μείωση σε ολόκληρη τη μέσα. Το συνδυασμένο αποτέλεσμα των παραπάνω δυνάμεων είναι ότι η συνισταμένη αντίσταση του πλοίου, που ενεργεί αρχικά λόγω συμμετρίας στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, μεταβάλλει μέγεθος (R΄) και κατά τη στροφή ενεργεί στο σημείο Β υπό γωνία α (σχ. 13.7).

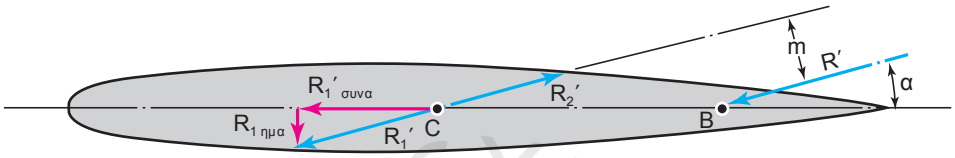


Σχ. 13.7

Αν θεωρήσουμε (σχ. 13.8) δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις (τις R_1' και R_2') εφαρμοσμένες στο σημείο C παράλληλες και ίσες σε μέγεθος προς την R΄, θα παρατηρήσουμε ότι:

1) Επί του πλοίου ενεργεί το ζεύγος (R_1', R_2') ροπής R΄ × m, το οποίο υποβοηθεί και επιταχύνει τη στροφή (σχ. 13.8).

2) Επί του πλοίου ενεργεί επίσης και η άλλη δύναμη R_1' που εφαρμόζεται επί του σημείου C, για την οποία γίνεται λόγος παρακάτω.



Σχ. 13.8

Λόγω της επενέργειας του ζεύγους R΄ × m αυξάνει η γωνία έκπτωσης και το σημείο εφαρμογής της αντίστασης B κινείται προς την πρύμνη. Τελικά το σημείο B κινείται λίγο πίσω από το κέντρο βάρους του πλοίου και επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ του ζεύγους του πηδαλίου και του ζεύγους αντίστασης, οπότε το πλοίο σταθεροποιείται κινούμενο πια σε κυκλική τροχιά.

Η θέση του σημείου B, στο οποίο επενεργεί η συνισταμένη των αντιστάσεων R΄, έχει ιδιαίτερη σημασία για τον τρόπο πηδαλιούχησης του πλοίου.

Όταν το σημείο B βρίσκεται πρώραθεν του κέντρου βάρους C του πλοίου, το ζεύγος R΄ × m που δημιουργείται υποβοηθεί τη στροφή. Στην περίπτωση αυτή το πλοίο είναι ευέλικτο, πλην όμως απαιτείται συχνή επέμβαση στο πηδάλιο, για να διατηρηθεί σταθερή ευθεία πορεία του πλοίου. Όταν το σημείο B βρίσκεται πρύμνηθεν του κέντρου βάρους C του πλοίου, το ζεύγος R΄ × m αντιτίθεται στη στροφή και το πλοίο διατηρείται εύκολα στην πορεία του.

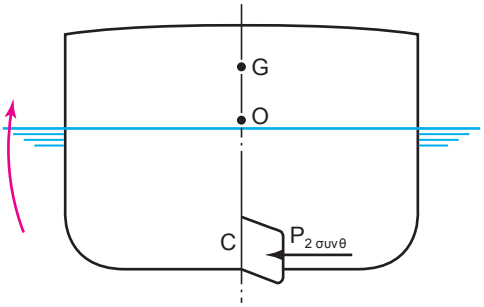
Η θέση εφαρμογής της R΄ (το σημείο B) εξαρτάται από το σχήμα των υφάλων και μπορεί να επηρεασθεί από μεταβολή τους ιδίως κοντά στην πρύμνη.

Η άλλη δύναμη, η R_1' μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες από τις οποίες η μία είναι η αντίσταση κίνησης πρόσω του πλοίου (R_1' × συνα) κατά το διάμηκες επίπεδο, ενώ η άλλη (R_1' × ημα), επενεργεί προς τα μέσα αντιτιθέμενη στη δύναμη P_2' × συνθ του σχήματος 13.6. Η συνιστώσα της αντίστασης R_1' × ημα, θεωρείται ότι ενεργεί στο κέντρο της κάτω από την ίσαλο διαμήκους τομής του πλοίου.

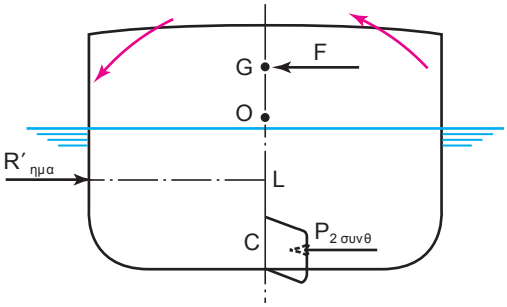
Από την πλευρά της εγκάρσιας κλίσης του πλοίου, διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

1) ***Αρχική φάση στροφής*** (σχ. 13.9), δηλαδή μόλις το πηδάλιο μπει υπό γωνία. Η κάθετη συνιστώσα P_2 × συνθ επί το διάμηκες επίπεδο, προκαλεί με μοχλοβραχίονα OC, ροπή P_2 × συνθ × (OC), η οποία δημιουργεί εγκάρσια κλίση του πλοίου προς τα μέσα της στροφής.

2) ***Τελική φάση,*** μετά τη σταθεροποίηση του κύκλου στροφής. Οι δυνάμεις που ενεργούν φαίνονται στο σχήμα 13.10. Από αυτές οι δύο είναι ήδη γνωστές, ενώ η



Σχ. 13.9



Σχ. 13.10

τρίτη ενεργεί στο κέντρο βάρους G και είναι η φυγόκεντρη δύναμη F, που προκαλείται λόγω της κίνησης του πλοίου σε κυκλική τροχιά. Αυτές οι δυνάμεις προκαλούν με μοχλοβραχίονες OC, OL, και OG αντίστοιχα ροπές $P_2 \times$ συνθ $\times$ OC, $R_1 \times$ ημθ $\times$ OL και F $\times$ OG, οι οποίες στο σύνολό τους δημιουργούν εγκάρσια κλίση του πλοίου προς τα έξω του κύκλου στροφής.

13.3 Προσδιορισμός διαμέτρου του άξονα πηδαλίου

Για την κατασκευή του συστήματος πηδαλιουχίας που περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές:

1) Το πηδάλιο.

2) Τον άξονα του πηδαλίου.

3) Τον μηχανισμό πηδαλίου και συστήματος πηδαλιούχησης, απαραίτητα στοιχεία είναι ο υπολογισμός των δυνάμεων και ροπών που επιδρούν στο πηδάλιο κατά τη λειτουργία του.

Αυτές μπορούν να υπολογισθούν με θεωρητικές σχέσεις από την υδροδυναμική, αλλά και με μερικούς απλούς εμπειρικούς τύπους.

Στους τύπους αυτούς λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι η κάθετη δύναμη P επί του πηδαλίου εξαρτάται από παράγοντες όπως:

1) Η επιφάνεια A του πτερύγιου του πηδαλίου.

2) Το σχήμα του πηδαλίου.

3) Η ταχύτητα V του πλοίου.

4) Η γωνία στροφής ϑ *του* πηδαλίου.

5) Ο αριθμός των πηδαλίων.

6) Ο αριθμός των ελίκων.

7) Η φορά κίνησης (πρόσω ή ανάποδα).

Αντίστοιχα η ροπή T επί του πηδαλίου εξαρτάται από:

1) Τη δύναμη P.

2) Την απόσταση α του σημείου K εφαρμογής της δύναμης (κέντρο πίεσης) από τον άξονα του πηδαλίου. Σημειώνεται ότι το σημείο K δεν συμπίπτει με το γεωμετρικό κέντρο του πηδαλίου.

Παρακάτω δίνονται μερικοί εν χρήσει ***εμπειρικοί τύποι*** για τον υπολογισμό των ανωτέρω μεγεθών, καθώς και παραδείγματα υπολογισμών σε απλές περιπτώσεις.

13.3.1 Προσδιορισμός της κάθετης δυνάμης P επί του πηδαλίου

1) Πλοία με ένα πηδάλιο: $P = 18{,}0 \times A \times V^2 \times \vartheta$ (τύπος των Baker και Bottomley).
2) Πλοία με δύο έλικες και κεντρικό πηδάλιο (τύπος Gawn):

$$P = 15{,}5 \times A \times V^2 \times \vartheta \text{ (κίνηση πρόσω και ανάποδα)}$$

3) Πλοία με 2 πηδάλια και πίσω από πλευρικές έλικες (τύπος Gawn):

$$P = 21{,}1 \times A \times V^2 \times \vartheta \text{ (κίνηση πρόσω)}$$

$$P = 19{,}1 \times A \times V^2 \times \vartheta \text{ (κίνηση ανάποδα)}$$

όπου: **A** η επιφάνεια του πτερυγίου του πηδαλίου σε m^2.
V η πραγματική ταχύτητα V του σκάφους σε m/sec.
ϑ η γωνία του πηδαλίου σε μοίρες.
P η δύναμη σε Newton (Διεθνές σύστημα Μονάδων – S.I.).

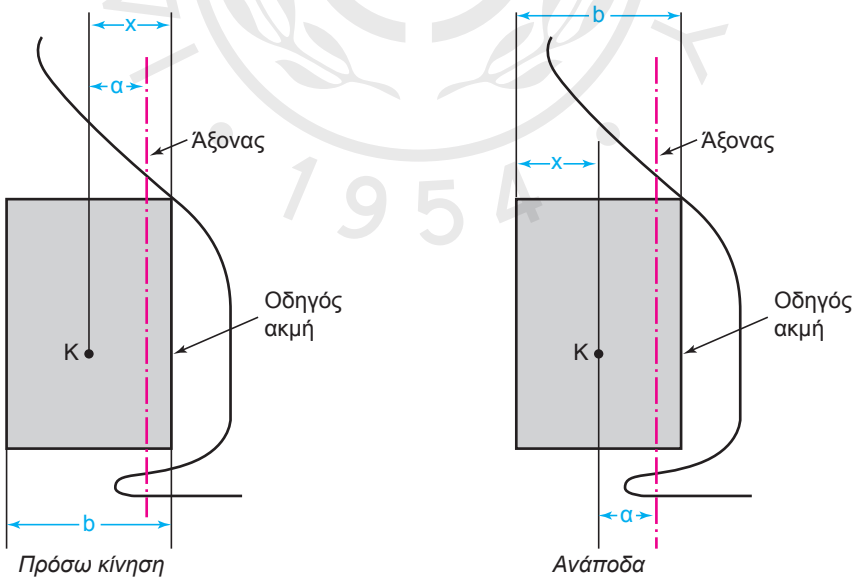
Σημείωση: 1 Newton = 1/9,81 kg

13.3.2 Εύρεση (καθορισμός) θέσης κέντρου πίεσης K του πηδαλίου

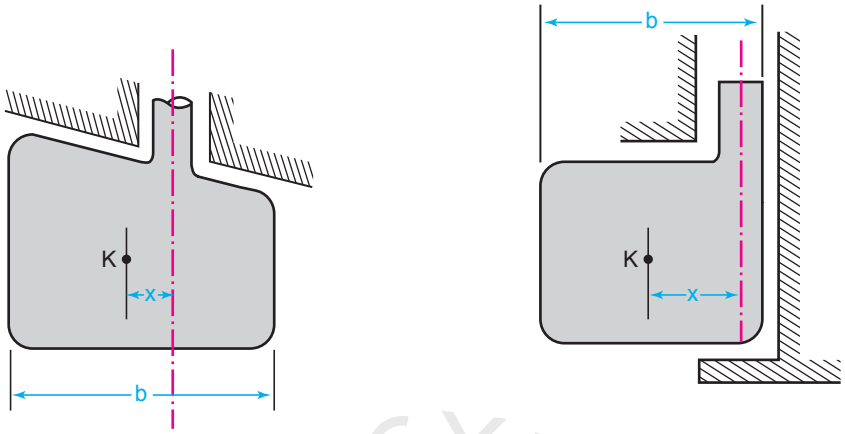
Εμπειρικοί τύποι

1) Για επίπεδο πτερύγιο πηδαλίου, μήκους b (σχ. 13.11), η απόσταση x του K από την οδηγό ακμή του πτερυγίου, δίνεται από τη σχέση:

$$x = b\,(0{,}195 + 0{,}305\ \eta\mu\theta) \qquad \text{(τύπος του Joessel)}$$



Σχ. 13.11
Οδηγός ακμή είναι: (α) Για πρόσω κίνηση η πρωραία ακμή του πτερυγίου του πηδαλίου.
(β) Για κίνηση ανάποδα η πρυμναία ακμή.



(α) (β)

Σχ. 13.12

όπου ϑ η γωνία στροφής του πηδαλίου.

2) Για πηδάλια όπως στο σχήμα 13.12(α) (Ανοικτού τύπου):

$$x = 0{,}31\ b$$ (τύπος του Gawn)

3) Για πηδάλια όπως στο σχήμα 13.12 (β) (Κλειστού τύπου):

$$x = 0{,}35\ b$$ (τύπος του Gawn)

4) Για κίνηση ανάποδα και για τις δύο περιπτώσεις:

$$x = 0{,}31\ b$$ (Τύπος του Gawn)

Για ημιζυγοσταθμημένα πηδάλια (σχ. 13.13) η κάθετη δύναμη P θεωρείται ότι είναι το άθροισμα:

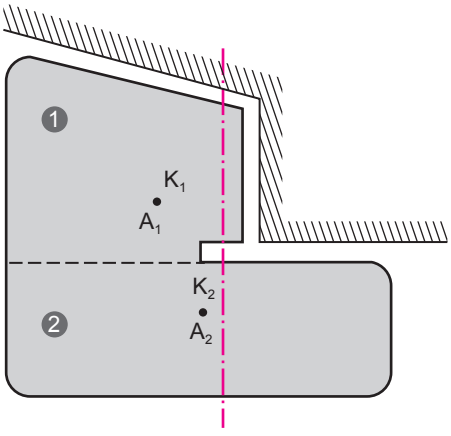
$$P = P_1 + P_2$$

στα κέντρα πίεσης K_1 και K_2 των δύο τμημάτων (1) και (2) του πηδαλίου, επιφανειών A_1 και A_2 όπου η συνολική επιφάνεια είναι A:

$$A = A_1 + A_2$$

1) Για το K_1 χρησιμοποιείται ο κανόνας του x = 0,35 b (κλειστού τύπου)

2) Για το K_2 χρησιμοποιείται ο κανόνας του x = 0,31 b (ανοικτού τύπου)



Σχ. 13.13

13.3.3 Καθορισμός ροπής στρέψης

Η μέγιστη ροπή T, η απαιτούμενη για τη στροφή του πηδαλίου, είναι το γινόμενο

της μέγιστης κάθετης δύναμης P επί την απόσταση α από το K μέχρι τον άξονα στροφής:

$$T = P \times \alpha$$

Για καλύτερη κατανόηση της χρήσης όλων των παραπάνω τύπων δίνεται το ακόλουθο αριθμητικό παράδειγμα:

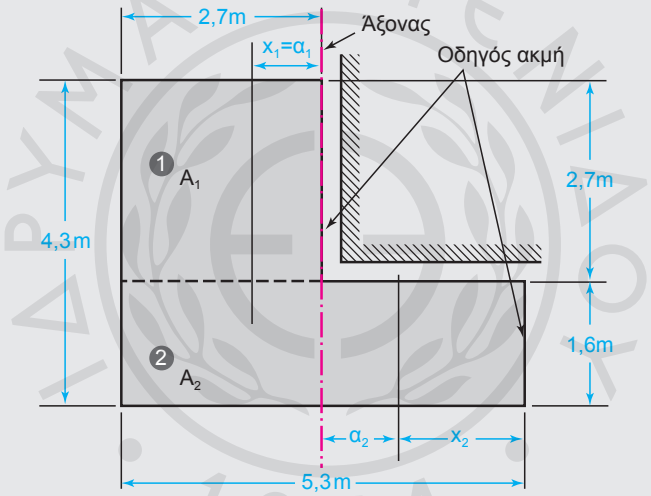
Παράδειγμα

Για το πηδάλιο του σχήματος 13.4 που τοποθετείται σε διπλέλικο πλοίο, να υπολογισθούν για ταχύτητα V = 19,5 κόμβων:

1) Η κάθετη δύναμη P επί το πηδάλιο (η μέγιστη).

2) Η μέγιστη ροπή για τη στροφή του πηδαλίου.

Η μέγιστη γωνία στροφής πηδαλίου είναι $\vartheta_{max} = 35°$.



Σχ. 13.14

Λύση

Τμήμα (1) του πηδαλίου:

1) Για τη P_{max} χρησιμοποιείται ο τύπος του Gawn για πλοία διπλέλικα, για κίνηση πρόσω ή ανάποδα:

$$P_{1max} = 15,5 \times A_1 V^2 \times \vartheta_{max}$$

Για $A_1 = 2,7 \times 2,7 = 7,29\ m^2$

$V = 19,5$ knots $= 19,5 \times 0,5144 = 10,03$ m/sec

$\vartheta = 35°$

$P_{1max} = 15,5 \times 9,29 \times (10,03)^2 \times 35° = 507.011$ Newton

2) Θέση κέντρου πίεσης K_1: Χρησιμοποιείται ο κανόνας του 0,35 b (κλειστού τύπου):

$$\alpha_1 \times x_1 = 0{,}35 \times b = 0{,}35 \times 2{,}7 = 0{,}945 \text{ m}$$

3) Ροπή για τη στροφή $T_{1max} = P_{1max} \times \alpha_1 = 397.700 \times 0{,}945 = 375.827 \text{ N} \times \text{m}$ (Πρύμνηθεν του άξονα)

Τμήμα (2) του πηδαλίου:

Προκύπτουν αντίστοιχα:

1) $P_{2max} = 15{,}5 \times A_2 \times V^2 \times \vartheta_{max} = 15{,}5 \times (5{,}3 \times 1{,}6) \times (19{,}5 \times 0{,}5144)^2 \times 35° =$
$= 462.878$ Newton

$T_{2max} = P_{2max} \times \alpha_2 = 462.878 \times 0{,}96 = 444.363 \text{ N} \times \text{m}$.

2) Για το α_2 θα χρησιμοποιηθεί ο κανόνας του 0,31 b (ανοικτού τύπου). Από το σχήμα 13.14 προκύπτει:

$\alpha_2 = – x_2 + 2{,}6 = – 0{,}35 \times 5{,}3 + 2{,}6 = 0{,}75$ m (πρώραθεν του άξονα).

3) Ροπή T_{2max}:
$T_{2max} = P_{2max} \times \alpha_2 = 462.878 \times 0{,}96 = 444.363 \text{ N} \times \text{m}$ (πρώραθεν του άξονα).

Πάνω σε ολόκληρο το πηδάλιο:

1) Δύναμη $P_{max} = P_1 + P_2 = 507.011 + 462.878 = 969.889$ Newton

2) Ροπή $T_{max} = T_1$ πρύμνηθεν $+ T_2$ πρώραθεν $= 375.827 + 444.363 =$
$= 820.190$ Nm

$T_{max} = 68.300$ N (πρώραθεν του άξονα).

13.3.4 Καθορισμός διαμέτρου του άξονα πηδαλίου

Ο άξονας του πηδαλίου καταπονείται κατά τη στροφή, στη γενική περίπτωση οποιασδήποτε μορφής πηδαλίου:

1) Σε στρέψη με ροπή στρέψης Τ ίση προς την απαιτούμενη για τη στροφή του πηδαλίου.

2) Σε κάμψη, για ροπή κάμψης Μ λόγω της δυνάμης Ρ.

Το συνολικό αποτέλεσμα στρέψης και κάμψης μπορεί να εξετασθεί αν θεωρήσουμε ότι επενεργεί επί του πηδαλίου μία ***ισοδύναμη ροπή στρέψης,*** που δίνεται από τη σχέση:

$$T_{ισοδ} = M + \sqrt{M^2 – T^2}$$

όπου: **Μ** και **Τ** όπως πιο πάνω.

Για τον υπολογισμό της ισοδύναμης ροπής στρέψης ($T_{ισοδ}$) δίνονται επίσης από τους Νηογνώμονες τύποι στους αντίστοιχους κανονισμούς.

Η διάμετρος d του άξονα για ροπή στρέψης $T_{ισοδ}$ βρίσκεται από τη σχέση:

$$T_{ισοδ} = I_ρ \times \sigma_{επ} \times \frac{1}{\frac{d}{2}}$$

όπου: $\mathbf{I_ρ}$ η πολική ροπή αδράνειας της διατομής του άξονα = $πd^4/32$ και
$\boldsymbol{σ_{επ}}$ η επιτρεπόμενη τάση στρέψης του υλικού του άξονα.

Από τα παραπάνω:

$$T_{ισοδ} = \frac{πd^4}{32} \times \frac{2}{d} \times σ_{επ} \times \frac{πd^3}{16} \times σ_{επ}$$

Η απαιτούμενη διάμετρος του άξονα δίνεται από τη σχέση:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_{ισο} \times 16}{π \times σ_{επ}}}$$

Για τη γρήγορη εύρεση της διαμέτρου υπάρχουν και εμπειρικοί τύποι. Έτσι για την περίπτωση ανακρεμασμένου και ζυγοσταθμημένου πηδαλίου:

$d = 0{,}0835 \sqrt[3]{A \times arm \times V^{1,25} \times C}$ (Τύπος του Denny).

d = Διάμετρος του άξονα σε m.

A = Επιφάνεια πηδαλίου σε m^2.

arm = Απόσταση του κέντρου πίεσης K από το έδρανο στήριξης σε m.

C = Σταθερά, λαμβανόμενη ίση προς 0,2.

Παράδειγμα

Ζυγοσταθμημένο πηδάλιο όπως στο σχήμα 13.13 έχει:
Επιφάνεια A = 7,5 m^2.
Απόσταση Κέντρου πίεσης K από τον άξονα: α = 0,18 m.
Απόσταση Κέντρου πίεσης K κάτω από τη στήριξη: α΄ = 1,3 m.
Επιτρεπόμενη τάση σύνθετης καταπόνησης σε στρέψη και κάμψη:

$$σ_{επ} = 77{,}22 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Γωνία πηδαλίου $\vartheta = 35°$
Ταχύτητα πλοίου V = 15 knots = 15 × 0,5144 = 7,72 m/sec

Λύση

Από τους εμπειρικούς τύπους που έχουν δοθεί:

1) Κάθετη δύναμη P:

$P = 15{,}5 \times A \times V^2 \times δ = 15{,}5 \times 7{,}5 \times 7{,}72^2 \times 35$

P = 242.500 N

2) Ροπή στρέψης T:

$T = P \times α = 242.500 \times 0{,}18$

T = 43.650 N/m

3) Ροπή κάμψης M:

$M = P \times α΄ = 242.500 \times 1{,}3$

M = 315.200 N/m

4) Διάμετρος άξονα: $d = \sqrt[3]{\frac{T_{ισο} \times 16}{\pi \times \sigma_{επ}}}$

όπου: $T_{ισοδ} = M + \sqrt{M^2 - T^2} = 315.200 + \sqrt{315.200^2 + 43.650^2}$

$T_{ισοδ} = 633.300\ N \times m$

Με αντικατάσταση προκύπτει:

$$d = \sqrt[3]{\frac{633.300 \times 16}{3,14 \times 77,22 \times 10^6}}, \qquad d = 0,347\ m$$

Από τον εμπειρικό τύπο του Denny προκύπτει:

$$d = 0,0835 \sqrt[3]{A \times \alpha' \times V^{1,25} \times C}$$

$$C = 0,0835 \sqrt[3]{7,5 \times 1,3 \times 15^{1,25} \times 0,2}$$

$$d = 0,322\ m$$

Διαφορά επί τοις εκατό: $\frac{\delta_d}{d} = \frac{0,347 - 0,322}{0,347} = 7,2\%$

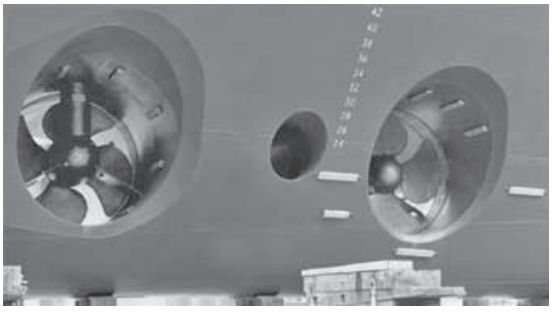
Δηλαδή ο εμπειρικός τόπος δίνει ικανοποιητική ακρίβεια.

13.4 Πρωραία έλικα

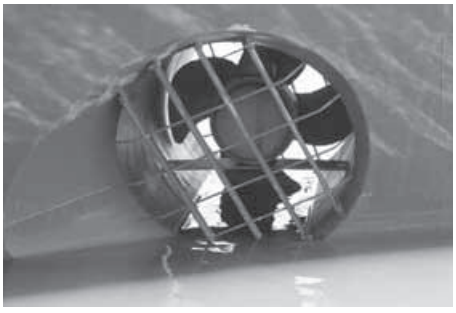
Για να υποβοηθηθούν οι γρήγορες κινήσεις στα λιμάνια (μανούβρες) μερικών τύπων πλοίων, όπως τα οχηματαγωγά, χρησιμοποιείται πρωραία έλικα που φαίνεται στα σχήματα 13.15 και 13.16, η οποία προσδίδει αυξημένη ικανότητα χειρισμών. δηλαδή μεγαλύτερη ευελιξία.

Τα κύρια μέρη του συστήματος της πρωραίας έλικας είναι (σχ. 13.17):

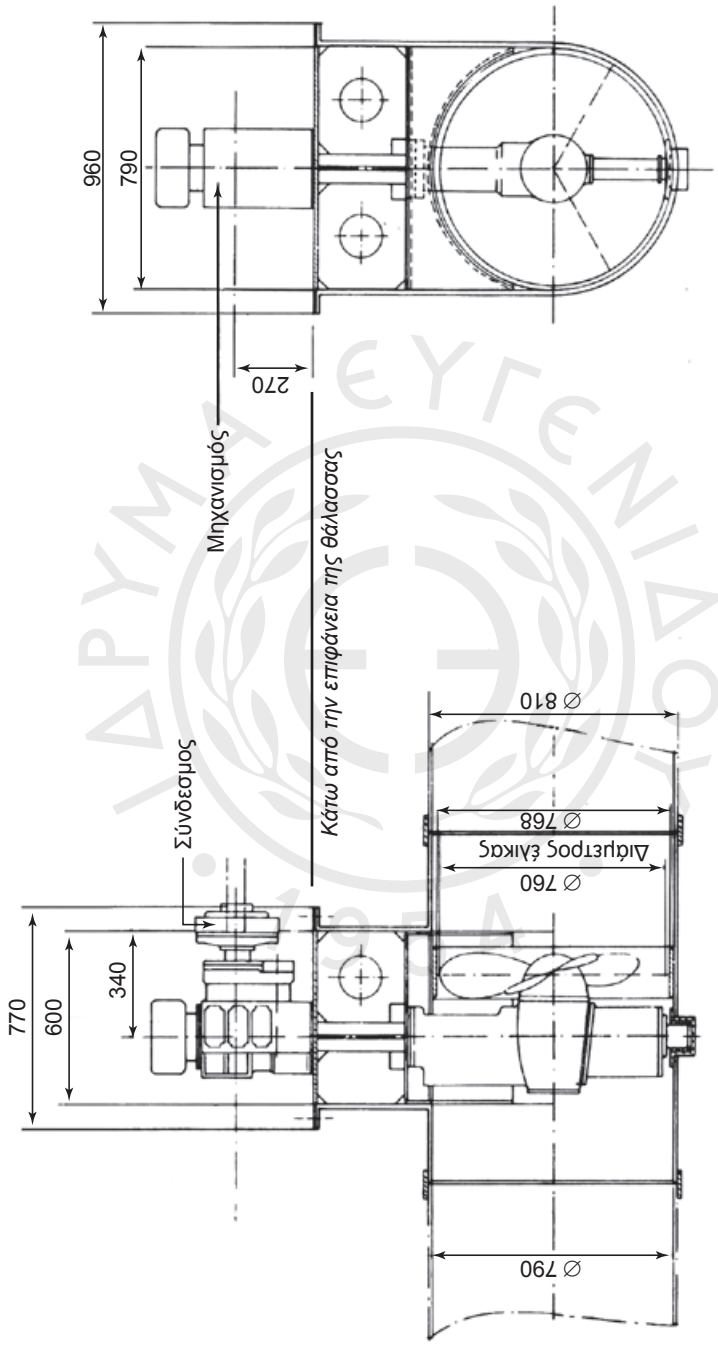
1) Κινητήρας, συνήθως ηλεκτρικός.



Σχ. 13.15
Δύο πρωραίοι έλικες



Σχ. 13.16
Πρωραία έλικα



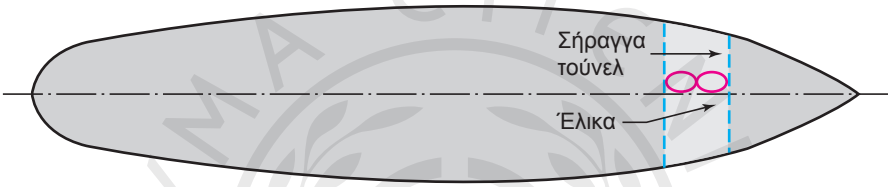
Σχ. 13.17
Γενική διάταξη πρωραία έλικας.

2) Το σύστημα μετάδοσης κίνησης.

3) Η έλικα, συνήθως σταθερού βήματος, για μικρά μεγέθη έλικας και μεταβαλλόμενου για μεγάλα.

Η θέση της πρωραίας έλικας είναι στην περιοχή πρώρας πάνω στον διαμήκη άξονα του πλοίου (σχ. 13.18).

Με αυτήν πετυχαίνουμε εγκάρσιες πλευρικές δυνάμεις ΑΡ ή ΔΕ, με αποτέλεσμα την ώθηση και γρήγορη μετατόπιση της πρώρας του πλοίου. Αυτό υποβοηθάται με κατάλληλους χειρισμούς του πηδαλίου και της (ή των) έλικας (ελίκων) του πλοίου. Έτσι το πλοίο μπορεί να παίρνει εύκολα και γρήγορα οποιαδήποτε θέση χωρίς να χρησιμοποιούνται ρυμουλκά, ***όταν η ταχύτητά του είναι μικρή ή ακόμη και με κρατημένες τις μηχανές.*** Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μεγάλα λιμάνια με μεγάλη κίνηση.



Σχ. 13.18

Σοβαρό μειονέκτημα της πρωραίας έλικας χειρισμών είναι η μεγάλη ιπποδύναμη, που απαιτείται σε σχέση με αυτήν που είναι συνήθως εγκαταστημένη στο πλοίο.

Παρακάτω περιγράφονται σύντομα δύο από τους τύπους που χρησιμοποιούνται:

13.4.1 Πρωραία έλικα μέσα σε σήραγγα (Tunnel Type) (σχ. 13.15 και 13.17)

Η έλικα τοποθετείται και στερεώνεται μέσα σε εγκάρσια σήραγγα. Στις πλευρικές οπές της σήραγγας τοποθετούνται συνήθως προστατευτικοί ράβδοι κατά τη φορά της ροής (σχ. 13.16).

Η αναστροφή της κίνησης της έλικας (οπότε η αριστερή π.χ. ώση γίνεται δεξιά και αντιστρόφως), επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

1) Ηλεκτροκινητήρας σταθερής φοράς περιστροφής και έλικα μεταβαλλόμενου και ***αναστρέψιμου*** βήματος.

2) Ηλεκτροκινητήρας ***αναστρέψιμης φοράς περιστροφής*** και έλικα σταθερού βήματος.

Η πρώτη περίπτωση είναι αυτή που χρησιμοποιείται συνήθως για μεσαίες και μεγάλες ιπποδυνάμεις.

13.4.2 Έλικα ανασυρόμενη (σχ. 13.19)

Η έλικα κατεβαίνει κάτω από τον πυθμένα του πλοίου ένα έως δύο μέτρα και μπορεί να περιστραφεί κατά 360° γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Μπορεί συνεπώς να αναπτύξει ώση προς κάθε κατεύθυνση και γι' αυτό είναι πιο προσαρμόσιμη

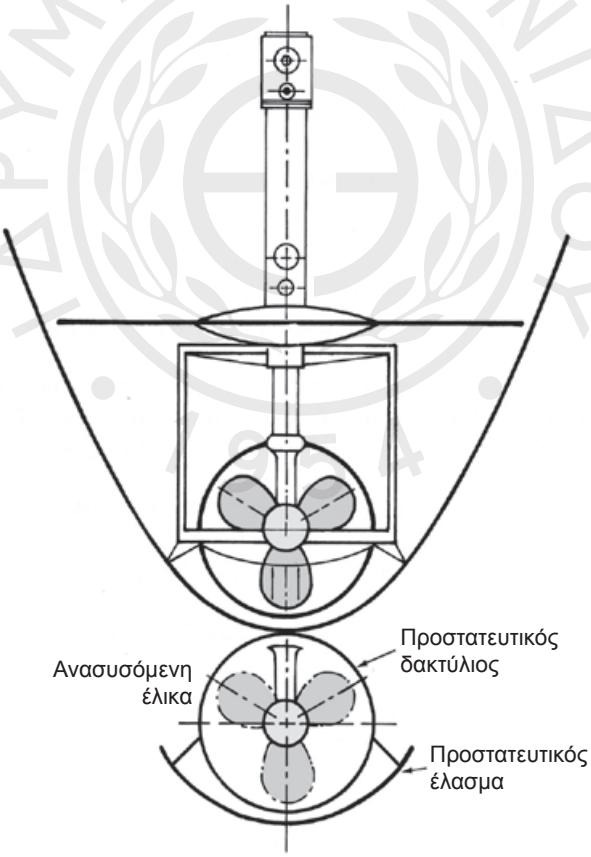
στους εκάστοτε αναγκαίους χειρισμούς. Έχει το μειονέκτημα ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιείται ασφαλώς κοντά σε προβλήτες με περιορισμένο βάθος νερού.

Ο μηχανισμός κίνησης κατεβαίνει μαζί με την έλικα, η οποία περιβάλλεται από προστατευτικό δακτύλιο. Κάτω από αυτήν τοποθετείται προστατευτικό έλασμα, που κατεβαίνει κι αυτό μαζί με την έλικα.

Για μία σχετικά μικρή ώση 1000 kg, η οποία πετυχαίνεται με πρωραία έλικα ιπποδύναμης περίπου 500 ίππων, απαιτείται ισχύς της τάξης των 500 kW η οποία επιβαρύνει τις ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου κι αυτό θα επηρεάσει σημαντικά τα κατά τη σχεδίαση του πλοίου μεγέθη ή τον αριθμό των ηλεκτρογεννητριών.

Όταν η εγκατάσταση της πρωραίας έλικας επιβαρύνει υπέρμετρα (μεγάλη ποσότητα) την ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να επιλεγεί η εγκατάσταση χωριστού κινητήρα Diesel για την κίνηση της πρωραίας έλικας.

Οι πρωραίες έλικες χειρισμών για μεγάλα πλοία που κατασκευάζονται σήμερα μπορούν να αναπτύσσουν ώσεις πάνω από 20.000 kg με αντίστοιχη ιπποδύναμη πάνω από 1800 ίππους.



Σχ. 13.19
Ανασυρόμενη πρωραία έλικα χειρισμών με δυνατότητα περιστροφής 360°

14

Κινήσεις πλοίου σε κυματισμό - Διατοιχισμός

14.1 Γενικά

Μέχρι τώρα εξετάσθηκαν καταστάσεις πλοίου που βασίζονταν σε στατικές συνθήκες, σε ηρεμία ή σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή με ισορροπία δυνάμεων.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετασθεί η συμπεριφορά πλοίου που κινείται μέσα σε κύματα και ιδιαίτερα ο ***διατοιχισμός.*** Το πλοίο σε κυματισμό δεν βρίσκεται σε στατική κατάσταση ούτε σε κατάσταση ισορροπίας και οι κινήσεις του είναι πολύπλοκες.

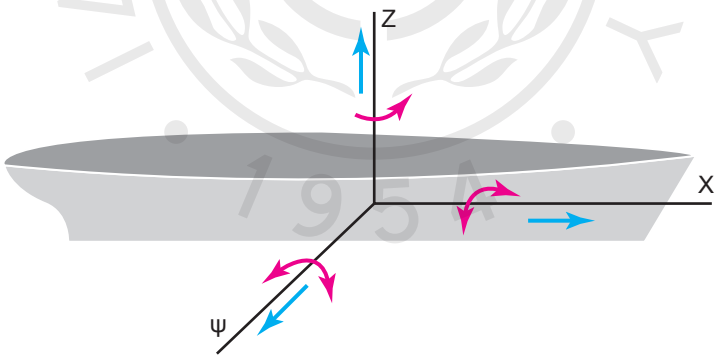
Για την εξέταση του θέματος ή πολύπλοκη κίνηση του πλοίου μπορεί να αναλυθεί σε ανεξάρτητες κινήσεις κατά τους τρεις ορθογώνιους άξονες Χ, Ψ, Ζ.

Οι δυνατές κινήσεις του πλοίου κατά τους τρεις άξονες είναι (σχ. 14.1):

1) Η γραμμική κίνηση κατά τον άξονα Χ. Είναι η κίνηση πρόσω ή ανάποδα του πλοίου.

2) Η γραμμική κίνηση κατά τον άξονα Ψ. Είναι η πλευρική έκπτωση του πλοίου.

3) Η γραμμική κίνηση κατά τον άξονα Ζ (κατακόρυφο). Είναι η κατακόρυφη βύθιση η ανάδυση του πλοίου και μπορεί να είναι περιοδική.



Σχ. 14.1

4) Στροφή περί τον άξονα Χ. Είναι η εγκάρσια κλίση του πλοίου η ή περιοδική κίνηση διατοιχισμού.

5) Στροφή περί τον άξονα Ψ. Είναι η κλίση κατά το διάμηκες ή η περιοδική κίνηση προνευστασμού.

6) Στροφή περί τον άξονα Ζ. Είναι η στροφή του πλοίου αριστερά ή δεξιά.

Από τις παραπάνω κινήσεις οι (3), (4), (5) και (6) μπορούν να είναι περιοδικές. Ιδιαίτερα ενδιαφέρων είναι ο διατοιχισμός, γιατί είναι η πιο επικίνδυνη κίνηση για τα πλοία και έχει καταβληθεί σοβαρή προσπάθεια για την αντιμετώπισή του.

14.2 Διατοιχισμός σε κυματισμό και η σχέση του προς την ευστάθεια του πλοίου

14.2.1 Φυσική περίοδος διατοιχισμού

Είναι συνηθισμένο να χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του τρόπου διατοιχισμου οι όροι ***σκληρό*** (stiff) και μαλακό ή απαλά ***λικνιζόμενο*** (tender) πλοίο. Ο πρώτος σημαίνει γρήγορο και βίαιο διατοιχισμό, ενώ ο δεύτερος βραδύ και αργό διατοιχισμό.

Πλοία με σχετικά μεγάλο μετακεντρικό ύψος (GM) έχουν μικρή περίοδο διατοιχισμού, δηλαδή διατοιχίζονται βίαια και επομένως είναι ενοχλητικά για τους επιβαίνοντες, ενώ πλοία με σχετικά μικρό μετακεντρικό ύψος έχουν μεγαλύτερη περίοδο διατοιχισμού, δηλαδή διατοιχίζονται βραδέως και είναι πιο άνετα για τους επιβαίνοντες.

Σε ήρεμο νερό ένα ευσταθές πλοίο (με θετικό GM), μπορεί να τεθεί σε διατοιχισμό, αν εφαρμοσθεί σε αυτό και στη συνέχεια αφαιρεθεί εξωτερικό ζεύγος εγκάρσιας κλίσης. Στην κεκλιμένη θέση ενεργεί στο πλοίο ζεύγος ανόρθωσης ίσο και αντίθετο προς το ζεύγος εγκάρσιας κλίσης που εφαρμόσθηκε. Όταν πάψει να ενεργεί το εξωτερικό ζεύγος, το ζεύγος ανόρθωσης προκαλεί στροφή του πλοίου, το οποίο κινείται προς την όρθια θέση του (με τον ιστό κατακόρυφο προς τα επάνω). Η δυναμική ενέργεια θέσης, η οποία υπήρχε στην κεκλιμένη κατάσταση, μετατρέπεται προοδευτικά σύμφωνα με τα παραπάνω σε κινητική ενέργεια και όταν το πλοίο βρεθεί στην όρθια θέση, η δυναμική ενέργεια έχει μετατραπεί εντελώς σε κινητική ενέργεια, αν τριβές και αντιστάσεις θεωρηθούν αμελητέες. Το πλοίο επομένως θα συνεχίσει τη στροφή του προς την αντίθετη της αρχικής πλευράς κλίσης, μέχρις ότου η κινητική ενέργεια μετατραπεί πάλι σε δυναμική ενέργεια θέσης, οπότε το πλοίο θα πάρει οριακή εγκάρσια κλίση και θα αρχίσει να επανέρχεται προς την όρθια θέση.

Αν υποτεθεί ότι δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας (από τριβές και κυματισμό), το πλοίο θα ταλαντώνεται (διατοιχίζεται) περιοδικά επ' άπειρον από πλευράς σε πλευρά με σταθερό εύρος ταλάντωσης (οριακή γωνία κλίσης).

Στην πράξη οι τριβές μεταξύ του σκάφους και του νερού που το περιβάλλει (και αέρα) και ο κυματισμός, ο οποίος δημιουργείται από το κινούμενο πλοίο, θα αποσβέσουν τις ταλαντώσεις, μέχρις ότου απορροφηθεί εντελώς η αρχική ενέργεια.

Είναι δυνατό να υποτεθεί με επαρκή προσέγγιση ότι ο άξονας διατοιχισμού είναι ο διαμήκης που διέρχεται από το κέντρο βάρους του πλοίου G. Με την υπόθεση αυτή η φυσική περίοδος του διατοιχισμού ενός πλοίου σε ήρεμο νερό καθορίζεται με βάση τις σχέσεις της απλής αρμονικής κίνησης:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k_{xx}^2}{g \times GM}}$$

όπου: **T** η περίοδος ενός πλήρους διατοιχισμού σε δευτερόλεπτα (δηλ. από τη θέση εκκίνησης μέχρι την επάνοδο σε αυτήν για να αρχίσει νέος κύκλος κίνησης),
g η επιτάχυνση της βαρύτητας και
$\mathbf{k_{xx}}$ η ακτίνα αδράνειας της μάζας του πλοίου.

(Από τη σχέση $I_{xx} = k^2_{xx} \times M$ όπου I_{xx} είναι η ροπή αδράνειας της μάζας ως προς τον άξονα xx και M η μάζα του πλοίου).

Η παραπάνω σχέση ισχύει για γωνίες μικρής κλίσης όπου:

$$GZ = GM \times \eta\mu\theta$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι η φυσική, όπως αποκαλείται, περίοδος διατοιχισμού T είναι ανεξάρτητη από το εύρος του διατοιχισμού. Με μονάδες του αγγλικού συστήματος ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$T = 1,108 \frac{k_{xx}}{\sqrt{GM}}$$

Κατά προσέγγιση και για πολλά πλοία ισχύει η σχέση:

$$k_{xx} = C \times B = 0,40\ B$$

όπου: **B** το πλάτος του πλοίου και επομένως ισχύει:

$$T = \frac{0,44\ B}{\sqrt{GM}}$$

Το πλοίο μπορεί εύκολα να τεθεί σε διατοιχισμό με περιοδική κίνηση του πληρώματός του εγκάρσια από τη μία προς την άλλη πλευρά και τανάπαλι μέχρι διατοιχισμό με επαρκή γωνία κλίσης. Όταν επιτευχθεί επαρκές εύρος διατοιχισμού, το πλήρωμα μένει ακίνητο κάπου στο μέσο του σκάφους και μπορεί να μετρηθεί η μέση περίοδος του ελεύθερου διατοιχισμου του πλοίου.

Η παραπάνω μέθοδος αποτελεί απλό τρόπο εύρεσης του ***μετακεντρικού*** ύψους GM κατά προσέγγιση από τον τύπο:

$$T = \frac{0,44\ B}{\sqrt{GM}} \quad \text{από το οποίο} \quad GM = \left(\frac{0,44\,B}{T}\right)^2$$

14.2.2 Διατοιχισμός σε κυματισμό

Ο κυριότερος λόγος διατοιχισμού του πλοίου σε κυματισμό είναι οι ροπές, που δημιουργούνται από τη μετακίνηση του κέντρου άντωσης.

Η επιφάνεια της θάλασσας σε κυματισμό βρίσκεται σε συνεχή κίνηση. Όταν ένα κύμα πλησιάζει και συναντά το πλοίο, τότε αυτό βρίσκεται πάνω σε μία κεκλιμένη επιφάνεια. Όταν υπάρχει κυματισμός αυτό επαναλαμβάνεται περιοδικά κατά τρόπο που εξαρτάται από το είδος του κυματισμού, δηλαδή ανάλογα με τη συχνότητα, το μήκος και το ύψος των κυμάτων που επικρατούν.

Όταν το πλοίο βρεθεί πάνω σε κεκλιμένη επιφάνεια κύματος (σχ. 14.2), το κέντρο άντωσης θα μετακινηθεί και θα βρεθεί έξω από την κατακόρυφο που διέρχεται από το κέντρο βάρους. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ζεύγος, το οποίο τείνει να προσδώσει εγκάρσια κλίση στο πλοίο, έτσι ώστε ο κατακόρυφος άξονας (ιστός) να βρεθεί κάθετος προς την επιφάνεια του κύματος. Η ενέργεια αυτή τροποποιείται εν μέρει λόγω της σχετικής κίνησης του πλοίου και του θαλάσσιου νερού.

Από τη θεωρία του κυματισμού, δηλαδή τη δημιουργία και τη μορφή των κυμάτων, προκύπτει ότι τα μόρια που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια, σε κυματισμό της θάλασσας κινούνται πάνω σε κυκλική τροχιά. Ο τρόπος κίνησης των μορίων και οι τροχιές τους παρουσιάζονται στο σχήμα 14.3.

Πλοίο, το οποίο πλέει σε μεγάλα κύματα, τείνει κατά προσέγγιση να κινείται με όμοιο τρόπο όπως τα μόρια της θαλάσσιας επιφάνειας, δηλαδή πάνω σε κυκλική τροχιά. Έτσι, εκτός από την επενέργεια των δυνάμεων βάρους και άντωσης επενεργεί και η φυγόκεντρη δύναμη από την κυκλική κίνηση, στην οποία αντιτίθενται οι υδροδυναμικές αντιστάσεις του περιβάλλοντος νερού. Επομένως πάνω στο πλοίο επενεργούν σε κυματισμό δύο διάφορα ζεύγη δυνάμεων:

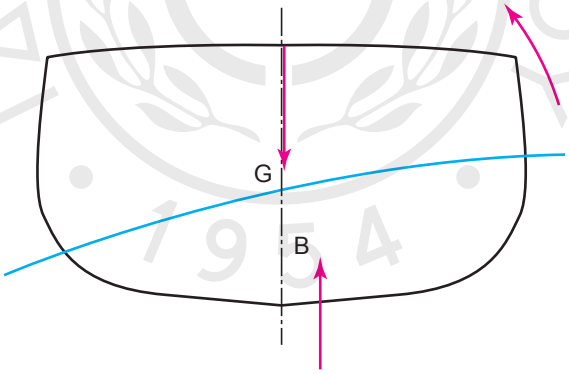
1) Το γνωστό ζεύγος βάρους-άντωσης.

2) Το ζεύγος της φυγόκεντρης δύναμης λόγω της κυκλικής κίνησης του πλοίου και η υδροδυναμική αντίσταση της θάλασσας που αντιτίθεται σε αυτό.

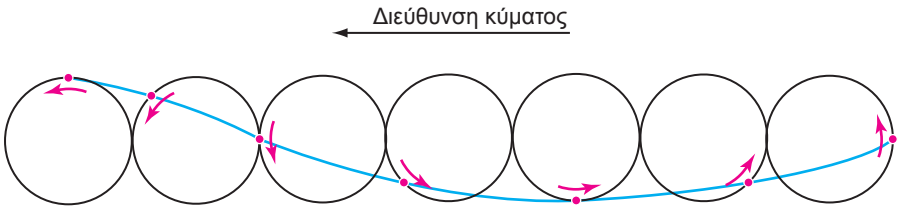
Η ενέργεια του πρώτου ζεύγους επιφέρει διατοιχισμό του πλοίου με τη φυσική περίοδο διατοιχισμού T, που αναφέραμε προηγουμένως, η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$T = 1{,}108\frac{k_{xx}}{\sqrt{GM}}$$

Το δεύτερο ζεύγος δημιουργείται από δυνάμεις, οι οποίες εξαρτώνται από τα κύματα.



Σχ. 14.2



Σχ. 14.3

Στο κέντρο βάρους του πλοίου, το οποίο κινείται πάνω σε κυκλική τροχιά, όπως τα μόρια της θάλασσας, ενεργεί η φυγόκεντρη δύναμη, ενώ οι υδροδυναμικές δυνάμεις που αντιτίθενται ενεργούν στο κέντρο άντωσης, επομένως το ζεύγος των δυνάμεων αυτών έχει ως περίοδο την περίοδο των κυμάτων, που συναντούν το πλοίο.

Η περίοδος του διατοιχισμού του πλοίου είναι επομένως συνάρτηση της φυσικής περιόδου διατοιχισμού του πλοίου και της περιόδου των κυμάτων. Το πλοίο όταν διατοιχίζεται σε κυματισμό υφίσταται κανονικές και περιοδικές ώσεις από τη δράση των κυμάτων. Η σύνθετη κίνηση που προκύπτει καλείται ***βεβιασμένη ταλάντωση*** ή ***βεβιασμένος διατοιχισμός.***

Οποιοδήποτε αντικείμενο που ηρεμεί ή ταλαντώνεται ελεύθερα, όπως ένα εκκρεμές ή ένα πλοίο σε ήρεμα νερά, αν δεχθεί μία παροδική ώση θα ταλαντώνεται μετά, με τη φυσική περίοδο ταλαντώσεως (ιδιοσυχνότητα). Αν όμως εξαναγκασθεί να ταλαντωθεί από ένα περιοδικό αίτιο (ώση που επαναλαμβάνεται περιοδικά), η ταλάντωσή του θα τείνει να έχει την περίοδο του αιτίου αυτού.

Έτσι, το πλοίο όταν υφίσταται την επενέργεια ομοιόμορφων και σταθερής περιόδου κυμάτων θα διατοιχίζεται με την περίοδο των κυμάτων. Πλην όμως η θάλασσα σε κυματισμό έχει κύματα διαφόρου μήκους, εύρους και περιόδου και επομένως οι ώσεις που εξασκούνται στο πλοίο από τα κύματα δεν είναι ομοιόμορφες σε περίοδο και μέγεθος. Έτσι, υπάρχει πάντοτε μία τάση επανόδου του πλοίου σε διατοιχισμό με περίοδο ίση προς τη φυσική περίοδο του διατοιχισμού του.

Επομένως, η περίοδος διατοιχισμού του πλοίου είναι συνδυασμός της φυσικής περιόδου διατοιχισμού και της περιόδου των κυμάτων, με τη διαφορά ότι η τελευταία έχει μεγαλύτερη επίδραση.

14.2.3 Συντονισμός ή σύγχρονος διατοιχισμός

Όπου η φαινόμενη περίοδος των κυμάτων, δηλαδή ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών ώσεων από το κύμα πάνω στο πλοίο, ταυτίζεται με τη φυσική περίοδο διατοιχισμού του πλοίου, οι ενέργειες των δύο ζευγών που επενεργούν προσθέτονται, με αποτέλεσμα να προκληθούν μεγάλες γωνίες διατοιχισμού του πλοίου. Στην περίπτωση αυτή μιλούμε για ***συντονισμό*** ή ***σύγχρονο διατοιχισμό,*** ο οποίος αναγνωρίζεται από το μεγάλο εύρος των κινήσεων του πλοίου που προκαλούνται.

Ο συντονισμός μπορεί να συμβεί στην πράξη, αλλά συνήθως δεν διαρκεί, γιατί σπάνια συναντιέται αλληλουχία κυμάτων σταθερού μήκους και περιόδου. Αλλά και αν ακόμη συναντιόταν η περίπτωση αυτή, η αντιμετώπιση του κινδύνου είναι εύκολη με αλλαγή της πορείας ή και της ταχύτητας του πλοίου, οπότε μεταβάλλεται η φαινόμενη περίοδος πρόσπτωσης των κυμάτων επάνω στο πλοίο.

14.3 Μέσα μείωσης του διατοιχισμού των πλοίων – Γενικά

Η πρόληψη ή η μείωση των διατοιχισμών των πλοίων και ιδίως των επιβατηγών υπήρξε αντικείμενο εκτενούς έρευνας και ιδιόμορφων εφευρέσεων.

Κατά την τελευταία εκατονταετία αναπτύχθηκαν επιτυχή μέσα μείωσης και απόσβεσης του διατοιχισμού των πλοίων σε αξιοσημείωτο βαθμό. Τα μέσα ή συστήματα

αυτά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τα ***παθητικά συστήματα*** και τα ***ενεργητικά συστήματα***. Έτσι έχουμε κατά κατηγορία:

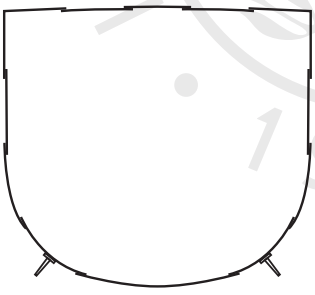
1) ***Παθητικά***.
α) Αντιδιατοιχιστικές δεξαμενές.
β) Κινούμενα βάρη.
γ) Παρατροπίδια.
δ) Σταθερά πτερύγια.

2) ***Ενεργητικά***.
α) Αντιδιατοιχιστικά πτερύγια.
β) Αντιδιατοιχιστικές δεξαμενές.
γ) Γυροσκοπική σταθεροποίηση.
δ) Κινούμενα βάρη.

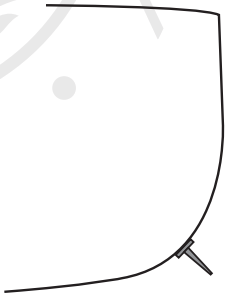
Από αυτά περιγράφονται παρακάτω τα συστήματα: Των παρατροπιδίων, των αντιδιατοιχιστικών πτερυγίων, των αντιδιατοιχιστικών δεξαμενών που έχουν επιτυχή εφαρμογή και το σύστημα της γυροσκοπικής σταθεροποίησης, που είχε εφαρμοσθεί ανεπιτυχώς.

14.3.1 Παρατροπίδια

Τα παρατροπίδια είναι πτερύγια, τα οποία εξέχουν από τις εγκάρσιες τομές του πλοίου και από τα δύο μέρη κοντά στο κυρτό της γάστρας και καταλαμβάνουν έκταση ίση με το 1/2 ως τα 2/3 του μήκους του πλοίου. Στα σχήματα 14.4 και 14.5 παριστάνονται σε εγκάρσια τομή παρατροπίδια μικρού και μεγάλου πλοίου αντίστοιχα.



Σχ. 14.4



Σχ. 14.5

Τα παρατροπίδια αυξάνουν τη μάζα του νερού που κινείται (παρασύρεται) με το πλοίο και επομένως αυξάνουν την ακτίνα αδράνειας k_{xx} και τη φυσική περίοδο διατοιχισμού Τ. 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 αποδοτικότητάς τους έχουν ευρεία εφαρμογή στα πλοία. Μειονεκτούν, γιατί το πλοίο πρέπει να διατοιχίζεται και να κινείται για να γίνουν αποτελεσματικότερα. Η μικρή αύξηση της

αντίστασης πρόωσης, την οποία επιφέρουν, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μειονέκτημα, αφού και στα υπόλοιπα συστήματα απαιτείται κατανάλωση ενέργειας ή αύξηση της αντίστασης πρόωσης.

14.3.2 Αντιδιατοιχιστικά πτερύγια

Τα αντιδιατοιχιστικά πτερύγια εφευρέθησαν το 1890 από τον Άγγλο Thornycroft, αλλά εφαρμόσθησαν μετά από 25 χρόνια περίπου. Μετά από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο τοποθετήθηκαν σε ικανό αριθμό πλοίων κατόπιν τελειοποιήσεων που έκαναν διάφοροι κατασκευαστές.

Το σύστημα (σχ. 14.6) 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 στο σχήμα με ζυγοσταθμημένο πηδάλιο και μπορούν να:

1) Εξέχουν μόνιμα από τη γάστρα.

2) Να αναδιπλώνονται (σχ. 14.7).

3) Να είναι συρταρωτά, να μπορούν δηλαδή να μπουν με υδραυλικά έμβολα μέσα στο πλοίο, όπως είναι τα τύπου Denny - Brown.

Όταν εξέχουν από το πλοίο μπορούν να περιστραφούν με τη βοήθεια άξονα, όπως τα πηδάλια.

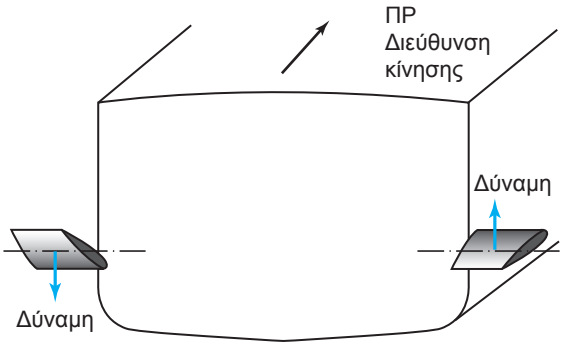
Το αριστερό και το δεξιό πτερύγιο στρέφονται συγχρόνως, αλλά και αντίθετα έτσι, ώστε να δημιουργείται ζεύγος αντίθετο προς αυτό που προκαλεί την εγκάρσια κλίση.

Στο σχήμα 14.8 εικονίζεται η τομή ενός πλοίου με αντιδιατοιχιστικά πτερύγια, καθώς και οι δυνάμεις που ενεργούν.

Οι εντολές προς κίνηση των πτερυγίων και δημιουργία του ζεύγους που αντιτίθενται στην κίνηση δίνονται μέσω μηχανισμού που έχει βάση το γυροσκόπιο.

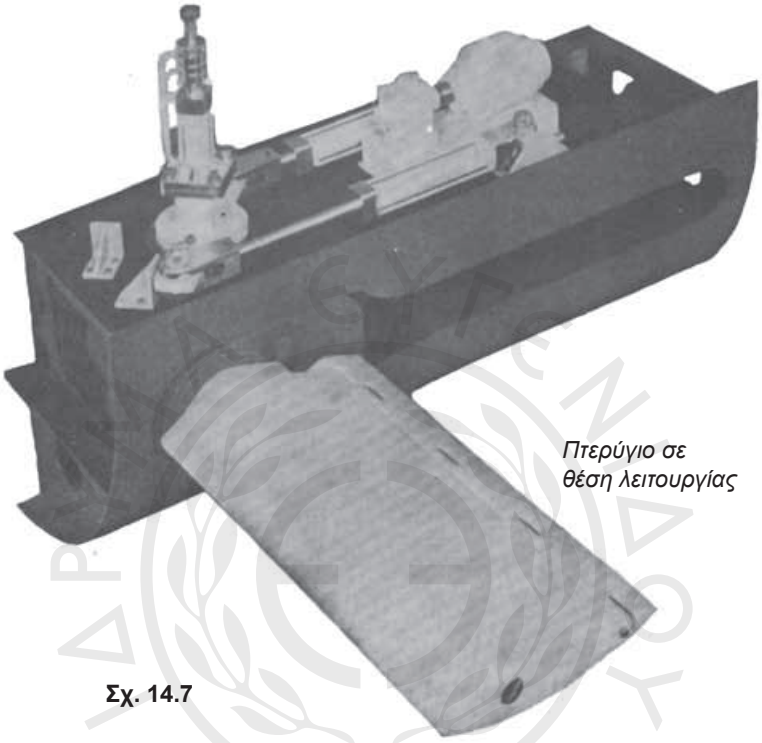
Η κίνηση της στροφής των πτερυγίων επιτυγχάνεται υδραυλικά.

Τα αντιδιατοιχιστικά πτερύγια είναι πολύ αποτελεσματικά, γιατί μειώνουν το εύρος του διατοιχισμού κατά 80% περίπου, αλλά για να λειτουργήσουν αποδοτικά απαιτείται κίνηση του πλοίου ώστε να δημιουργηθεί το απαιτούμενο ζεύγος ανόρθωσης, το οποίο είναι ανάλογο με το τετράγωνο της ταχύτητας του πλοίου.

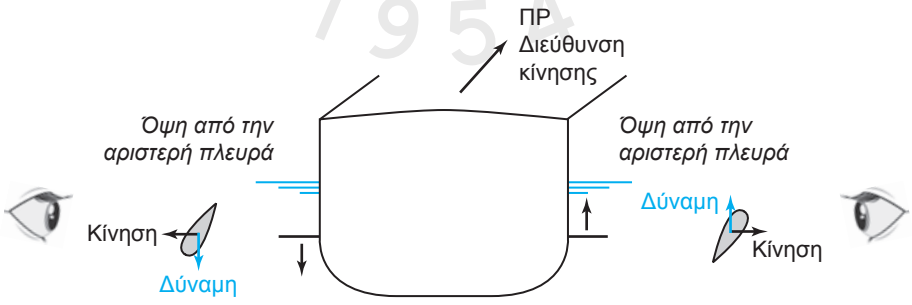


Σχ. 14.6

Προτιμάται γενικά η εφαρμογή αντιδιατοιχιστικών πτερυγίων, τα οποία έχουν μικρότερο βάρος, καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο και είναι αποδοτικότερα στη μείωση του εύρους διατοιχισμού.



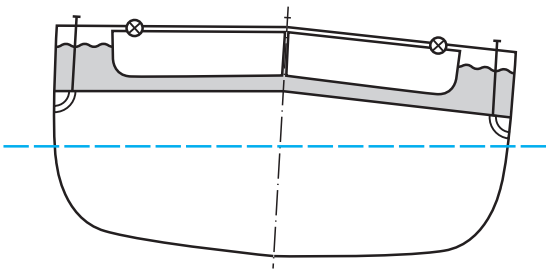
Σχ. 14.7



Σχ. 14.8

14.3.3 Αντιδιατοιχιστικές δεξαμενές

Στο σχήμα 14.9 φαίνεται χαρακτηριστική διάταξη ενός ζεύγους αντιδιατοιχιστικών δεξαμενών. Το μέγεθος των δεξαμενών και των οχετών επικοινωνίας των έχει

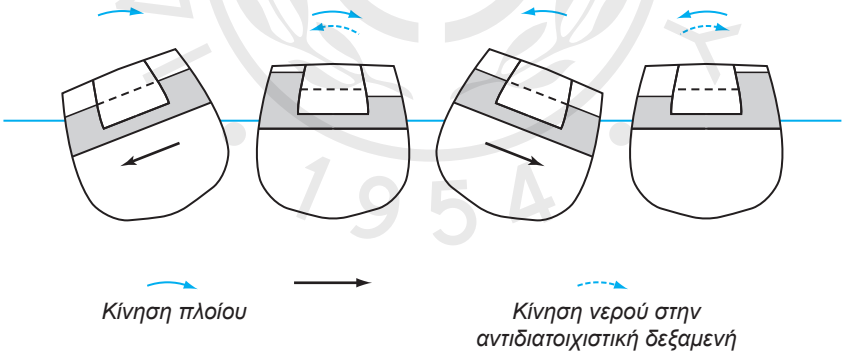


Σχ. 14.9

υπολογισθεί έτσι, ώστε όταν οι δεξαμενές είναι μισογεμάτες, η φυσική περίοδος της εγκάρσιας ταλάντωσης 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 ταλάντωσης του νερού που υπάρχει μέσα στο σύστημα.

Η φάση ροής του νερού μέσα στις δεξαμενές είναι ρυθμισμένη έτσι, ώστε υστερεί από την κίνηση ταλάντωσης κατά 90° περίπου και το νερό να ρέει πάντοτε προς την πλευρά της κλίσης με καθυστέρηση, προκαλώντας έτσι ζεύγος αντίθετο προς το εκάστοτε ζεύγος διατοιχισμού (σχ. 14.10).



Σχ. 14.10

14.3.4 Γυροσκοπική σταθεροποίηση

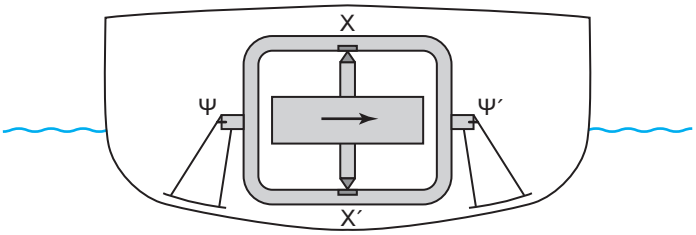
Η ενέργεια του γυροσκοπικού - σταθεροποιητή βασίζεται στη θεωρία του γυροσκοπίου.

Στο σχήμα 14.11 παριστάνεται γυροσκόπιο μέσα σε πλαίσιο που περιστρέφεται περί τον κατακόρυφο άξονα ΧΧ΄.

Αν το πλοίο στραφεί περί τον διαμήκη άξονα, δηλαδή διατοιχισθεί θα δημιουρ-

γηθεί από την αντίδραση του γυροσκοπίου ζεύγος που εφαρμόζεται επάνω στους τριβείς Ψ και Ψ΄ και αντιστέκεται στον διατοιχισμό.

Η μείωση διατοιχισμών με γυροσκόπιο δεν βρήκε ευρεία εφαρμογή.



Σχ. 14.11

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

15

Καταπόνηση και αντοχή των πλοίων

15.1 Γενικά

Οι πολλαπλές δυνάμεις που καταπονούν την κατασκευή του πλοίου και δημιουργούν τάσεις και καταπονήσεις, συνθέτουν πολύπλοκο πρόβλημα αντοχής. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η κατανόηση των δυνάμεων που επενεργούν, της αντίστασης του σκάφους σε αυτές και των ορίων της αντοχής του πλοίου.

15.2 Ναυπηγικά υλικά

15.2.1 Χάλυβας

Από τότε που αναπτύχθηκαν η μέθοδος Bessemer και η μέθοδος της ανοικτής καμίνου για τη βιομηχανική παραγωγή χάλυβα το κύριο υλικό κατασκευής του σκάφους είναι ο χάλυβας, ο οποίος είναι ομοιογενές υλικό με εξαιρετική αντοχή και μπορεί εύκολα να χυτευθεί και να διαμορφωθεί σε ελάσματα και δοκούς. Συγκολλιέται εύκολα και οι συγκολλητές ενώσεις είναι ομοιόμορφες και ψηλής αντοχής. Έχει το μειονέκτημα της μικρής αντίστασης στη θαλάσσια διάβρωση, γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην εφαρμογή προστατευτικού συστήματος χρωματισμού και στη συνεχή μέριμνα συντήρησης.

Ο ναυπηγικός ελατός χάλυβας (Mild Steel) έχει όριο θραύσης σε εφελκυσμό 41 ως 50 kg/mm^2 και χρησιμοποιείται για τα περισσότερα υπό κατασκευή πλοία. Κατά τα τελευταία χρόνια άρχισαν να χρησιμοποιούνται στη ναυπηγική χάλυβες μεγάλης αντοχής (όριο θραύσης σε εφελκυσμό 50 ως 63 kg/mm^2), για να μειωθούν οι διαστάσεις των κατασκευαστικών μελών του σκάφους και του βάρους του.

Τα ελάσματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία και οι μορφοδοκοί, φέρουν αναγνωριστικά σημεία (σφραγίδα) και συνοδεύονται από πιστοποιητικό του Νηογνώμονα, ο οποίος εποπτεύει την κατασκευή του πλοίου.

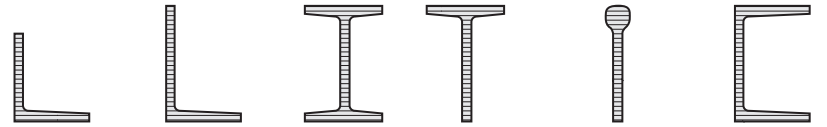
Η μορφή του χάλυβα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλοίων είναι:

1) ***Ελάσματα.*** Είναι φύλλα πάχους 6 ως 50 mm, πλάτους 1,50 ως 2,50 m και μήκους 6 ως 10 m.

2) ***Μορφοδοκοί.*** Έχουν διάφορες διατομές και διαστάσεις. Οι συνηθέστερες διατομές εικονίζονται στο σχήμα 15.1.

15.2.2 Μη σιδηρούχα υλικά

Η χρήση των υλικών αυτών στην κατασκευή σκάφους είναι περιορισμένη. Από μη σιδηρούχα υλικά κατασκευάζονται τμήματα σκάφους, πλοία ειδικού προορισμού,



Σχ. 15.1
Διατομές μορφοδοκών

όπως τα ναρκαλιευτικά, και μικρά πλοιάρια, όπως ιστιοφόρα, αλιευτικά, πλοιάρια αναψυχής κ.λπ.

Τα υλικά αυτά περιγράφονται με συντομία παρακάτω:

1) ***Ξυλεία.*** Διάφορα είδη ξυλείας χρησιμοποιούνται από τους αρχαιότατους χρόνους και σήμερα ακόμα για την κατασκευή του σκάφους των πλοίων. Η ξυλεία έχει μικρή αντοχή και απαιτεί χρησιμοποίηση κατασκευαστικών μελών μεγάλων διαστάσεων. Λόγω των μειονεκτημάτων της η ξυλεία χρησιμοποιείται σήμερα μόνον για την κατασκευή πλοιαρίων, λέμβων και θαλαμηγών πολυτελείας. Στον πίνακα 15.1 έχουν περιληφθεί μερικά είδη ξυλείας που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκάφους πλοιαρίων.

2) ***Πλαστικά υλικά.*** Άρχισαν να χρησιμοποιούνται εδώ και περισσότερο από μία δεκαετία, αντικαθιστώντας βαθμιαία την ξυλεία. Τα υλικά αυτά αποτελούνται από συνθετικές ρητίνες με στρώματα υαλοβάμβακα και χρησιμοποιούνται ήδη ευρέως για την κατασκευή ταχύπλοων πλοιαρίων, σωσίβιων λέμβων, καθώς και μικρών θαλαμηγών μήκους 20 – 25 m. Ήδη στην Αγγλία έχουν κατασκευασθεί ναρκαλιευτικά μήκους πάνω από 50 m και αποφασίσθηκε η ναυπήγηση και μεγαλύτερων πλοίων (ως 80 m), αφού με πειραματικές έρευνες δημιουργήθηκαν πλαστικά υλικά ακόμη μεγαλύτερης αντοχής σε κάμψη.

3) ***Αλουμίνιο.*** Χρησιμοποιείται υπό μορφή κραμάτων ανθεκτικών στο θαλάσσιο περιβάλλον, για την κατασκευή ειδικών πλοίων, όπως είναι τα ναρκαλιευτικά, λόγω των αντιμαγνητικών ιδιοτήτων του. Επίσης χρησιμοποιείται για τις υπερκατασκευές των επιβατηγών πλοίων, όπου για λόγους ευστάθειας επιβάλλεται η μείωση των βαρών στα ανώτερα καταστρώματα. Το κύριο πλεονέκτημά του είναι το μικρότερο ειδικό βάρος έναντι του χάλυβα· έχει όμως πάρα πολλά μειονεκτήματα, όπως είναι η μικρότερη αντοχή στη διάβρωση, δυσχέρειες σύνδεσης με ηλεκτροσυγκόλληση, μεγάλο κόστος και περιορισμένη δυνατότητα επιλογής ελασμάτων και μορφοδοκών. σε σύγκριση με το χάλυβα, έχει μικρότερη ελαττότητα, σκληρότητα και αντοχή.Εντούτοις ο λόγος βάρος/αντοχή είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο του χάλυβα. Επίσης η πρόσφατη εξέλιξη της τεχνικής επιτρέπει πια την εύκολη ηλεκτροσυγκόλλησή του.

15.3 Ορισμοί αντοχής

Παρακάτω δίνονται προς υπενθύμιση μερικοί χρήσιμοι ορισμοί της Αντοχής των Υλικών, όπου υπάρχει συσχετισμός με το πλοίο.

1) ***Τάση*** είναι η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που εφαρμόζεται στο υλικό και

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.1
Ξυλείες κατασκευής σκαφών

Ονομασία	*Χρώμα*	*Ιδιότητες*	*Χρήση*
Μαόνι	Υπέρυθρο προς κανελλόχρωμο	Εκλεκτό είδος, μέτριου βάρους. Σκληρό	Σε πολυτελή σκάφη για περιβλήματα και καταστρώματα
Τικ	Σκοτεινόχρωμο	Εκλεκτό είδος. Βαρύ. Σκληρό. Αντοχής στη θάλασσα	Σε καταστρώματα
Πιτς - Πάιν	Ερυθρό και σε αποχρώσεις ερυθρού	Εκλεκτό είδος. Βαρύ, σκληρό, μεγάλης διάρκειας	Περίβλημα και κατάστρωμα. Γενική χρήση
Όρεγκον - Πάιν	Σομφός: υπόλευκο Καρδιά: ανοικτό ερυθρό	Ελαφρό, μέτριας σκληρότητας	Σε καταστρώματα
Λάρτζινο	Σομφός: υπόλευκο Καρδιά: αποχρώσεις ερυθρού	Ελαφρό, μέτριας σκληρότητας. Ξυλεία δεύτερης ποιότητας	Περίβλημα, καταστρώματα και γενική χρήση
Βελανιδιά	Υποκίτρινο ως υπέρυθρο ή και φαιό σκοτεινό	Βαρύ, σκληρό, ανθεκτικό και μεγάλης διάρκειας	Τμήματα ανθεκτικού σκελετού. Ευρεία χρήση
Δεσποτάκι	Σομφός: υποκίτρινο Καρδιά: μέχρι σκοτεινόχρωμο	Βαρύ, σκληρό, αντοχής	Σε τμήματα σκελετού και σε κουπιά
Πεύκη	Υποκίτρινο ως ερυθρό	Μαλακό ιδιότητες αναλόγως προέλευσης και ποιότητας	Περίβλημα και κατάστρωμα. Γενική χρήση. Σε εγχώρια σκάφη χρησιμοποιείται συχνά το πεύκο Σάμου
Καραγάτσι	Σομφός: Ανοικτό κίτρινο Καρδιά: φαιόχρωμο ως καστανόχρωμο	Βαρύ, σκληρό, μεγάλης διάρκειας	Για τμήματα σκελετού. Βραστοί νομείς. Ακατάλληλο για περίβλημα
Έλατο	Υπόλευκο ή υποκίτρινο ως υπέρυθρο	Ελαφρό, μαλακό	Ιστοί

εκφράζεται σε kg/mm^2 ή *l*b/sq × in ή t/cm^2 ή t/sq × in.

Οι σχέσεις μεταξύ αυτών των μονάδων είναι ως εξής:

1 kg/mm^2 = 1424,5 *l*b/sq × in

1 *l*/b/sq × in = 0,000702 kg/mm^2

1 t/cm^2 = 6,35 Αγγλ. Τόνοι/sq × in

1 Αγγλ. Τον./sq × in = 0,157 t/cm^2

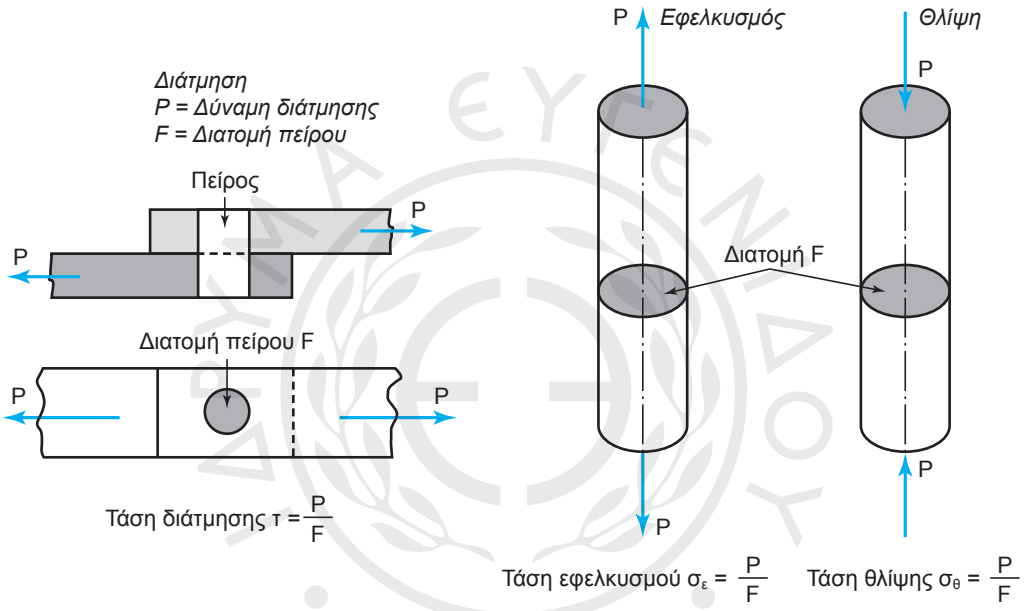
Η τάση διακρίνεται (σχ. 15.2) σε:

α) ***Τάση εφελκυσμού,*** η οποία προκαλείται, όταν δύο ίσες δυνάμεις ενεργούν στην ίδια ευθεία κατ' αντίθετη διεύθυνση και τείνουν να απομακρυνθούν.

β) ***Τάση θλίψης,*** η οποία προκαλείται, όταν δύο ίσες δυνάμεις ενεργούν στην ίδια ευθεία και τείνουν να πλησιάσουν η μία την άλλη.

γ) ***Τάση διάτμησης,*** η οποία προκαλείται, όταν δύο ίσες δυνάμεις ενεργούν ανατίθετα σε παράλληλες ευθείες (σχ. 15.2).

2) ***Παραμόρφωση.*** Είναι γενικά η μεταβολή διαστάσεων (παραμόρφωση), που προκύπτει από τις τάσεις και μετριέται σε cm ή in (δακτύλους). Έτσι, παραμόρφωση στην περίπτωση εφελκυσμού είναι η επιμήκυνση της ράβδου στο σχήμα 15.2, ενώ σε καμπτόμενη δοκό παραμόρφωση είναι η κύρτωσή της που μετριέται με το βέλος κάμψης.



Σχ. 15.2

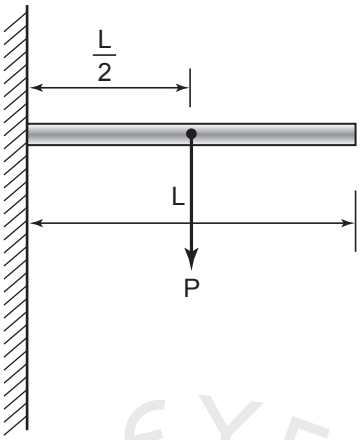
3) ***Φορτίο.*** Είναι το άθροισμα όλων των δυνάμεων, που ενεργούν σε ένα μέλος της κατασκευής (ή το άθροισμα των δυνάμεων για μία μονάδα μήκους).

4) ***Μέτρο ελαστικότητας.*** Αναφέρεται στο μέτρο ακαμψίας ή στερεότητας ενός υλικού και ορίζεται ως η θεωρητική τάση για τον διπλασιασμό του μήκους κατά τον εφελκυσμό.

5) ***Ροπή κάμψης.*** Δύναμη που ενεργεί σε απόσταση από ένα σημείο προκαλεί ροπή περί το σημείο αυτό. Έτσι, όταν μία δύναμη ενεργεί κάθετα προς τον άξονα δοκού, λέγεται ότι η δοκός υπόκειται σε καμπτική ροπή. Δοκός πακτωμένη στο ένα άκρο (σχ. 15.3) δέχεται καμπτική ροπή κοντά στην πάκτωση από την επενέργεια του ίδιου βάρους, ίση με:

$$M = P \times \frac{L}{2}$$

όπου: **P** είναι το βάρος ομοιόμορφης δοκού και **L** το μήκος της δοκού.



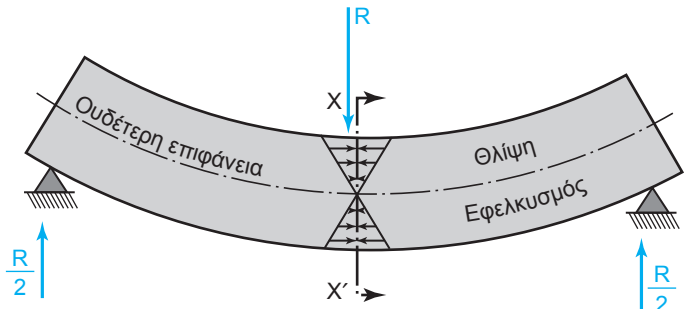
Σχ. 15.3

Στο σχήμα 15.4 φαίνεται μία δοκός ορθογωνικής διατομής, η οποία φορτίζεται στο μέσο και στηρίζεται στα άκρα. Υπό την επίδραση του φορτίου και των δυνάμεων στήριξης η δοκός δέχεται καμπτικές ροπές και κάμπτεται.

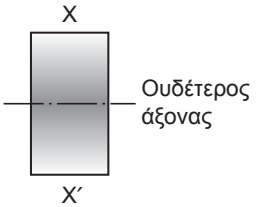
Η δοκός παραμορφώνεται με την κάμψη και μέσα στη δοκό υπάρχει μία διαχωριστική επιφάνεια, από τη μία πλευρά της οποίας οι ίνες εφελκύονται και επιμηκύνονται, ενώ από την άλλη πλευρά (οι ίνες) θλίβονται και βραχύνονται. Η παραπάνω διαχωριστική επιφάνεια καλείται *ουδέτερη επιφάνεια*. Σε οποιαδήποτε εγκάρσια τομή, όπως αυτή που εικονίζεται από σχήμα 15.5 η τομή της παραπάνω διαχωριστικής επιφάνειας εμφανίζεται ως γραμμή, η οποία καλείται *ουδέτερος άξονας*. Στην περίπτωση του σχήματος 15.5 ο ουδέτερος άξονας βρίσκεται λόγω συμμετρίας στο μέσο της απόστασης μεταξύ της πάνω και της κάτω επιφάνειας της δοκού.

Οι τάσεις θλίψης και εφελκυσμού αυξάνουν, όσο αυξάνει η απόστασή τους από τον ουδέτερο άξονα.

Οι τάσεις θλίψης τείνουν να βραχύνουν τη δοκό στο επάνω μέρος, ενώ οι τάσεις εφελκυσμού τείνουν να επιμηκύνουν τη δοκό στο κάτω μέρος. Οι αντίθετες παράλληλες δυνάμεις πάνω και κάτω από την ουδέτερη επιφάνεια και τον άξονα έχουν ως



Σχ. 15.4



Σχ. 15.5

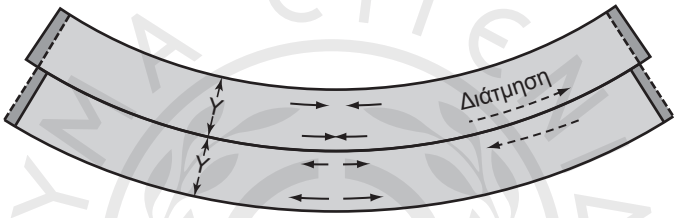
αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσεων διάτμησης (σχ. 15.6).

Ροπή αντίστασης διατομής δοκού. Η ακαμψία ή η αντίσταση στην κάμψη μίας δοκού εξαρτάται όχι μόνο από την επιφάνεια της διατομής αλλά και από την απόσταση της επιφάνειας της διατομής από τον ουδέτερο άξονα. Έτσι, δοκός σχήματος I έχει πολύ μεγαλύτερη αντίσταση σε κάμψη από δοκό με ίση επιφάνεια διατομής αλλά σχήματος πλήρους τετραγώνου.

Το μέτρο της αντίστασης σε κάμψη δίνεται από τον λόγο $\frac{I}{Y}$

όπου: **I** είναι η ροπή αδράνειας της διατομής περί τον ουδέτερο άξονα και
Y η απόσταση της πιο απομακρυσμένης από τον ουδέτερο άξονα ίνας της διατομής.

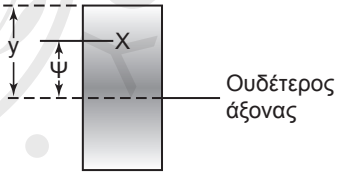
Ο λόγος Z = I/Y καλείται ροπή αντίστασης της διατομής της δοκού.



Σχ. 15.6

15.4 Αντοχή δοκού και τάση κάμψη

Όταν ένα σύστημα δυνάμεων ενεργεί σε δοκό και δημιουργεί καμπτικές ροπές, η δοκός θα υποστεί καμπτική παραμόρφωση, που εξαρτάται από το μέγεθος των καμπτικών ροπών.



Σχ. 15.7

Λόγω των καμπτικών ροπών αναπτύσσονται τάσεις που είναι τόσον μικρότερες όσο η ροπή αντίστασης είναι μεγαλύτερη. Έτσι, οι μέγιστες τάσεις θλίψης ή εφελκυσμού είναι στην επάνω ή στην κάτω επιφάνεια της δοκού και δίνονται υπό του τύπου σ = M/Z, ενώ οι τάσεις θλίψης ή εφελκυσμού σε τυχαίο σημείο μιας διατομής δίνονται από τον τύπο (σχ. 15.7):

$$\sigma = \frac{M \times \Psi}{I}$$

όπου: **σ** είναι η τάση θλίψης ή εφελκυσμού,
M η ροπή κάμψης στην εξεταζόμενη διατομή,
Z η ροπή αντίστασης της διατομής της δοκού,
Ψ η απόσταση του σημείου, που δέχεται την τάση σ, από τον ουδέτερο άξονα και
I η ροπή αδράνειας της εξεταζόμενης διατομής περί τον ουδέτερο άξονα.

15.5 Αντοχή πλοίου και θεωρία της καμπτόμενης δοκού

Το πλοίο μπορεί από πλευράς αντοχής να θεωρηθεί ως καμπτόμενη δοκός ορθογώνιας δακτυλιοειδούς διατομής. Η σύγκριση αυτή είναι κατά βάση σωστή, και εφόσον υποτεθεί ως γνωστή η κατανομή των δυνάμεων, μπορεί να υπολογισθεί η αντοχή μιας δοκού γνωστής διατομής.

Εντούτοις η θεωρία αυτή μιας απλής δοκού δεν αποτελεί ακριβές κριτήριο αντοχής, αλλά μόνο βάση σύγκρισης. Και αυτό γιατί:

1) Η κατασκευή του σκάφους είναι πολύπλοκη.

2) Δεν υπάρχει πάντοτε συνέχεια κατασκευής στα διάφορα μέλη.

3) Οι τρόποι σύνδεσης είναι ποικίλλοι (καρφώσεις και συγκολλήσεις).

4) Στο σκάφος υπάρχουν ανοίγματα (π.χ. στόμια).

5) Υπάρχουν δυναμικά φορτία και

6) τα στατικά φορτία είναι σύνθετα και μερικές φορές προκαλούνται τοπικές καταπονήσεις πολύ σημαντικότερες από τη γενική καταπόνηση του όλου σκάφους, που θεωρείται ως καμπτόμενη δοκός.

Πάντως η αξία της εφαρμογής της θεωρίας είναι σημαντική, και χρησιμοποιείται ως το κύριο μέσο στη σχεδίαση της κατασκευής του πλοίου, καθώς και στην ανάλυση της αντοχής της κατασκευής.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται διεθνώς και αποτελεί τη βάση ανάλυσης και συγκρίσης της αντοχής του σκάφους.

15.6 Τάσεις της κατασκευής του σκάφους

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέρθηκε η ομοιότητα της συμπεριφοράς του σκάφους από άποψης αντοχής προς καμπτόμενη δοκό. Για τον έλεγχο της επάρκειας της αντοχής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δυνάμεις που επιδρούν και οι τάσεις που αναπτύσσονται. Γι' αυτόν το σκοπό διακρίνονται οι τάσεις του κυρίως σκάφους και οι τοπικές τάσεις.

1) ***Τάσεις κυρίως σκάφους.*** Πλοίο που επιπλέει στην επιφάνεια υποστηρίζεται από δυνάμεις άντωσης, οι οποίες μεταβάλλονται κατά το μήκος και το πλάτος του. Το σύνολο των δυνάμεων άντωσης αποτελείται από τις κατακόρυφες δυνάμεις, οι οποίες ενεργούν προς τα πάνω, ενώ οι δυνάμεις που ενεργούν στο πλοίο προς τα κάτω αποτελούνται από το σύνολο των διάφορων βαρών του πλοίου, στα οποία συμπεριλαμβάνεται εκτός από το φορτίο και το βάρος του σκάφους. Ενώ η συνισταμένη των δυνάμεων άντωσης (ή άντωση) είναι ίση και αντίθετη προς τη συνισταμένη των βαρών (βάρος πλοίου) και οι δύο ενεργούν στην ίδια κατακόρυφο, οι κατακόρυφες δυνάμεις που ενεργούν κατά μήκος του πλοίου μεταβάλλονται και είναι άνισες. Η διαφορά μεταξύ των κατακόρυφων προς τα πάνω και προς τα κάτω δυνάμεων αποτελεί το φορτίο στη δοκό-πλοίο, το οποίο όταν μεταβάλλεται κατά μήκος του πλοίου δημιουργεί καμπτικές ροπές και διατμητικές τάσεις.

Σημειώνεται, ότι οι τάσεις που δημιουργούνται από την κάμψη του εγκάρσιου πλαισίου του πλοίου, είναι γενικά μικρότερες και λιγότερο σημαντικές απ' τις αντίστοιχες της διαμήκους κάμψης. Γενικά οι διαστάσεις των ανθεκτικών μελών, οι οποί-

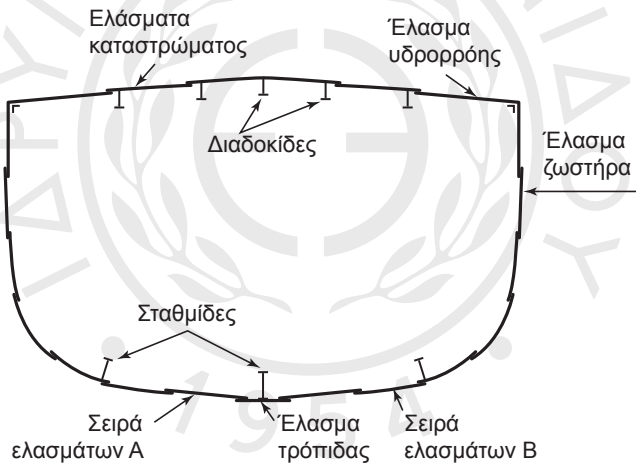
ες προσδιορίζονται από τις απαιτήσεις προς εξασφάλιση επαρκούς διαμήκους και τοπικής αντοχής, είναι επαρκείς ώστε να διατηρήσουν και τις καμπτικές τάσεις του εγκάρσιου πλαισίου σε παραδεκτά όρια.

Ως βάση των υπολογισμών χρησιμοποιείται η θεωρία της απλής δοκού και με βάση αυτήν οι τάσεις σε οποιαδήποτε διατομή κατά μήκος του πλοίου δίνονται από τη σχέση:

$$\sigma = \frac{M_x \times Y}{I_x} = \frac{M_x}{I_x/Y} = \frac{M_x}{Z_x}$$

όπου: $\mathbf{M_x}$ είναι η καμπτική ροπή στη διατομή x,
$\mathbf{I_x}$ η ροπή αδράνειας στη διατομή x,
Y η απόσταση της πιο απομακρυσμένης ίνας από τον ουδέτερο άξονα και
$\mathbf{Z_x}$ η ροπή αντίστασης στη διατομή x.

Τα μέλη που περιλαμβάνονται στον υπολογισμό της ροπής αδράνειας (I_x) πρέπει να είναι συνεχή κατά τη διαμήκη έννοια. Στο σχήμα 15.8 φαίνονται μόνο τα μέλη, τα όποια λάβαμε υπόψη στον παραπάνω υπολογισμό.



Σχ. 15.8

Σε μία εγκάρσια διατομή οι μεγαλύτερες τάσεις παρουσιάζονται στα πιο απομακρυσμένα από τον ουδέτερο άξονα σημεία, δηλαδή στην περιοχή του καταστρώματος και του πυθμένα.

Η ροπή κάμψης M_x και η ροπή αδράνειας I_x μεταβάλλονται από διατομή σε διατομή κατά μήκος του πλοίου. Επομένως οι τάσεις στα ελάσματα του καταστρώματος ή του πυθμένα γίνονται μέγιστες στη διατομή, στην οποία ο λόγος M_x/Z_x είναι μέγιστος. Συνήθως ο λόγος M_x/Z_x είναι μέγιστος κάπου στο μέσο του πλοίου.

Οι διατμητικές τάσεις γίνονται μέγιστες στην ουδέτερη επιφάνεια. Ανάλογα με την κατανομή των κατακόρυφων δυνάμεων (φόρτιση) θα αναπτυχθούν διατμητικές δυνάμεις κατά μήκος του πλοίου. Οι διατμητικές δυνάμεις και τάσεις γίνονται μέγιστες

λόγω γενικής ομοιότητας πλοίων, στις περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση L/4 από την πρώρα και την πρύμνη. Αυτό φαίνεται και στις καμπύλες τεμνουσών δυνάμεων των σχημάτων 15.11 και 15.12, οι οποίες περί τα σημεία αυτά (L/4) γίνονται μέγιστες.

2) ***Τοπικές τάσεις.*** Οι τάσεις αυτές οφείλονται σε υδροστατικές πιέσεις, συγκεντρωμένα φορτία και δυναμικές φορτίσεις.

Οι επιφάνειες των υφάλων δέχονται την επίδραση των υδροστατικών πιέσεων, οι οποίες είναι ανάλογες της υπερκείμενης στήλης νερού, δηλαδή του βυθίσματος. Οι δυνάμεις που επενεργούν κάθετα, στις επί μέρους επιφάνειες των υφάλων από υδροστατικές πιέσεις, μεταβιβάζονται στα ελάσματα του περιβλήματος και στις εσωτερικές ενισχύσεις, οι οποίες αντιστέκονται στην τάση παραμόρφωσης. Εκτός από αυτό, αν λόγω κατάκλυσης γεμίσει με θάλασσα ένα διαμέρισμα του πλοίου, οι στεγανές φρακτές θα υποστούν την επίδραση της υδροστατικής πίεσης. Όμοιες επιδράσεις υφίστανται οι περιφερειακές φρακτές δεξαμενών υγρών από την υδροστατική πίεση των υγρών που υπάρχουν μέσα σε αυτές.

Τα διάφορα βάρη υποστηρίζονται από διάφορα σημεία της κατασκευής του πλοίου. Τα φορτία αυτά μεταβιβάζονται προς την εσωτερική κατασκευή του πλοίου (νομείς, σταθμίδες κ.λπ.), καθώς και στα ελάσματα, όπου ενεργούν αντίθετα οι απ' έξω υδροστατικές πιέσεις. Προς αποφυγή υψηλών τάσεων από μεγάλα συγκεντρωμένα φορτία, όπως είναι οι λέβητες, οι μηχανές, τα βαρέα φορτία κ.λπ., λαμβάνονται μέτρα, ώστε οι παραπάνω περιοχές να ενισχύονται κατά τρόπο, ώστε τα συγκεντρωμένα φορτία να κατανέμονται σε μεγάλη επιφάνεια της κατασκευής του πλοίου.

Εκτός από τις παραπάνω τοπικές φορτίσεις από στατικά φορτία, το σκάφος δέχεται την ενέργεια δυναμικών φορτίων, όπως είναι η επενέργεια του κυματισμού, του άνεμου, οι αντιδράσεις από βολή πυροβόλων, από επιταχύνσεις λόγω των περιοδικών κινήσεων του πλοίου, (διατοιχισμοί κ.λπ.), από εκρήξεις βλημάτων κ.λπ.

15.7 Δυναμικές καταπονήσεις

Μερικές από τις συνήθεις δυναμικές καταπονήσεις περιγράφονται παρακάτω:

1) Καταπόνηση ελασμάτων πλευρών πλώρης (panting)

Από την κατακόρυφη παλινδρομική κίνηση της πλώρης τα ελάσματα της πλευράς κάμπτονται προς τα μέσα και έξω με ιδιαίτερη ένταση.

Προς αντιμετώπιση της ιδιαίτερης αυτής καταπόνησης προβλέπονται από τους κανονισμούς ιδιαίτερες ενισχύσεις, δηλαδή μικρότερη απόσταση μεταξύ νομέων ή πρόσθετες ενισχύσεις.

2) Καταπόνηση ελασμάτων πυθμένα πλώρης (slamming)

Προκαλείται από αιφνίδια έξοδο της πλώρης του σκάφους επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και επανείσοδό της με πάταγο (σκάσιμο) μέσα στα κύματα. Αυτό το κτύπημα στα ελάσματα του πυθμένα στην περιοχή της πλώρης προκαλεί ιδιαίτερη δόνηση σε ολόκληρο το πλοίο και μάλιστα εντονότερη όταν το πλοίο βρίσκεται

σε άφορτη κατάσταση. Για να αυξηθεί η αντοχή, το πρωραίο μέρος του πυθμένα ενισχύεται αναλόγως.

3) Κόπωση (fatigue)

Η κατά τη διάρκεια κυματισμού περιοδική εναλλαγή από την κατάσταση Hogging στην κατάσταση Sagging λόγω της συνάντησης των κυμάτων, προκαλεί το φαινόμενο της κόπωσης, δηλαδή της εναλλακτικής φόρτισης σε εφελκυσμό και σε θλίψη, ιδιαίτερα των ελασμάτων του καταστρώματος και του πυθμένα (μια τέτοια εναλλαγή εφελκυσμού θλίψης καλείται ***κύκλος φόρτισης).***

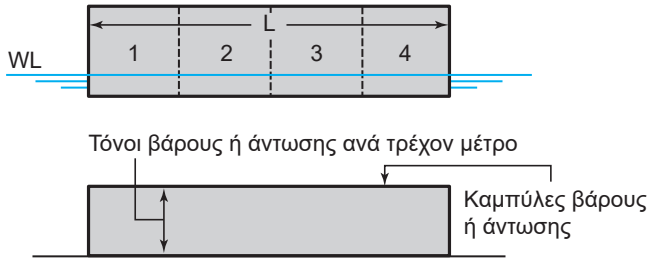
Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των πλοίων σε συνδυασμό με το επίπεδο των συνηθισμένων τάσεων στην αρχή δεν δημιουργεί κινδύνους θραύσεων του υλικού από κοπώσεις, γιατί ο αριθμός των κύκλων στους οποίους αντέχει το υλικό είναι πολύ ψηλότερος από τους κύκλους φόρτισης στους οποίους υποβάλλεται κατά τη διάρκεια της ζωής το πλοίο. Εν τούτοις το φαινόμενο της κόπωσης είναι δυνατό να παρουσιασθεί σε μερικά σημεία της κατασκευής, όπου υφίσταται συγκέντρωση τάσεων (βλ. § 15.9).

15.8 Καμπύλες καμπτικών ροπών και αντοχής πλοίου

Αν ένα σώμα σταθερής διατομής από ομοιογενές υλικό (π.χ. κομμάτι ομοιογενούς ξυλείας με σχήμα ορθογώνιας δοκού) επιπλέει σε ήρεμο νερό τότε βρίσκεται σε στατική ισορροπία. Σε κάθε τμήμα κατά μήκος του σώματος οι δυνάμεις βάρους και άντωσης που επενεργούν είναι ίσες και αντίθετες, γι' αυτό δεν επενεργούν καμπτικές ροπές, και επομένως το σώμα δεν κάμπτεται.

Αν στο σώμα αυτό προστεθεί βάρος σε τμήμα του μήκους του και το σώμα εξακολουθεί να επιπλέει, η τοπική ισορροπία μεταξύ κατανομής βάρους και άντωσης θα διαταραχθεί και θα δημιουργηθούν καμπτικές ροπές. Στο τμήμα του σώματος στο οποίο επενεργεί το βάρος που προστέθηκε, οι δυνάμεις βάρους θα είναι μεγαλύτερες από την άντωση, ενώ στο υπόλοιπο σώμα οι δυνάμεις άντωσης θα είναι μεγαλύτερες από το βάρος, ώστε η ολική δύναμη άντωσης να είναι ίση και αντίθετη προς το ολικό βάρος του σώματος.

Στο σχήμα 15.9 παριστάνεται ποντόνιο ορθογωνικού σχήματος μήκους L, σταθερού βάρους ανά μονάδα μήκους και υποδιαιρεμένο με τρεις στεγανές φρακτές σε τέσσερα ίσου μήκους διαμερίσματα.



Σχ. 15.9

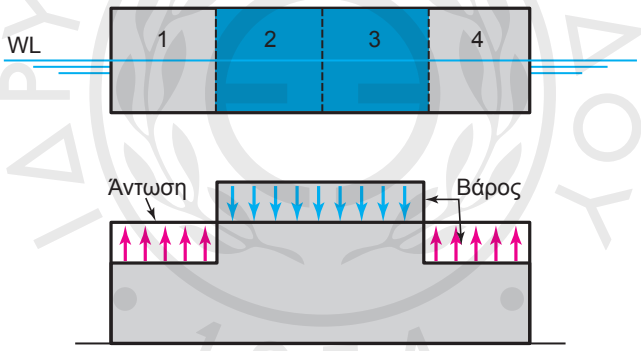
Λόγω της ομοιόμορφης κατανομής τους, το βάρος και η άντωση είναι ίσα ανά μονάδα μήκους.

Στο σχήμα 15.10 οι καμπύλες βάρους ανά μονάδα μήκους και οι καμπύλες άντωσης ανά μονάδα μήκους συμπίπτουν. Η ολική επιφάνεια κάτω από την καμπύλη βάρους είναι ίση προς το ολικό βάρος του σώματος και προς την ολική άντωση, αφού το ποντόνιο επιπλέει σε ισορροπία.

Αν τα δύο εσωτερικά διαμερίσματα (2 και 3) γεμίσουν με ομοιογενές φορτίο, π.χ. ένα υγρό, το ποντόνιο θα βυθισθεί σε μεγαλύτερο βύθισμα έτσι, ώστε η αντωση να είναι ίση προς το νέο ολικό βάρος.

Το βάρος που προστέθηκε είναι συγκεντρωμένο στα υπ' αριθ. 2 και 3 διαμερίσματα (σχ. 15.11), ενώ κατά μήκος των διαμερισμάτων υπ' αριθ. 1 και 4 το ανά μονάδα μήκους βάρους παραμένει ως είχε πριν από τη φόρτωση του ποντονίου.

Στο σχήμα 15.11 έχουν χαραχθεί οι καμπύλες άντωσης και βάρους ανά μονάδα μήκους. Η ολική επιφάνεια κάτω από την καμπύλη άντωσης (δηλ. η άντωση) είναι ίση προς την ολική επιφάνεια κάτω από την καμπύλη βάρους (δηλ. το ολικό βάρος του ποντονίου). Από το σχήμα φαίνεται ότι το βάρος είναι μεγαλύτερο από την άντωση στο μέσον, ενώ η άντωση είναι μεγαλύτερη από το βάρος στα άκρα του ποντονίου.



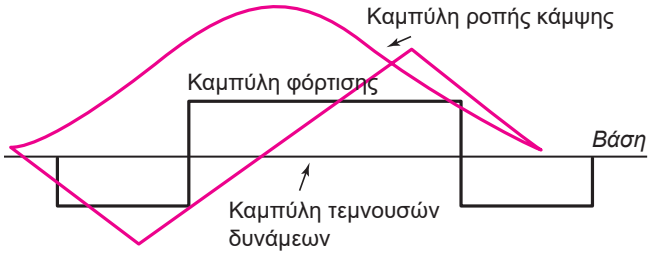
Σχ. 15.10

Η διαφορά των δύο παραπάνω καμπυλών αποτελεί την καμπύλη φόρτισης λόγω της διαφοράς στην κατανομή του βάρους και της άντωσης το ποντόνιο υπόκειται σε καμπτικές ροπές.

Στο σχήμα 15.11 έχουν σημειωθεί με κόκκινα βέλη οι δυνάμεις φόρτισης ανά μονάδα μήκους προς τα πάνω (περίσσεια άντωσης) και με πράσινα βέλη οι προς τα κάτω δυνάμεις φόρτισης (περίσσεια βάρους).

Η καμπύλη φόρτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βρεθούν οι τέμνουσες δυνάμεις κατά μήκος του ποντονίου. Εξ ορισμού η τέμνουσα δύναμη σε οποιαδήποτε διατομή είναι ίση ***προς το αλγεβρικό άθροισμα των κατακόρυφων δυνάμεων στο προς τα αριστερά της διατομής μέρος της δοκού.*** Επομένως για να βρεθεί η τέμνουσα δύναμη σε οποιοδήποτε σημείο του μήκους της δοκού, πρέπει να υπολογισθεί η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη φόρτισης. Η καμπύλη ή το διάγραμμα των

τεμνουσών δυνάμεων παριστάνεται στο σχήμα 15.11. Με όμοιο τρόπο είναι δυνατός ο υπολογισμός και η χάραξη της ροπής κάμψης, η καμπύλη της οποίας έχει επίσης χαραχθεί στο σχήμα 15.11.



Σχ. 15.11

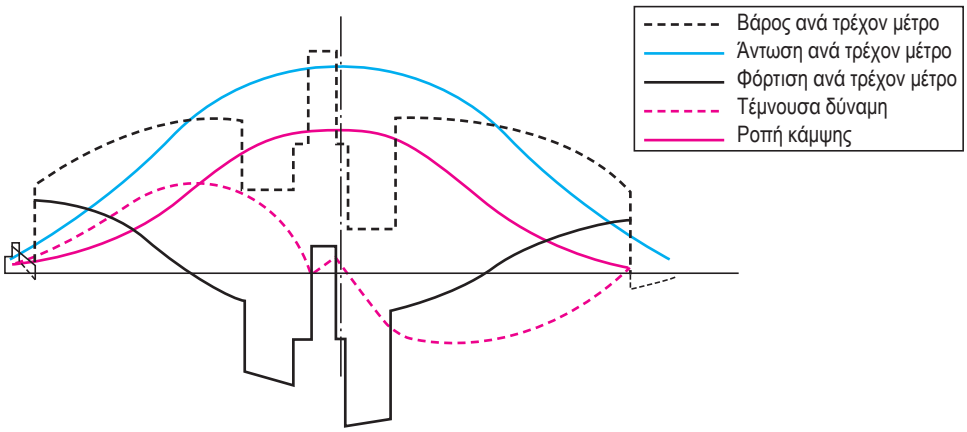
Στην πράξη κατά τη μελέτη αντοχής των πλοίων, η κατανομή των βαρών υπολογίζεται ακριβώς και χαράσσεται η καμπύλη κατανομής τους. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν προσεγγίζοντες τύποι κατανομής του βάρους του σκάφους, ενώ υπολογίζονται ακριβώς τα συγκεντρωμένα φορτία (μηχανές, λέβητες κ.λπ.) και τα βάρη των μεταφερόμενων φορτίων. Η καμπύλη κατανομής της άντωσης υπολογίζεται εύκολα από τις καμπύλες «Bonjean», οι οποίες δίνουν την επιφάνεια των εγκαρσίων διατομών του πλοίου. Από τις δύο αυτές καμπύλες προκύπτουν οι καμπύλες φόρτισης, τεμνουσών δυνάμεων και καμπτικών ροπών (σχ. 15.12).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει, η καταπόνηση των πλοίων σε κυματισμό.

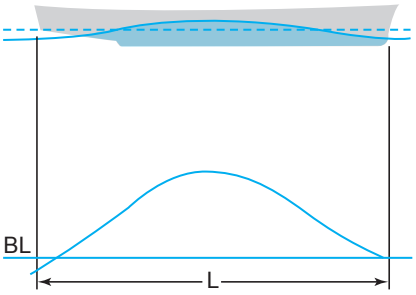
Στα σχήματα 15.13 και 15.14 εικονίζονται δύο τυπικές οριακές περιπτώσεις, κατά τις οποίες το πλοίο υπόκειται στην επίδραση κύματος ίσου προς το μήκος του. Η κατανομή της άντωσης είναι διαφορετική από εκείνη σε ήρεμο νερό.

Έτσι στο σχήμα 15.13 η άντωση αυξάνει κοντά στο κέντρο και μειώνεται κοντά στα άκρα (κατάσταση Hogging), ενώ στο σχήμα 15.14 η άντωση αυξάνει κοντά στα άκρα του πλοίου και μειώνεται κοντά στο κέντρο (κατάσταση Sagging).

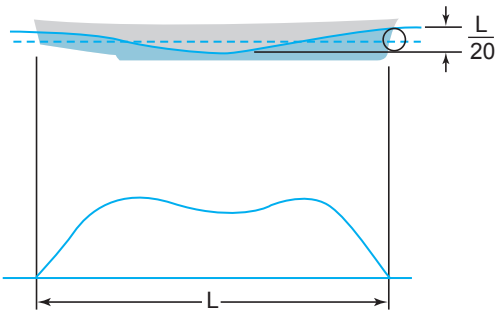
Κατάσταση Hogging ή Sagging μπορεί επίσης να δημιουργηθεί με ανομοιόμορφη



Σχ. 15.12



Σχ. 15.13



Σχ. 15.14

φόρτωση του πλοίου. Έτσι, φορτώνοντας μόνο τα ακραία αμπάρια θα έχουμε κατάσταση Hogging, ενώ φορτώνοντας μόνο τα κεντρικά θα έχουμε κατάσταση Sagging.

Σ' αυτήν την περίπτωση η διαπίστωση κατάστασης Hogging ή Sagging μπορεί να γίνει με απλή ανάγνωση των βυθισμάτων. Συγκεκριμένα όταν το βύθισμα στο μέσον του πλοίου είναι μικρότερο από το ημιάθροισμα των βυθισμάτων πρώρας και πρύμνης έχουμε κατάσταση Hogging, ενώ όταν το βύθισμα στο μέσον είναι μεγαλύτερο από το ημιάθροισμα των ακραίων βυθισμάτων έχουμε κατάσταση Sagging. Αποτέλεσμα είναι η φανερή κάμψη του πλοίου.

Πραγματικά η καταπόνηση είναι μεγαλύτερη. Και οι δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αντοχής του σκάφους.

Στην εξέταση του θέματος λαμβάνεται συνήθως ύψος κύματος ίσο προς το 1/20 του μήκους του και υπολογίζονται οι καμπτικές ροπές και οι τάσεις για διάφορα εκτοπίσματα και τρόπους φόρτωσης, προκειμένου να καθορισθούν οι δυσμενέστερες συνθήκες. Η τάση που προκύπτει από τους υπολογισμούς έχει βασικά ενδεικτικό και συγκριτικό χαρακτήρα.

15.9 Ύπαρξη συνέχειας στην κατασκευή

Η αποτελεσματικότητα του σκάφους του πλοίου ως δοκού και η εφαρμογή της θεωρίας της κάμψης εξαρτάται βασικά από τη συνέχεια των κατά μήκος μελών αντοχής της κατασκευής. Από τη φύση του πλοίου είναι αδύνατη η αυστηρή τήρηση της συνέχειας όλων των ανθεκτικών μελών, γιατί είναι αναγκαία η διακοπή της συνέχειας ορισμένων μελών λόγω ανοιγμάτων, όπως είναι τα στόμια των κυτών.

Σε μερικά σημεία απαγορεύεται η διακοπή της συνέχειας, όπως δεν επιτρέπονται ανοίγματα και οπές στα ελάσματα υδρορρόης και τρόπιδας. Σε άλλα σημεία, όπου από τα ανοίγματα μειώνεται η διατομή του σκάφους και κατά συνέπεια η αντοχή, προβλέπεται η τοποθέτηση ενισχύσεων υπό μορφή αυξημένων παχών και διπλών ελασμάτων (doubler plates), επιπλέον αποφεύγονται αιχμηρές γωνίες, απότομες μεταβολές διατομών κ.λπ.. Όλα τα ανοίγματα έχουν στρογγυλεμένες τις γωνίες με μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας.

Έτσι, μειώνεται το φαινόμενο της συγκέντρωσης τάσης στα σημεία ασυνέχειας, στα οποία, αν δεν ληφθούν τα παραπάνω μέτρα, παρουσιάζονται πολύ αυξημένες τάσεις (τριπλάσιες ή τετραπλάσιες από τις συνηθισμένες).

16

Κατασκευή του πλοίου

16.1 Γενικά

Η κατασκευή του πλοίου γίνεται σε ειδικό Εργοστάσιο - Εργοτάξιο Ναυπηγείο, το οποίο είναι σήμερα, μία από τις πιο σύνθετες βιομηχανικές μονάδες. Σ' αυτό συγκεντρώνονται όλα τα απαραίτητα υλικά, μηχανήματα και ανθρώπινο δυναμικό για την κατασκευή των επί μέρους εξαρτημάτων και την τελική συναρμολόγησή τους σε πλοίο. Η εξέλιξη των Ναυπηγείων και ο τρόπος κατασκευής του πλοίου είναι παράλληλος με την εξέλιξη των τύπων των πλοίων.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν στοιχεία για τα Ναυπηγεία τα οποία κατασκευάζουν τους σύγχρονους τύπους πλοίων, καθώς και περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής. Τέλος θα δοθούν στοιχεία για την καλή οργάνωση των Ναυπηγείων και της παραγωγής σε αυτά.

16.2 Σχεδίαση Ναυπηγείου

16.2.1 Απόφαση κατασκευής του Ναυπηγείου

Η απόφαση κατασκευής ενός Ναυπηγείου εξαρτάται βασικά από τη ζήτηση πλοίων ή ορισμένων τύπων πλοίων στην παγκόσμια αγορά. Το κύκλωμα της Ναυτιλίας είναι κατεξοχήν παγκόσμιο και είναι δυνατό να ιδρυθεί Ναυπηγείο π.χ. στην Ελλάδα για να κατασκευάζει σκάφη τα οποία θα εξυπηρετούν τη Γραμμή Ιαπωνίας - Αυστραλίας. Με αυτήν την έννοια πριν από κάθε απόφαση γίνεται ή πρέπει να γίνεται μία λεπτομερής έρευνα της αγοράς των πλοίων ή των συγκεκριμένων τύπων πλοίων για τα οποία προορίζεται.

Είναι όμως δυνατό ένα Ναυπηγείο να κατασκευασθεί στην αρχή για να επισκευάζει μόνο πλοία, και στη συνέχεια αν οι οικονομικές συνθήκες το επιτρέψουν, να εξελιχθεί και σε κατασκευαστική μονάδα. Αυτό δεν γίνεται συνήθως.

16.2.2 Η επιλογή της θέσης

Μετά τη λήψη της απόφασης, το επόμενο βήμα είναι η επιλογή της θέσης στη δεδομένη χώρα, για την κατασκευή του Ναυπηγείου. Κατά την επιλογή βασικοί παράγοντες, που λαμβάνονται υπόψη είναι η *υπάρχουσα υποδομή της περιοχής*, η *φύση του εδάφους*, το *κλίμα και το θαλάσσιο περιβάλλον της περιοχής* και η *δυνατότητα επέκτασης του Ναυπηγείου*. Αναλυτικότερα:

1) ***Η υπάρχουσα υποδομή της περιοχής.***

Το Ναυπηγείο απαιτεί συνήθως πολυάριθμο ανθρώπινο δυναμικό, τόσο εργατο-

τεχνικό όσο και επιστημονικό. Είναι λοιπόν απαραίτητο να βρίσκεται σε μικρή απόσταση από ένα αστικό κέντρο ή να δημιουργηθεί κατάλληλος οικισμός κοντά στο Ναυπηγείο.

Λόγω της φύσης των εργασιών του Ναυπηγείου απαιτείται επίσης η δυνατότητα οδικής, και αν είναι δυνατό, σιδηροδρομικής σύνδεσής του με το εθνικό δίκτυο, η δυνατότητα παροχής της αναγκαίας ηλεκτρικής ενέργειας και γλυκού νερού. Τέλος απαιτείται η δυνατότητα εύκολης εξεύρεσης υλικών και ειδικότερα βοηθητικού υλικού, εξαρτημάτων και μηχανικού εξοπλισμού του πλοίου (προναυπηγική βιομηχανία).

2) ***Έδαφος – Θάλασσα – Κλίμα.*** Η περιοχή του Ναυπηγείου πρέπει να είναι επίπεδη και γι' αυτό αν δεν είναι, απαιτούνται εκσκαφές και εκβραχισμοί για τη διαμόρφωση της περιοχής, οι οποίοι πρέπει να μην είναι δαπανηροί.

Η ηρεμία της θάλασσας είναι βασικό πλεονέκτημα για ένα Ναυπηγείο και συνεπώς ή θα πρέπει η περιοχή να είναι φυσικό λιμάνι ή τα έργα προστασίας που απαιτούνται να μην είναι δαπανηρά.

Το καλό κλίμα πρέπει να εξασφαλίζει ανεκτές συνθήκες εργασίας το μεγαλύτερο διάστημα του έτους και βέβαια αυξάνει την απόδοση, αφού μεγάλο μέρος της εργασίας γίνεται στο ύπαιθρο, στη ναυπηγική κλίνη. Σε περιοχές όπου το κλίμα δεν είναι καλό μεγάλο μέρος των εργασιών γίνεται σε στεγασμένους χώρους, τελευταία δε λειτουργούν και εντελώς στεγασμένα Ναυπηγεία (Αγγλία - Σουηδία).

3) ***Η δυνατότητα επέκτασης.*** Για κάθε μελλοντική επέκταση πρέπει να υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος και η απαλλοτρίωσή του να είναι δυνατή, χωρίς να είναι υπερβολικά δαπανηρή. Συνήθως ένα Ναυπηγείο επεκτείνεται προοδευτικά, επομένως πρέπει να λαμβάνεται από την αρχή μέριμνα για μελλοντικές επεκτάσεις.

16.2.3 Η μελέτη κατασκευής του Ναυπηγείου

Η απόφαση της κατασκευής, η οποία συνοδεύεται και από ***προσδιορισμό της επισκευαστικής*** ή και ***κατασκευαστικής ικανότητας*** του Ναυπηγείου, και η επιλογή τη θέσης του, δίνουν τα βασικά δεδομένα στα οποία θα στηριχθεί η μελέτη του Ναυπηγείου.

Η μελέτη γίνεται σε διαδοχικά στάδια. Σε κάθε στάδιο οι μελετητές καταλήγουν σε μία σχεδίαση του Ναυπηγείου λεπτομερέστερη από την προηγούμενη και φροντίζουν, ώστε να λαμβάνουν υπόψη ολοένα και περισσότερους παράγοντες. Στα διαδοχικά στάδια αντιμετωπίζονται και επιλύονται ενδεχόμενα προβλήματα και δυσχέρειες.

Τα συνηθισμένα στάδια είναι τα παρακάτω:

1) ***Προκαταρκτική μελέτη.*** Περιλαμβάνει τους βασικούς σκοπούς και τη δυναμικότητα του υπό ίδρυση ναυπηγείου.

2) ***Μελέτη σκοπιμότητας.*** Με βάση τα παραπάνω στοιχεία γίνεται ένα προσχέδιο της διάταξης των βασικών χώρων κ.λπ., και ο κατά προσέγγιση προϋπολογισμός από τον οποίο προκύπτει κατά πόσο το υπό μελέτη Ναυπηγείο θα ευσταθεί οικονομικά, δηλαδή να μπορεί να αποφέρει κέρδος και πόσο περίπου.

3) ***Μελέτη έργου.*** Γίνεται λεπτομερής μελέτη του όλου έργου.

4) ***Ανάθεση και εκτέλεση έργου.*** Υπογράφονται συμβόλαια και συμβάσεις με τα οποία ανατίθεται η κατασκευή του έργου σε εργολήπτριες εταιρείες.

16.3 Τα βασικά τμήματα ενός Ναυπηγείου

Η δημιουργία Ναυπηγείου σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο αποτελεί προνόμιο των νέων μόνο Ναυπηγείων, που κατασκευάστηκαν μεταπολεμικά και μάλιστα την τελευταία 10ετία (κυρίως στην Ιαπωνία). Τα παλιότερα και περισσότερα Ναυπηγεία, ήταν στην αρχή μικρές επισκευαστικές μονάδες, οι οποίες με συνεχείς επεκτάσεις εξελίχθηκαν σε κατασκευαστικά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην γίνεται πάντα σωστή κατανομή των απαραίτητων τμημάτων εντός του χώρου του Ναυπηγείου και γι' αυτό να υπάρχει μικρότερη αποδοτικότητα.

Πάντως τα βασικά τμήματα υπάρχουν σε όλα τα μεγάλα Ναυπηγεία, είτε αυτά κατασκευάσθηκαν εξαρχής ύστερα από συνολική μελέτη, είτε στην πράξη με τον τρόπο της συνεχούς επέκτασης.

Οι ***κύριες λειτουργίες*** που επιτελούνται στο Ναυπηγείο είναι:

1) Μελέτη και σχεδίαση του πλοίου.

2) Προπαρασκευή της παραγωγής.

3) Εκτέλεση - κατασκευή.

Τα ***βασικά τμήματα*** του Ναυπηγείου είναι τα εξής:

1) ***Τμήμα μελέτης και σχεδίασης πλοίου.*** Σε αυτό εκπονούνται τα σχέδια για πλοίο την κατασκευή του οποίου ανάλαβε το Ναυπηγείο. Μπορεί όμως το Ναυπηγείο να αγοράζει τα κατασκευαστικά σχέδια από Γραφείο Μελετών ή άλλο Ναυπηγείο. Αυτό αποδεικνύεται πολλές φορές συμφερότερο για νέα Ναυπηγεία, τα οποία στερούνται επαρκούς πείρας ή προσωπικού.

2) ***Τμήμα προϋπολογισμού κόστους.*** Σε αυτό εκτελούνται οι προϋπολογισμοί για την υποβολή προσφορών βάσει στοιχείων που συνάγονται από τη λογιστική υπηρεσία και διαβιβάζονται στο Τμήμα.

3) ***Τμήμα παραγγελιών.*** Από αυτό δίνονται οι παραγγελίες των βασικών υλικών για την κατασκευή του πλοίου, δηλαδή του χάλυβα, του μηχανολογικού, ηλεκτρολογικού και υπόλοιπου εξοπλισμού.

4) ***Λογιστήριο.*** Αποτελεί το οικονομικό κέντρο ελέγχου των δραστηριοτήτων του Ναυπηγείου. Σε αυτό υπάγεται και το βασικό για την παραγωγή τμήμα Αποθήκης υλικού.

5) ***Αποθήκη υλικού.*** Σε αυτήν διατηρείται το απαραίτητο απόθεμα (stock) από όλα τα υλικά, για τη συνέχιση της παραγωγής, έστω και αν οι προμηθευτές του Ναυπηγείου καθυστερήσουν την παράδοση του υλικού. Η αποτελεσματική λειτουργία των τμημάτων Παραγγελιών και Αποθήκης είναι από τους βασικούς συντελεστές καλής οργάνωσης του Ναυπηγείου.

6) ***Τμήμα προγραμματισμού.*** Καταρτίζει το γενικό πρόγραμμα κατασκευής των επί μέρους κομματιών και τμημάτων (τομέων) του σκάφους, καθώς και το πρόγραμμα εξοπλισμού του σκάφους. Αντίστοιχα εκδίδει τις εντολές κατασκευής προς τα τμήματα παραγωγής, τα οποία είναι:

α) ***Τμήμα προετοιμασίας χαλυβδελασμάτων.*** Για τον χημικό καθαρισμό και τη βαφή των ελασμάτων, τα οποία παραμένουν συνήθως στο ύπαιθρο, μέχρι να κατασκευαστεί το σκάφος.

β) ***Τμήμα χάραξης.*** Περιλαμβάνει τον πύργο χάραξης όπου η χάραξη είναι οπτική

και γίνεται με προβολή σε φυσικό μέγεθος πάνω στο επίπεδο χάραξης των σχεδίων υπό κλίμακα 1:10 ή ακόμη σε πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις από Microfilm.

γ) ***Τμήμα διαμόρφωσης ελασμάτων*** (βαρύ ελασματουργείο). Σε αυτό με τη βοήθεια οξυγονοκοπτών (αυτομάτων και μη), μεγάλων πρεσών, στραντζών, γίνεται η κοπή των ελασμάτων και η διαμόρφωση των καμπύλων τμημάτων κ.λπ., όπως περιγράφεται και στη συνέχεια.

δ) ***Τμήμα προκατασκευής.*** Έχει αποδειχθεί ότι συμφέρει η συναρμολόγηση των επί μέρους ελασμάτων σε μεγάλους τομείς (blocks) κυρίως για την κατασκευή του χαλύβδινου σκάφους. Στην προκατασκευή συγκολλούνται οι τομείς είτε αυτόματα είτε από συγκολλητές, ή με συνδυασμό, ο οποίος και συνηθίζεται. Η εργασία μπορεί έτσι, να γίνει σε χώρους καταλληλότερους από τη ναυπηγική κλίνη, πολλές φορές στεγασμένους (βλ. παραπάνω) με αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα εργασίας και τη μείωση του κόστους.

ε) ***Τμήμα συναρμολόγησης*** (ελαφρύ ελασματουργείο). Για τα μικρά τμήματα και εξαρτήματα, γίνεται εκεί η συγκόλληση των ελασμάτων με βάση τα επί μέρους κατασκευαστικά σχέδια (βλ. και στη συνέχεια).

στ) ***Τμήμα ανέγερσης.*** Είναι η *ναυπηγική κλίνη* ή *μόνιμη δεξαμενή*, σπανιότερα δε *πλωτή*.

16.3.1 Ναυπηγική κλίνη

Είναι επίμηκης, ελαφρά κατηφορικός χώρος, που καταλήγει στη θάλασσα (βλ. σχ. 16.1) κατά μήκος του οποίου τοποθετούνται υπόβαθρα και επάνω σε αυτά τοποθετούνται οι τομείς του πυθμένα του σκάφους. Πάνω σε αυτούς συνεχίζεται η συναρμολόγηση και η συγκόλληση των τομέων προκατασκευής, από τους οποίους αποτελείται το χαλύβδινο σκάφος. Το πλοίο όταν είναι έτοιμο καθελκύεται με ολίσθηση πάνω στα υπόβαθρα, που έχουν κατάλληλα λιπανθεί. Η καθέλκυση αποτελεί θέμα λεπτομερούς ναυπηγικής μελέτης, η οποία εξασφαλίζει τη μη καταπόνηση τόσο του σκάφους όσο και των υποβάθρων πέρα από τα επιτρεπτά όρια, την ευστάθεια του σκάφους κλπ., κατά τα διάφορα στάδια της καθέλκυσης, και μάλιστα σε ορισμένες κρίσιμες φάσεις της. Όπως π.χ. τη στιγμή, λίγο πριν από το τέλος της καθέλκυσης, κατά την οποία η πρύμνη που επιπλέει τείνει να ανέλθει λόγω της αυξημένης άντωσης, εγκαταλείποντας τα υπόβαθρα και προκαλώντας έτσι ισχυρές πιέσεις στο μικρό τμήμα του άκρου της πρώρας που απομένει πάνω στα υπόβαθρα.

16.3.2 Μόνιμη δεξαμενή

Είναι η εναλλακτική και ακριβότερη λύση ως προς την κλίνη για την κατασκευή του πλοίου. Το δάπεδο της δεξαμενής είναι οριζόντιο και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ η είσοδος του νερού εμποδίζεται με κατάλληλα τοποθετούμενο θυρόπλοιο, το οποίο κλείνει την είσοδο της δεξαμενής.

Για καθέλκυση αφαιρείται το θυρόπλοιο (το οποίο είναι πλωτό), αφού προηγουμένως κατακλυσθεί από θάλασσα η δεξαμενή και πλεύσει το πλοίο, το οποίο έλκεται έξω από τη δεξαμενή με ρυμουλκά. Μετά την απομάκρυνση του πλοίου επανατοποθετείται το θυρόπλοιο και αντλούνται τα νερά από τη δεξαμενή με τη χρήση αντλιών και το πλοίο κάθεται επάνω στα υπόβαθρα.

Πλωτή δεξαμενή. Έχει το σχήμα της μόνιμης δεξαμενής, αλλά κατασκευάζεται από χάλυβα όπως τα πλοία. Με ερματισμό, βυθίζεται και το δαπεδό της κατεβαίνει κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και το σκάφος που τοποθετείται πάνω στα υπόβαθρα ανυψώνεται μαζί με τη δεξαμενή. Συνήθως η πλωτή δεξαμενή χρησιμοποιείται για τον δεξαμενισμό πλοίων, στο οποίο εκτελούνται εργασίες συντήρησης και επισκευών.

Απαραίτητο στοιχείο κατά μήκος των κλινών ή των δεξαμενών είναι οι γερανοί για την ανύψωση και τοποθέτηση όλων των εξαρτημάτων και τομέων. *«Οι Γερανοί είναι τα χέρια του Ναυπηγείου»*.

16.3.3 Χώροι για επισκευή και εξοπλισμό πλοίων

Οι παρακάτω χώροι ή τμήματα προορίζονται κυρίως για την επισκευή ή τον εξοπλισμό των πλοίων.

1) ***Προβλήτες εξοπλισμού και επισκευών.*** Κατά μήκος τους κινούνται επάνω σε σιδεροτροχιές γερανοί για την τοποθέτηση των εξαρτημάτων εξοπλισμού του σκάφους, για το οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω.

2) ***Μηχανουργείο.*** Εφοδιασμένο με τόρνους, πλάνες και εργαλειομηχανές, προορίζεται για την κατεργασία των διάφορων εξαρτημάτων τού υπό ναυπήγηση πλοίου (πηδάλιο, χοάνη, ποδόστημα κλπ.), αλλά και για επισκευές των μηχανών των υπό επισκευή πλοίων. Σε μερικά μεγάλα Ναυπηγεία, στο Μηχανουργείο κατασκευάζονται οι μηχανές πρόωσης και τα μηχανήματα των ναυπηγούμενων πλοίων, συνήθως κατόπιν ειδικής συμφωνίας (άδειας - License), με τα μεγάλα εργοστάσια κατασκευής ναυτικών μηχανών.

Η εγκατάσταση όλου του μηχανικού εξοπλισμού του πλοίου γίνεται επίσης από το Μηχανουργείο του Ναυπηγείου. Τα ίδια ισχύουν και για το Λεβητοποιείο.

3) ***Σωληνουργείο.*** Εκεί γίνεται η προκατασκευή και διαμόρφωση των τμημάτων των δικτύων σωληνώσεων του πλοίου (που ναυπηγείται ή επισκευάζεται). Η εγκατάσταση των δικτύων και του όλου υδραυλικού εξοπλισμού του πλοίου γίνεται επίσης από το Σωληνουργείο.

4) ***Εφαρμογείο.*** Κάνει όλες τις εξαρμόσεις, εφαρμογές και συναρμολογήσεις των μηχανημάτων που επισκευάζονται ή κατασκευάζονται.

5) ***Χυτήριο.*** Κατασκευάζει τα καλούπια και μετά τα χυτά εξαρτήματα των πλοίων (όσα κατασκευάζει το Ναυπηγείο).

6) ***Ξυλουργείο.*** Εφοδιασμένο με τόρνους, πλάνες, ξεχονδριστήρες, πριονιστήριο κ.λπ., κατασκευάζει τον ξύλινο εξοπλισμό του πλοίου, ξύλινα καταστρώματα, χώρους διαμονής, επίπλωση κ.λπ. με τον καιρό, η ξυλεία τείνει να αντικατασταθεί από συνθετικά και πλαστικά υλικά, τα οποία, εκτός των άλλων, είναι συνήθως λιγότερο εύφλεκτα από αυτή.

7) ***Ηλεκτρολογείο.*** Διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό για την εγκατάσταση στο πλοίο ηλεκτρικών μηχανών, δικτύων, πινάκων και γενικά όλου του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού του πλοίου, ο οποίος τα τελευταία χρόνια έχει πάρει μεγάλη έκταση.

8) ***Τμήμα Δοκιμών.*** Προγραμματίζει και κάνει τις δοκιμές του νεοκατασκευασμένου ή εκτεταμένα επισκευασμένου πλοίου.

16.3.4 Βοηθητικές Υπηρεσίες Ναυπηγείου

– Μεταφορές. Διαθέτει τα απαραίτητα μεταφορικά μέσα, όπως αυτοκίνητα, περονοφόρα οχήματα, γερανοί και γερανογέφυρες.

– Τμήμα συντήρησης. Διαθέτει υλικά και μέσα για τον καθαρισμό και χρωματισμό των μεταλλικών επιφανειών του πλοίου (βλ. Κεφ. 19).

16.4 Σύντομη περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής

Η διαδοχή φάσεων της σχεδίασης και κατασκευής ενός υπό παραγγελία πλοίου φαίνεται στον πίνακα 16.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.1

1.	Σχεδίαση του πλοίου.
2.	Υποβολή βασικών κατασκευαστικών σχεδίων στο Νηογνώμονα.
3.	Παραγγελία πρώτων υλών (βασικά του χάλυβα).
4.	Έγκριση σχεδίων από τον Νηογνώμονα.
5.	Τέλος της σχεδίασης υπό κλίμακα 1:10. Παράδοση σχεδίων στο χαρακτήριο.
6.	Παραλαβή υλικών και αποθήκευση στα Ναυπηγεία.
7.	Παράδοση του χάλυβα στα συνεργεία. Έναρξη παραγωγής μελών της χαλύβδινης κατασκευής του σκάφους.
8.	Έναρξη συναρμολόγησης σε μεγάλους τομείς προκατασκευής (blocks).
9.	Τέλος της κατασκευής των τομέων και παράδοσή τους στον χώρο ανέγερσης του σκάφους (Ναυπηγική κλίνη ή δεξαμενή).
10.	Τέλος της τοποθέτησης και συγκόλλησης τομέων πάνω στο πλοίο.
11.	Εξοπλισμός του σκάφους στην κλίνη (προεξοπλισμός).
12.	Καθέλκυση του σκάφους.
13.	Εξοπλισμός μετά την καθέλκυση.
14.	Δοκιμές του πλοίου.
15.	Παράδοση του σκάφους.

Η παραπάνω διαδοχή δίνει μία απλουστευμένη εικόνα της παραγωγικής διαδικασίας, αφού εκφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου η λεπτομερής περιγραφή.

Η εργασία που γίνεται σε κάθε φάση δίνεται στον παρακάτω πίνακα 16.2.

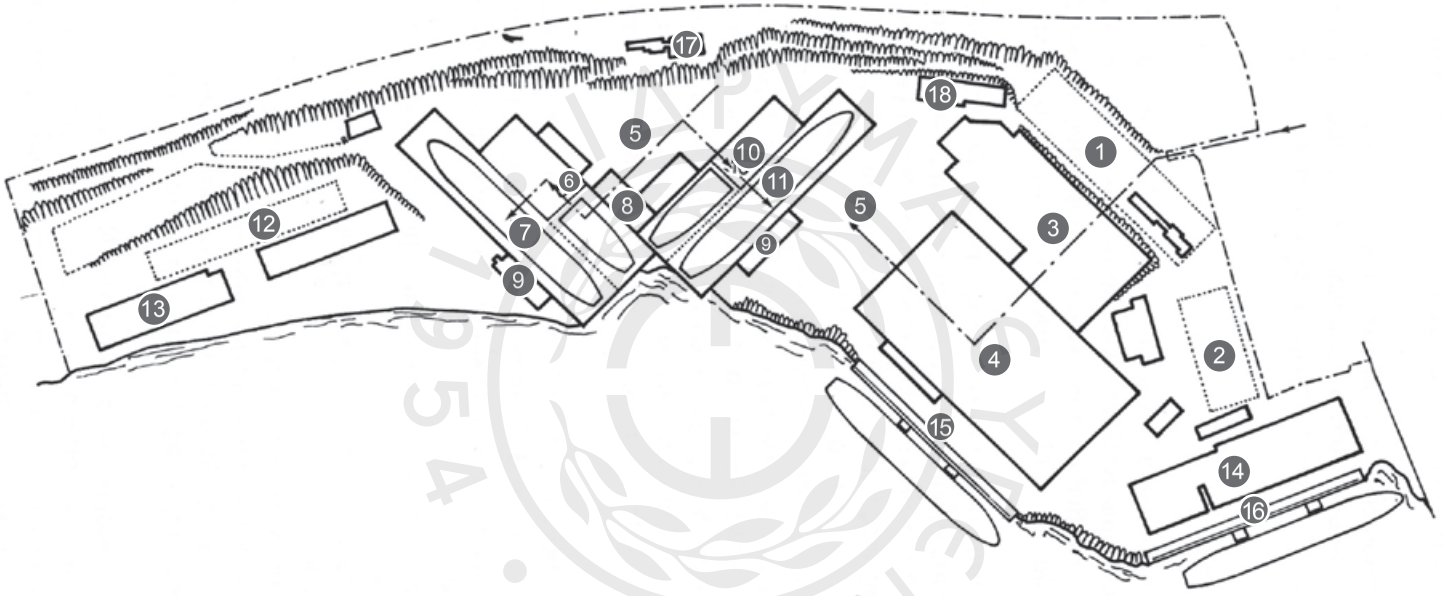
Όσον αφορά τη λειτουργία των επί μέρους τμημάτων των Ναυπηγείων ενδιαφέρουσες είναι οι παρακάτω παρατηρήσεις:

1) ***Προκατασκευή.*** Με βάση το γενικό διάγραμμα Ναυπήγησης (χρονικό και ποσοτικό) είναι δυνατή η ομοιόμορφη φόρτιση όλων των συνεργείων της προκατασκευής, ώστε να είναι έτοιμοι οι τομείς για την ανέγερση και τον προεξοπλισμό μέσα στον προβλεπόμενο χρόνο. Για την εξομάλυνση των αιχμών εφαρμόζεται σήμερα σε πολλά μεγάλα Ναυπηγεία ο διαχωρισμός των τομέων σε κύριες ομάδες, οι οποίες εμφανίζουν ομοιομορφία κατασκευής (ταυτόχρονα κατασκευή τομέων παράλληλου τμήματος και κυρτών τομέων, όπως πρύμνη και πλώρα, από διαφορετικά συνεργεία).

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.2

Φάση	Τμήμα του Ναυπηγείου	Εκτελούμενη εργασία
1	Σχεδιαστήριο	Κατασκευαστικά σχέδια σκάφους. Εκπόνηση των υπόλοιπων σχεδίων του σκάφους (μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά, σωληνουργικά). Έγκριση από τον Νηογνώμονα και τον Πλοιοκτήτη.
2 – 4 3	Σχεδιαστήριο Τμήμα Παραγγελιών	Ενδεχόμενες τροποποιήσεις. Κατόπιν εντολής του τμήματος μελετών τοποθέτηση παραγγελίας των υλικών που απαιτούνται.
3 – 6	Χαλυβουργείο (εκτός Ναυπηγείου)	Εκτέλεση παραγγελίας του χάλυβα. Επιθεώρηση από τον Νηογνώμονα του χάλυβα. Παράδοση στο Ναυπηγείο χάλυβα.
6 – 7	Προπαρασκευή χάλυβα	Χημικός και μηχανικός καθαρισμός χαλυβδοελασμάτων. Προστατευτικός χρωματισμός χαλυβδοελασμάτων (primers).
5 – 7	Χαρακτήριο	Χάραξη των χαλυβδοελασμάτων. Προετοιμασία κοπής χάλυβα.
7 – 8	Τμήμα διαμόρφωσης ελασμάτων	Κοπή των ελασμάτων και δοκών. Διαμόρφωση των καμπύλων τμημάτων. Αποστολή κομματιών για συγκόλληση.
8 – 9	Τμήμα Προκατασκευής	Συναρμολόγηση και συγκόλληση των κομματιών σε μεγάλους τομείς (blocks).
7 – 9	Τμήμα Συναρμολογήσης Εξαρτημάτων. (Ελαφρό Ελασματουργείο)	Κατασκευή μικρών εξαρτημάτων εξοπλισμού του σκάφους (π.χ. βάσεις μηχανημάτων, πόρτες, σκάλες κ.λπ.). Κοπή, διαμόρφωση και συγκόλληση ελασμάτων.
9 – 10 – 11	Τμήμα Ανέγερσης	Κατασκευή του πλοίου, με τη συναρμολόγηση των μεγάλων συγκροτημάτων (blocks).
7 – 11	Προεξοπλισμός	Τοποθέτηση (συγκόλληση ή σύνδεση) πάνω στο πλοίο των εξαρτημάτων εξοπλισμού του (μέχρι την καθέλκυση).
12	Καθέλκυση	Προετοιμασία καθέλκυσης, υπολογισμός καθέλκυσης, απαραίτητες εργασίες στη ναυπηγική κλίνη και τη δεξαμενή, καθέλκυση του σκάφους.
13	Εξοπλισμός	Μηχανολογικός Σωληνουργικός Ηλεκτρολογικός Επίπλωσης Εξαρτισμού } Γίνεται από τα αντίστοιχα συνεργεία
14	Δοκιμές	Γίνονται σύμφωνα με αυτά που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 18.
15	Παράδοση	Μετά τη συμπλήρωση όλων των δοκιμών.

Σχεδιάγραμμα της διάταξης ενός Ναυπηγείου μέσης δυναμικότητας που εκσυγχρονίστηκε τελευταία για τη ναυπήγηση μέσης χωρητικότητας Πλοίων Γενικού Φορτίου και Χύδην Φορτίου δίνεται στο σχήμα 16.1



Σχ. 16.1

Διάταξη ναυπηγείου μεσαίου μεγέθους. (1) Αποθήκη χαλυβδοελασμάτων. (2) Αποθήκη διατομών χάλυβα. (3,4) Συνεργείο προετοιμασίας και συναρμολόγησης χαλυβδοελασμάτων και διατομών. (5) Χώρος εναπόθεσης τομέων. (6,10) Συνεργείο συναρμολόγησης τομέων βάρους μέχρι 150 t. (7,11) Συνεργείο κατασκευής του κύριου τμήματος του σκάφους (ναυπηγικές κλίνες). (8) Συνεργείο μοντέλων κατασκευής (modyle shop). (9) Κέντρο ελέγχου του εξοπλισμού. (12) Γενική αποθήκη. (13) Σωληνουργείο. (14) Συνεργεία εξοπλισμού. (15,16) Προβλήτες εξοπλισμού. (17) Γραφεία εξυπηρέτησης προσωπικού. (18) Κεντρικά γραφεία ναυπηγείου.

2) ***Ανέγερση.*** Στη ναυπηγική κλίνη ή στη δεξαμενή, και με τον προεξοπλισμό που εφαρμόζεται σήμερα το μεγαλύτερο μέρος των εργασιών ναυπήγησης γίνεται στην ανέγερση.

Άρα ο χρόνος ανέγερσης είναι αποφασιστικός για το συνολικό χρόνο.

3) ***Προεξοπλισμός – Εξοπλισμός.*** Απαιτείται καλός συντονισμός των επί μέρους συνεργείων για τη γρήγορη και χωρίς σφάλματα εκτέλεση των εργασιών.

16.5 Οργάνωση Ναυπηγείου

Ο βασικός σκοπός του Ναυπηγείου είναι να κατασκευάζει τα πλοία που του παραγγέλλονται μέσα στα προσυμφωνηθέντα χρονικά περιθώρια και με το μικρότερο δυνατό κόστος, τηρώντας βέβαια τους κανόνες ασφαλούς και καλής κατασκευής. Αυτό είναι αναγκαίο για να εξασφαλισθεί η συναγωνιστικότητα του Ναυπηγείου.

Τόσο ο μικρός χρόνος όσο και το μικρό κόστος κατασκευής εξασφαλίζονται με τη σωστή οργάνωση του Ναυπηγείου, το θέμα δε αυτό αποτέλεσε αντικείμενο μεγάλης έρευνας σε όλες τις Ναυπηγικές χώρες, τόσο από τα Ναυπηγεία όσο και από τις Πανεπιστημιακές Ναυπηγικές σχολές ή τα κέντρα ερευνών (Αγγλία, Ιαπωνία).

Είναι ιδιαίτερα δύσκολη η σωστή οργάνωση λόγω του αντικειμένου της παραγωγής. Η βασική δυσκολία είναι ότι η παραγωγή δεν γίνεται μαζικά, αλλά κατά μονάδες και συνήθως διαφορετικού κάθε φορά τύπου. Έτσι, εμποδίζεται η εφαρμογή της τυποποίησης σε μεγάλη κλίμακα και η παραγωγή των τμημάτων και εξαρτημάτων των πλοίων σε σειρά, όπως συμβαίνει σε μία βιομηχανία κατασκευής αυτοκινήτων. Τελευταία ορισμένα ναυπηγεία κατασκευάζουν κατόπιν παραγγελίας τυποποιημένα σκάφη σε σειρά (π.χ. SD 14, Fortune), για να αντιμετωπιστεί αυτή η δυσκολία.

Ανεξάρτητα από αυτό ο περιορισμός του χρόνου και του κόστους κατασκευής είναι δυνατός αν προσεκτικά μελετηθούν οι φάσεις της παραγωγής. Αυτό σε πολλά Ναυπηγεία έχει γίνει (κυρίως Ιαπωνικά) και οι μελετητές έχουν καταλήξει στα εξής γενικά συμπεράσματα:

1) Η καλή οργάνωση αφορά τόσο στο εργατικό δυναμικό, όσο και στον μηχανολογικό εξοπλισμό του Ναυπηγείου.

2) Δεν είναι δυνατή η αποτελεσματική οργάνωση μεμονωμένων τμημάτων του Ναυπηγείου αλλά ολόκληρου.

3) Ο εκσυγχρονισμός του Μηχανολογικού εξοπλισμού είναι συνήθως απαραίτητος ως μέρος της νέας σωστής οργάνωσης υπάρχοντος Ναυπηγείου.

4) Υπάρχουν ορισμένοι τομείς των οποίων η προσεκτική οργάνωση και ο εξοπλισμός είναι αποφασιστικής σημασίας. Τέτοιοι νευραλγικοί τομείς είναι κατά κανόνα:

α) Τα ανυψωτικά και μεταφορικά συστήματα του Ναυπηγείου.

β) Το σύστημα παραγγελιών και αποθήκευσης των παραγγελόμενων υλικών, όπως και το σύστημα αποθήκευσης των κατασκευαζόμενων εξαρτημάτων και κομματιών του πλοίου, καθώς και η ποσότητά τους.

Ο στόχος μιας καλής οργάνωσης είναι η αποτελεσματική χρησιμοποίηση του εξοπλισμού του Ναυπηγείου με μία ισόρροπη διάταξή του και αντίστοιχα μία προσαρμοσμένη διαδικασία παραγωγής.

16.6 Εισαγωγή νέων μεθόδων παραγωγής

Κατά την τελευταία δεκαετία η μελέτη των μειονεκτημάτων των παλιότερων μεθόδων παραγωγής και η εξέλιξη της τεχνολογίας, ιδιαίτερα των Ηλεκτρονικών υπολογιστών, οδήγησαν στην υιοθέτηση νέων συγχρόνων μεθόδων παραγωγής, κυρίως από τα μεγάλα Ναυπηγεία.

Δύο είναι τα ***βασικά σκέλη*** του εκσυγχρονισμού.

1) ***Αυτοματοποίηση*** της παραγωγής με την εισαγωγή του Η/Υ (Ηλεκτρονικού Υπολογιστή).

2) ***Χωρισμός της ναυπήγησης*** του σκάφους σε δύο ή περισσότερα τμήματα (Πρυμναίο - Μεσαίο - Πρωραίο) και συγκόλλησή τους λίγο πριν ή μετά την καθέλκυση.

16.6.1 Αυτοματοποίηση

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη Ναυπηγική βιομηχανία στους παρακάτω τομείς:

1) ***Μελέτη πλοίου*** (υπολογισμός υδροστατικού διαγράμματος, ογκομέτρησης, ευστάθειας, αντοχής κ.λπ.).

2) ***Σχεδίαση πλοίου*** (καθοδήγηση σχεδιαστικών μηχανών).

3) Κατασκευή σκάφους (αυτόματη κοπή ελασμάτων, συγκόλληση ενισχυτικών, συγκόλληση σε τομείς με δυνατή περιστροφή των τομέων, κατασκευή σωλήνων κ.λπ.).

4) ***Έλεγχος της παραγωγής*** (planning and control).

5) ***Παρακολούθηση αποθήκης*** (έλεγχος ύψους αποθεμάτων).

6) ***Κοστολόγηση σκάφους.***

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ότι όλες οι παραπάνω εφαρμογές είναι δυνατό να ενσωματωθούν σε ένα γενικότερο σύστημα καθοδήγησης (monitoring) της παραγωγής.

Σήμερα τα μεγαλύτερα Ναυπηγεία προσπαθούν να επιτύχουν την ενσωμάτωση αυτή, αλλά κάθε Ναυπηγείο καταλήγει στο δικό του σύστημα, αφού αποδείχτηκε ότι η μεταφορά ενός συστήματος από ένα ναυπηγείο σε άλλο δεν είναι εύκολη και απαιτεί οργανικές και λειτουργικές μεταβολές.

Τα βασικά ***πλεονεκτήματα*** των συστημάτων αυτών είναι:

1) Συντόμευση του χρόνου σχεδίασης, χάραξης και προετοιμασίας κοπής.

2) Κατάργηση χωριστού σχεδιαστηρίου και ενσωμάτωσή του στο τμήμα μελετών με ταυτόχρονη αύξηση της επιστημονικής στάθμης του προσωπικού του, ώστε να χρησιμοποιεί τον υπολογιστή.

3) Κοπή των ελασμάτων με μεθόδους αριθμητικές (numerical control method) οι οποίες είναι ταχύτερες και ακριβέστερες.

4) Αύξηση ακρίβειας της κατασκευής στο τριπλάσιο.

5) Εξομάλυνση αιχμών στις διαδοχικές φάσεις της παραγωγής (διευκόλυνση ροής: stream lining).

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα είναι τόσο αποδοτικότερα όσο μεγαλύτερο είναι το Ναυπηγείο και πιο προηγμένη η τεχνολογία των μέσων παραγωγής.

16.6.2 Κατασκευή σκάφους σε 2 ή 3 τμήματα

Η ανάγκη της εφαρμογής αυτής της μεθόδου προέκυψε από τρεις βασικούς λόγους:

1) Έλλειψη χώρου για κλίνη μεγάλου μήκους (ναυπήγηση υπερδεξαμενοπλοίων), οπότε το σκάφος κατασκευάζεται και καθελκύεται σε 2 τμήματα, τα οποία στη συνέχεια συγκολλιούνται.

2) Απαίτηση μακρού χρόνου για τον εξοπλισμό του Μηχανοστασίου (πάνω από τα 25% του συνολικού χρόνου εργασίας για το σκάφος). Γι' αυτό το πρυμναίο τμήμα του σκάφους αρχίζει να κατασκευάζεται πριν από το υπόλοιπο (μεσαίο και πρωραίο) ενώ δηλαδή αναγείρεται το προηγούμενο σκάφος. Δηλαδή ταυτόχρονα κατασκευάζεται ένα και μισό σκάφος. Αυτό εφαρμόζεται και για μεγάλα αλλά και για μικρά σκάφη (10 - 50.000 DWT) γιατί αυξάνεται έτσι η απόδοση και η ταχύτητα κατασκευής.

Απ' όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι η ανανέωση του εξοπλισμού και των μεθόδων παραγωγής συμβαδίζει στις σύγχρονες Ναυπηγικές μονάδες με αύξηση της στάθμης οργάνωσης. Ο συνδυασμός αυτός είναι απαραίτητος για την περιστολή του κόστους κατασκευής που ανέρχεται συνεχώς και την αύξηση της τεχνολογικής στάθμης και απόδοσης (performance) των νέων πλοίων, δηλαδή στη διατήρηση η και αύξηση της συναγωνιστικότητας του Ναυπηγείου.

3) Ελάττωση του συνολικού χρόνου ναυπήγησης, εφόσον τα τμήματα κατασκευάζονται συγχρόνως σε διαφορετικά ναυπηγεία.

17

Σύγχρονοι τύποι εμπορικών πλοίων

17.1 Γενικά

Η εξέλιξη των μεταφορών σε συνδυασμό με την πρόοδο της ναυπηγικής και των εφαρμοσμένων επιστημών γενικότερα μεταβάλλει συνεχώς τους τύπους των εμπορικών πλοίων για να εξυπηρετούν καλύτερα και οικονομικότερα τον σκοπό, για τον οποίο κατασκευάστηκαν.

Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα των εξελίξεων είναι:

1) Ο περιορισμός των υπερωκεανίων και γενικά των τακτικών επιβατικών γραμμών λόγω του συναγωνισμού των αερομεταφορών. Αντίθετα διατηρούνται τα επιβατηγά πλοία συνήθως με μορφή πορθμείων (ferry boats) για την εξυπηρέτηση συμπλεγμάτων Νησιών (π.χ. Νησιά Αιγαίου) ή μικρών αποστάσεων (Μάγχη).

2) Η χρησιμοποίηση πολυτελών επιβατηγών πλοίων (κρουαζερόπλοια) χωρητικότητας 500 - 1000 επιβατών, με μορφή εκδρομικών τουριστικών πλοίων για ταξίδια αναψυχής (κρουαζιέρες) διάρκειας ως 15 ημέρων ή και περισσότερο.

3) Στην προσπάθεια καλύτερης εκμετάλλευσης του πλοίου προέκυψε επιτακτική η ανάγκη της αυξήσης της ταχύτητας φορτοεκφόρτωσης, προκαλώντας έτσι, επαναστατική εξέλιξη των σύγχρονων μέσων φορτοεκφόρτωσης, εισήγαγε δε τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (E/K) (container ships) και μεταφοράς τροχοφόρων οχημάτων Roll on - Roll off Ro - Ro ή και τα πλοία μεταφοράς φορτηγίδων (Lash).

4) Η χρησιμοποίηση πλοίων για μεταφορά υγραερίων LNG (Liquified Natural Gas) και LPG (Liquified Petroleum Gas).

Στον πίνακα 17.1 φαίνονται ταξινομημένοι οι τύποι των εμπορικών πλοίων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Από αυτούς περιγράφονται σύντομα οι τύποι:

1) Επιβατηγά (κρουαζιερόπλοια).
2) Πορθμεία (ferry boats).
3) Μεταφοράς τροχοφόρων οχημάτων (Ro - Ro).
4) Μεταφοράς E/K (container ships).
5) Μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carriers).
6) Μεταφοράς μικτού φορτίου.
7) Πετρελαιοφόρα (tankers).

Το μεγάλο κόστος των πλοίων ως μονάδων και η διάρκεια της ωφέλιμης ζωής των η οποία είναι γύρω στα 20 χρόνια, συνθέτουν ένα σοβαρό πρόβλημα επιλογής για τον πλοιοκτήτη-επιχειρηματία. Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή αυτή είναι:

1) Ευελιξία στη χρησιμοποίηση [π.χ. πλοίο γενικού φορτίου και χύδην (σκόρπιου) φορτίου ταυτοχρόνως].

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.1
Θαλάσσιες μεταφορές Τύποι πλοίων

Ποντοπόρα παράκτιων περιοχών	**Περιορισμένων πλοών**	**Ειδικών υπηρεσιών**
Επιβατηγά Φορτηγά – Γενικού φορτίου – Δεξαμενόπλοια – Χύδην φορτίου – Μικτού φορτίου – Εμπορευματοκιβωτίων (container ships) – Μεταφοράς οχημάτων (Ro - Ro) – Μεταφοράς φορτηγίδων (Lash) – Υγροποιημένων Αερίων (LNG και LPG) – Χημικών προϊόντων – Πλοία ψυγεία	Πορθμεία Επιβατηγά Φορτηγά – Πλοία με υδροπτέρυγες (Hydrofoils) – Πλοία σε στρώμα αέρα (Hovercrafts)	– Τοποθέτησης καλωδίων – Εκσκαφείς – Ρυμουλκά – Αλιευτικά – Παγοθραυστικά – Φαρόπλοια – Πλωτές εξέδρες άντλησης πετρελαίου – Βοηθητικά πλοία πλωτών εξέδρων άντλησης πετρελαίου

2) Χαμηλό κόστος κατασκευής.

3) Όροι χρηματοδότησης-πληρωμής για την αγορά ή κατασκευή.

4) Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

5) Οικονομικό κόστος μεταφοράς για τη συγκεκριμένη γραμμή ή περίπτωση.

6) Οριακές διαστάσεις, όπως για τη διέλευση από τις διώρυγες του Σουέζ και του Παναμά· π.χ. για την τελευταία οι οριακές διαστάσεις είναι: μήκος 305 m, πλάτος 31 m, βάθος 11,25 m.

Στα σχετικά με την κατασκευή του πλοίου δίνονται και άλλα βασικά δεδομένα, τα οποία πρέπει να είναι γνωστά για τη σχεδίαση ενός πλοίου από την αρχή.

17.2 Επιβατηγά (κρουαζιερόπλοια)

Λόγω της μεγάλης ανάπτυξης των αεροπορικών συγκοινωνιών τα επιβατηγά χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως ως πλοία ταξιδιών αναψυχής (κρουαζιέρες) σε προγραμματισμένα ταξίδια κυρίως κατά τους θερινούς μήνες. Δημοφιλείς περιοχές είναι Ευρώπη, Ρωσία, Μεσόγειος, Καραϊβική, Μεξικό, Καλιφόρνια, Ειρηνικός. Τα κρουαζιερόπλοια κατασκευάζονται σήμερα σε μεσαίες σχετικά διαστάσεις εκμεταλλευσιμότητας. Συνήθως όμως είναι δυναμικότητας πάνω από 300 επιβάτες περίπου, που θεωρείται ένα κατώτατο όριο. Σ' αυτά δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων, όπως είναι φυσικό. Οι χώροι παραμονής των επιβατών είναι πάρα πολύ άνετοι και πολυτελείς και διαθέτουν εγκατάσταση κλιματισμού (σχ. 17.1).

Οι καμπίνες των επιβατών, διαθέτουν συνήθως δύο κρεβάτια, έχουν διαστάσεις άνετου δωματίου και καθεμιά ιδιαίτερο χώρο υγιεινής.

Για την ψυχαγωγία των επιβατών υπάρχουν άνετα εστιατόρια, αίθουσα παραμονής, κινηματογράφοι, κολυμβητήρια, αίθουσα χορού και τυχερών παιχνιδιών.

Στα καταστρώματα υπάρχουν μεγάλοι χώροι περιπάτου και παραμονής των επιβατών. Το κρουαζιερόπλοιο που φαίνεται έχει σχεδιασθεί και κατασκευασθεί στην Ελλάδα και ανήκει στην εταιρεία ΕΛΜΕΣ.

Ορισμένα από τα κύρια μεγέθη για τα συνηθισμένα κρουαζιερόπλοια δίνονται ενδεικτικά παρακάτω:

Μήκος	130 – 150 m
Εκτόπισμα	9000 – 15.000 τόνοι
Επιβάτες	500 – 1000
Πλήρωμα	100 – 300
Ισχύς μηχανών	15.000 – 20.000 kW
Ταχύτητα	20 – 22 knots

Η μεγάλη ταχύτητα δεν θεωρείται σημαντικός παράγοντας εκμετάλλευσης των κρουαζιερόπλοιων, δεδομένου ότι οι επιβάτες δεν βιάζονται να φθάσουν σε έναν προορισμό, όπως στα επιβατηγά πλοία, οπότε και οι 20 knots θεωρείται ικανοποιητική ταχύτητα.

17.3 Πορθμεία (ferry boats)

Τα πλοία αυτά προορίζονται για τη μεταφορά επιβατών και οχημάτων σε μικρές σχετικά αποστάσεις (π.χ. Ευρώπη - Αγγλία, Νησιά Αιγαίου - Πειραιάς κ.ο.κ.).

Στο σχήμα 17.2 φαίνεται ένα πλοίο του τύπου αυτού που έχει σχεδιασθεί και κατασκευασθεί στην Ελλάδα.

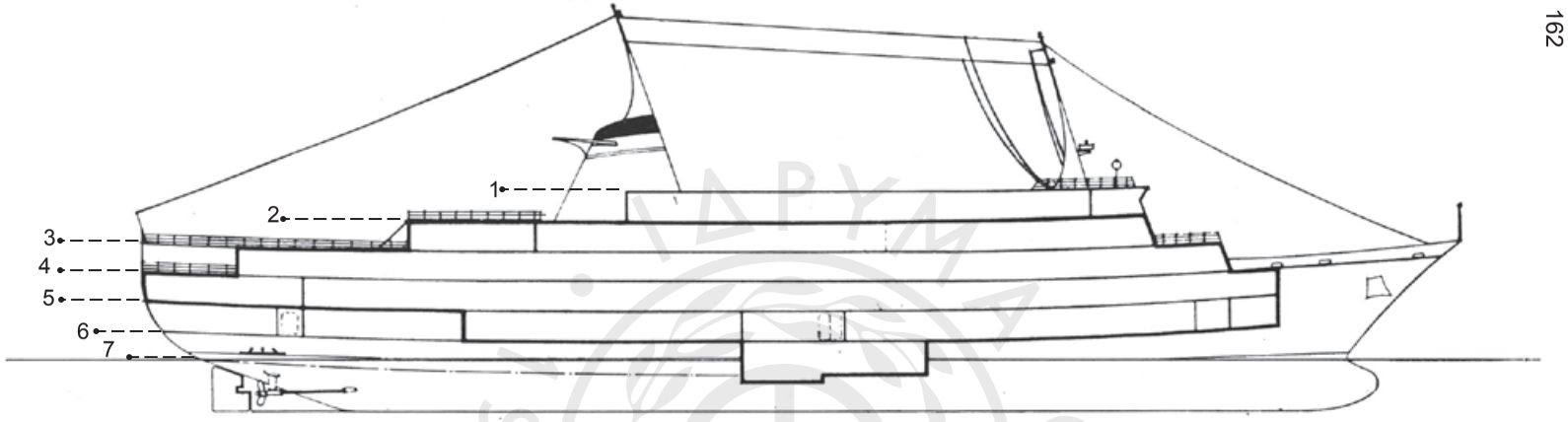
Στα πλοία αυτά διακρίνονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

– Λίγο πάνω από την ίσαλο πλεύση υπάρχουν ένα ή δύο καταστρώματα για την τοποθέτηση των οχημάτων, σχεδόν σε όλο το μήκος του πλοίου. Η είσοδος και η έξοδος των οχημάτων γίνεται με καταπέλτες-πόρτες στην πρύμνη του σκάφους ή στις πλευρές ή και σπανιότερα στην πλώρη. Στην τελευταία περίπτωση η διάταξη προβλέπει την ανύψωση του πρωραίου τμήματος και εσωτερικά αυτού καταπέλτη-θύρα. Οι χώροι επιβατών είναι πάνω από τα καταστρώματα οχημάτων. Το μηχανοστάσιο και οι άλλοι βοηθητικοί χώροι (δεξαμενές κλπ.), βρίσκονται κάτω από το κατάστρωμα οχημάτων. Εγκαθίσταται συνήθως πρωραία έλικα για τη μεγαλύτερη ευελιξία του σκάφους.

Τυπικές διαστάσεις για τα Πορθμεία είναι:

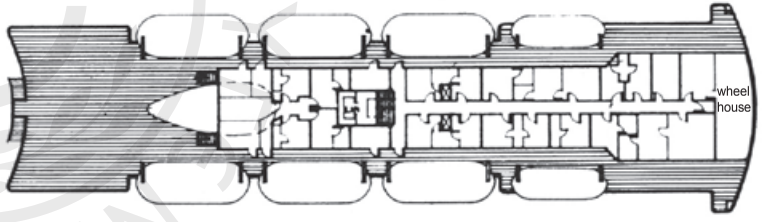
Μήκος	100 – 140 m
Επιβάτες	600 – 1200
Αυτοκίνητα	150 – 400
Ισχύς	8000 – 18.000 kW
Ταχύτητα	17 – 21 knots

Και εδώ η μεγάλη ταχύτητα δεν παίζει πρωτεύοντα ρόλο, δεδομένου ότι οι αποστάσεις είναι σχετικά μικρές. Χαρακτηριστικό των πορθμείων είναι ότι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών από το οποίο μετριέται το Υ.Ε. (ύψος εξάλων), είναι το κατάστρωμα οχημάτων, δηλαδή βρίσκεται πολύ χαμηλότερα απ' το ανώτερο κατάστρωμα το τμήμα του σκάφους μεταξύ των δύο αυτών καταστρωμάτων θεωρείται ως υπερκατασκευή. Εκτός από τα οχηματαγωγά αυτά κατασκευάζονται επίσης πορθμεία ειδικά για τη μεταφορά ολόκληρων αμαξοστοιχιών με τους επιβάτες τους ή φορτία. Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων εντοπίζεται στους χώρους στάθμευσης.

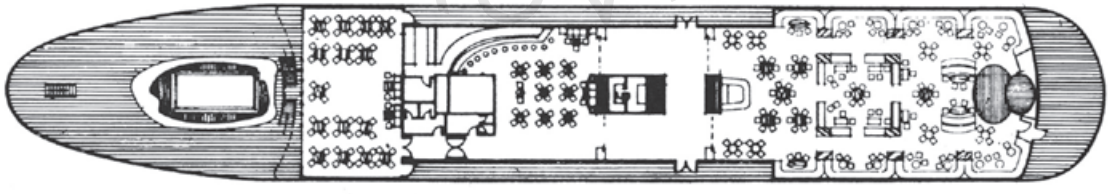


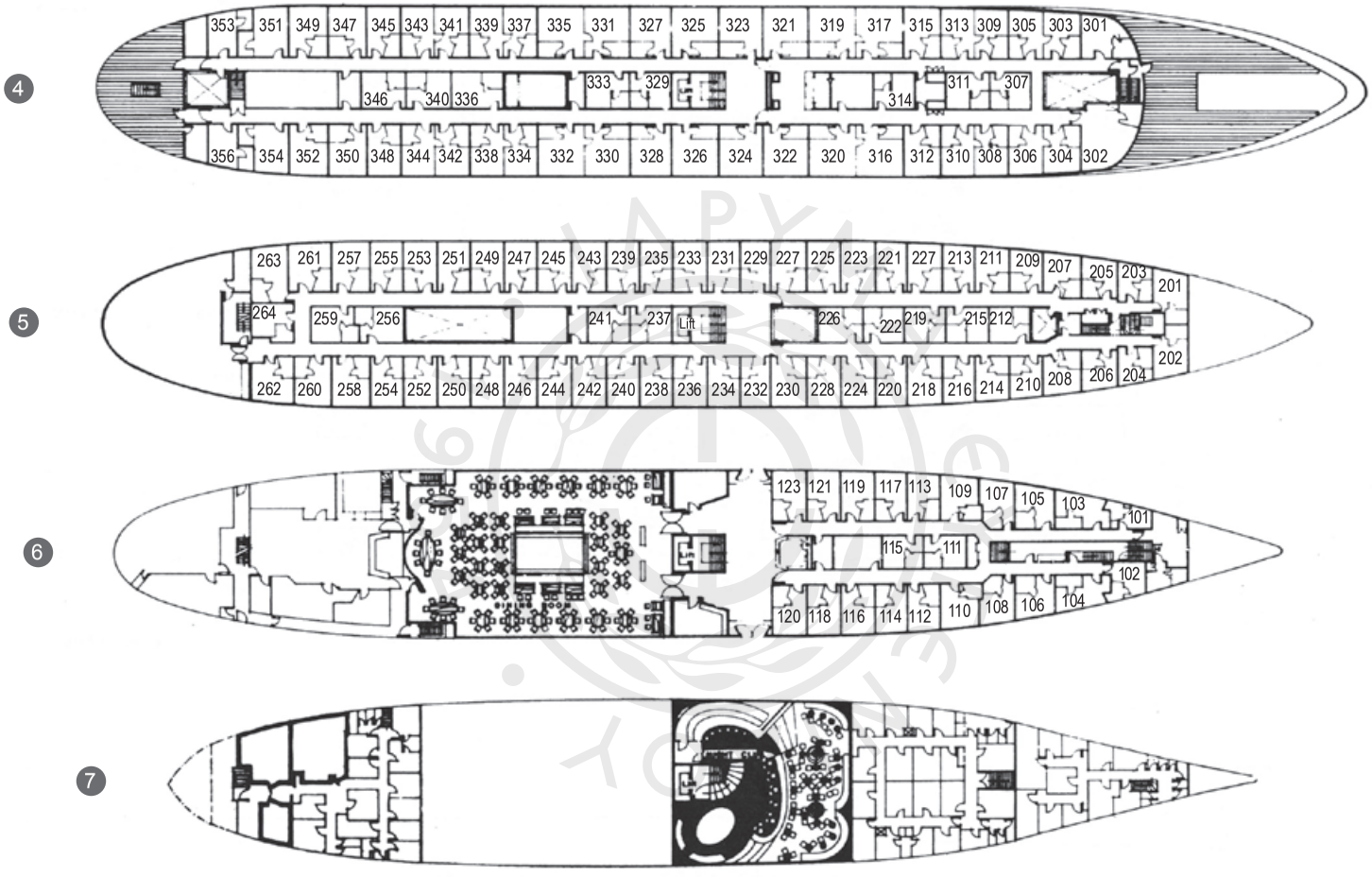
1

2



3

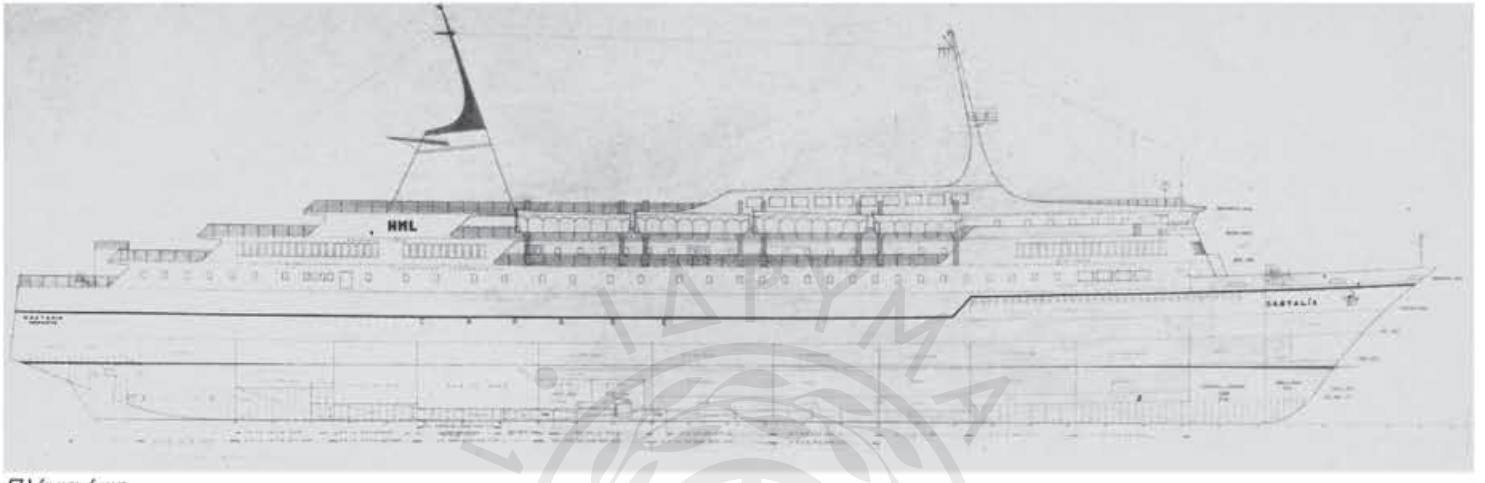




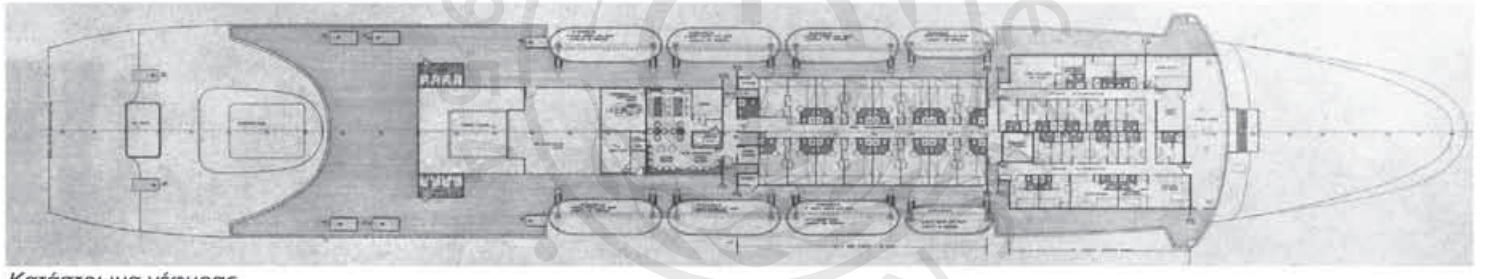
Σχ.17.1

Γενική διάταξη κρουαζιερόπλοιου.

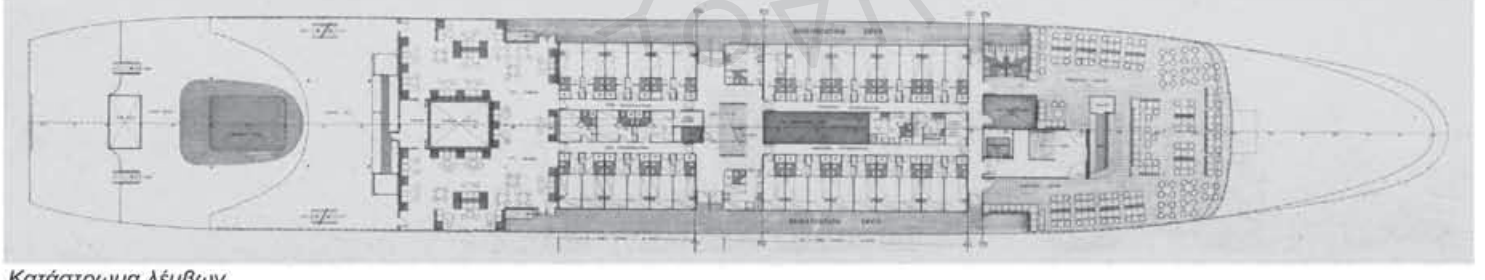
(1) Κατάστρωμα γέφυρας. (2) Κατάστρωμα ηλίου. (3) Κατάστρωμα περιπάτου. (4) Κατάστρωμα Lyra. (5) Κατάστρωμα Norma. (6) Κατάστρωμα Vela. (7) Κατάστρωμα Dorado.



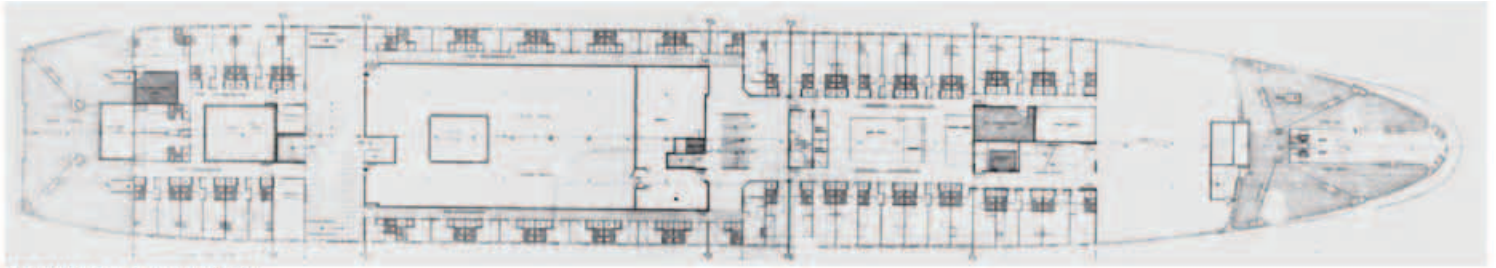
Πλάγια όψη



Κατάστρωμα γέφυρας



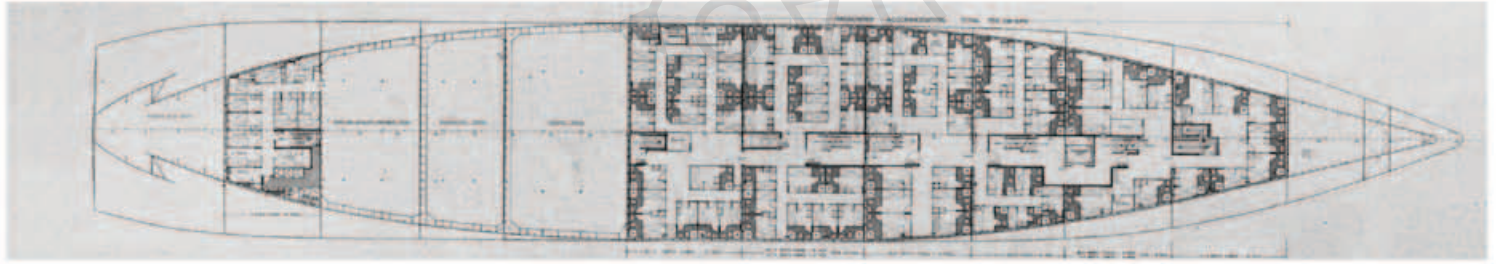
Κατάστρωμα λέμβων



Κατάστρωμα περιπάτου

Ενδιάμεσο κατάστρωμα

Κατάστρωμα οχημάτων



Πρώτο υπόστρωμα

Σχ. 17.2

Γενική διάταξη πορθμείου (ferry boat)

17.4 Πλοία μεταφοράς τροχοφόρων οχημάτων (Roll on - Roll off: Ro-Ro)

Είναι πλοία που μεταφέρουν μεγάλα φορτηγά οχήματα αλλά όχι επιβάτες και επιβατικά αυτοκίνητα. Λόγω των απαιτήσεων ταχείας εισόδου και εξόδου των οχημάτων υπάρχουν στα πλοία αυτά πολλές είσοδοι (βλ. σχ. 17.3, 17.4).

Ο καταπέλτης στο κέντρο της πρύμνης είναι μεγάλου πλάτους επαρκούς για την ταυτόχρονη διακίνηση διπλής σειράς οχημάτων. Πρόσφατα έχουν κατασκευασθεί πλοία με καταπέλτη υπό γωνία προς τη μία πλευρά ως προς τον κατά μήκος άξονα.

Συχνά η πλώρα διαμορφώνεται ως είσοδος και ανυψώνεται, ενώ υφίσταται και διάταξη καταπέλτη.

Η φόρτωση γίνεται σε περισσότερα καταστρώματα, η δε επικοινωνία μεταξύ των καταστρωμάτων επιτυγχάνεται με κεκλιμένο επίπεδο (ράμπα).

Επίσης για τη μείωση των καθυστερήσεων στην κίνηση των οχημάτων χρησιμοποιούνται και ανελκυστήρες ή κεκλιμένοι διάδρομοι μεταξύ των καταστρωμάτων.

Τελευταία τα Ro-Ro κατασκευάζονται με εντατικό ρυθμό, γιατί βασικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτούν λιμάνια με εγκαταστάσεις φόρτωσης-εκφόρτωσης. Έτσι, χρησιμοποιούνται εντατικά σε ορισμένες περιοχές, όπως Μ. Ανατολή, Νιγηρία, όπου ο ρυθμός εισαγωγών έχει αυξηθεί τελευταία κατά πολύ.

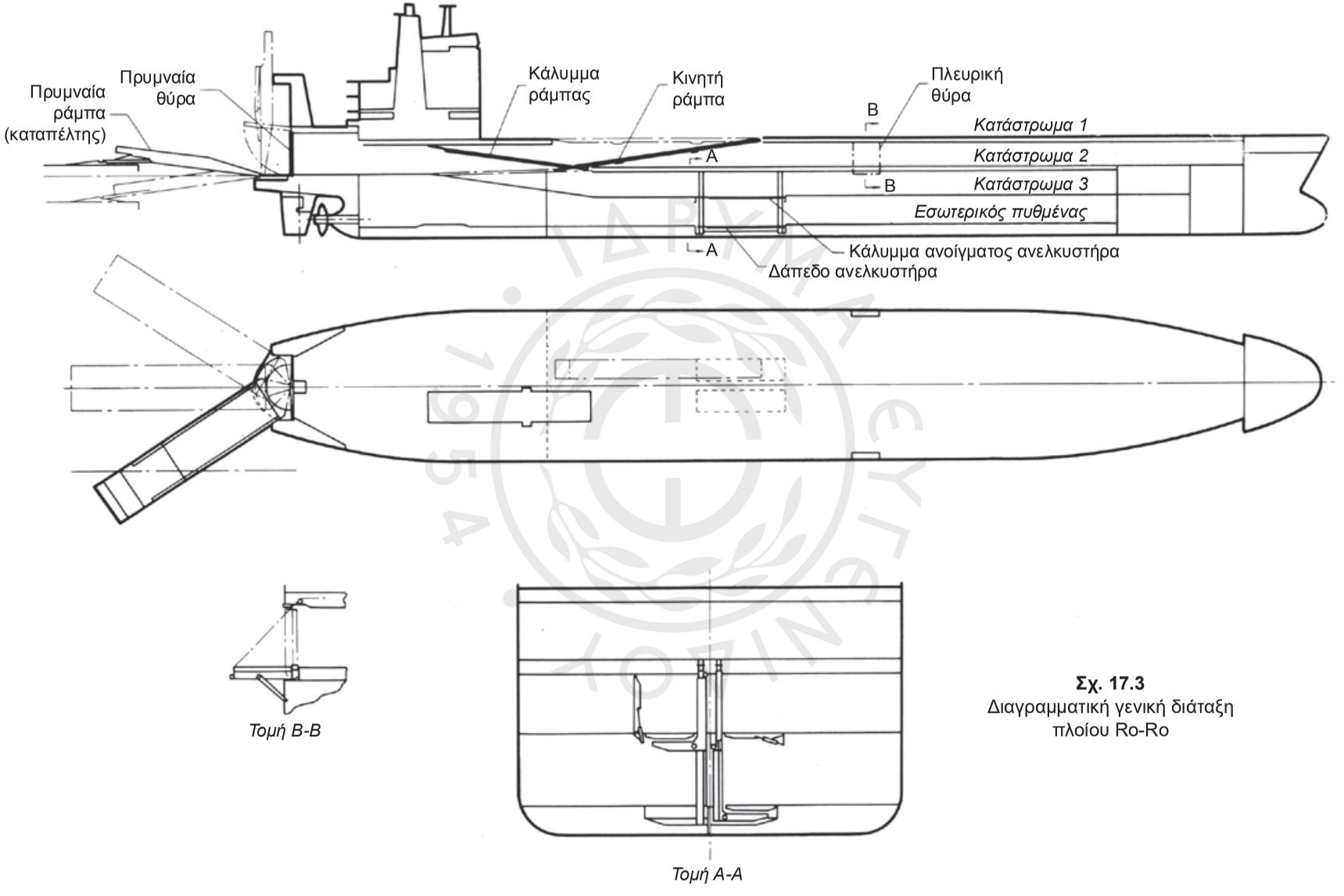
17.5 Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ships)

17.5.1 Τα εμπορευματοκιβώτια (Ε/Κ)

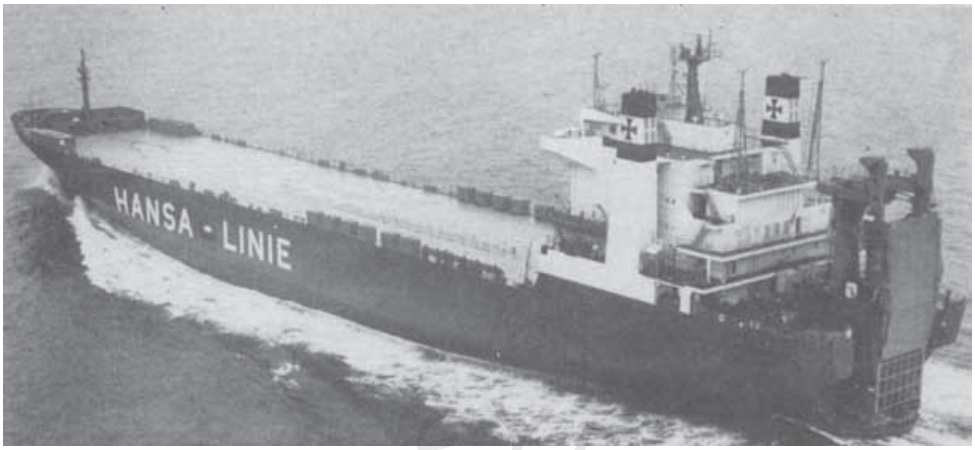
Η ανάγκη για γρήγορη και ασφαλή φόρτωση-εκφόρτωση και ταχεία διά ξηράς μεταφορά των εμπορευμάτων, οδήγησε κατά τα τελευταία 20 χρόνια στην ανάπτυξη του Ε/Κ (σχ. 17.5). Αυτό αποτέλεσε επανάσταση στις μεταφορές αφού τα εμπορεύματα μπορούν να μεταφέρονται μέσα στο κιβώτιο με ασφαλή τρόπο και με οποιοδήποτε μέσο (τρένο, πλοίο ή αεροπλάνο) χωρίς να δημιουργείται ανάγκη αλλαγής συσκευασίας.

Λόγω της τεράστιας ανάπτυξης του τρόπου αυτού τα Ε/Κ έχουν ***τυποποιηθεί σε διαστάσεις,*** για να είναι δυνατή η αλλαγή μεταφορικού μέσου για το Ε/Κ. Έτσι, κατασκευάζονται συνήθως σε διαστάσεις διατομής τετραγωνικής 2435 mm × 2435 mm και μήκους 6035 mm (20) και 12.190 mm (40). Τα υλικά κατασκευής του σκελετού-πλαισίου είναι κυρίως χάλυβας κοινός ή αντιδιαβρωτικός ή κράματα αλουμινίου. Για τα τοιχώματα χρησιμοποιούνται ειδικά κατεργασμένες μοριοσανίδες και πλαστικά υλικά ή συνδυασμός των παραπάνω.

Η αντοχή του είναι ιδιαίτερα αυξημένη γιατί υφίσταται κατά τη φόρτωση, το ταξίδι και τις εκφορτώσεις σημαντικές καταπονήσεις (στρέψη, κάμψη, θλίψη, διάβρωση από θαλάσσιο περιβάλλον, δυναμικές καταπονήσεις κατά την επιτάχυνση ή επιβράδυνση του τρένου και τους διατοιχισμούς και προνευστασμούς του πλοίου).



Σχ. 17.3
Διαγραμματική γενική διάταξη πλοίου Ro-Ro



Σχ. 17.4
Φωτογραφία του πλοίου Ro-Ro του σχήματος 17.3

Σχ. 17.5
Φωτογραφία εμπορευματοκιβωτίου Ε/Κ(container)

17.5.2 Τα πλοία

1) Τα πλοία μεταφοράς Ε/Κ για να ανταποκριθούν στη γρήγορη φόρτωση-εκφόρτωση και ασφαλή μεταφορά των Ε/Κ έχουν ειδική σχεδίαση και κατασκευή. Έτσι, έχουν μεγάλα ορθογώνια ανοίγματα (σχ. 17.6 και 17.7), τα οποία είναι προσαρμοσμένα στις διαστάσεις των Ε/Κ. Το πλάτος των στομίων καταλαμβάνει σχεδόν το 80% του πλάτους του πλοίου, το δε ελεύθερο πλάτος και το μήκος των κυτών είναι πολλαπλάσια των αντίστοιχων διαστάσεων των Ε/Κ, και αυτό για την καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου.

2) Τα κύτη των πλοίων αυτών είναι εφοδιασμένα με χαλύβδινους οδηγούς διατομής Γ (γωνιακής), έτσι ώστε τα Ε/Κ να στοιβάζονται το ένα επάνω στο άλλο σε

καθορισμένη θέση. Αντίστοιχα στο δάπεδο του κύτους υπάρχουν εξαρτήματα, στα οποία εφαρμόζουν αντίστοιχες υποδοχές των Ε/Κ.

Πάνω στο κατάστρωμα και στα καλύμματα των κυτών υπάρχει επίσης κατάλληλος εξοπλισμός για την ασφαλή έχμαση (δέσιμο και ασφάλιση κατά των μετακινήσεων) των Ε/Κ, που στοιβάζονται καθ' ύψος σε δυο ή τρεις σειρές. Λόγω των μεγάλων στομίων των κυτών, το κατάστρωμα είναι πολύ περιορισμένο και δεν συμβάλλει σημαντικά στην αντοχή του σκάφους. Γι' αυτό απαιτείται ενίσχυση του πυθμένα και του εσωτερικού πυθμένα (διπύθμενα), καθώς και των πλευρών του ίδιου, του πολύ περιορισμένου σε εύρος, καταστρώματος.

Τα πλοία του τύπου αυτού σχεδιάζονται με μεγαλύτερες από τις συνηθισμένες σε εμπορικά πλοία ταχύτητες (μέχρι 30 knots), γιατί το επιβάλλουν οι αντίστοιχες οικονομικές μελέτες σε συνδυασμό με τη φύση του διακινούμενου εμπορεύματος («από θύρας εις θύραν» – Door to Door). Η μεγάλη ταχύτητα σε συνδυασμό με την υψηλή τεχνολογική στάθμη καθιστά το κόστος των πλοίων αυτών πολύ ψηλό.

Πολλές φορές απαιτείται η μεταφορά ***κιβωτίων ψυγείων.*** Τα αντίστοιχα πλοία έχουν στα κύτη τους κατάλληλους ρευματοδότες για την παροχή του ρεύματος που απαιτείται.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι τα πλοία Ε/Κ, απλών ή ψυγείων, είναι τεχνολογικά ψηλής στάθμης, αφού απαιτείται προσεκτική σχεδίαση (για εκμετάλλευση χώρου και αντοχή) και ακριβέστατη κατασκευή (κυρίως των κυτών) για να τηρούνται οι διαστάσεις που καθορίζονται από τα τυποποιημένα Ε/Κ.

Συνηθισμένα χαρακτηριστικά τέτοιων πλοίων είναι:

Μήκος	200 m
Εκτόπισμα	30.000 τόνοι
Πλήρωμα	30
Ισχύς	20.000 kW
Ταχύτητα	27 - 28 knots

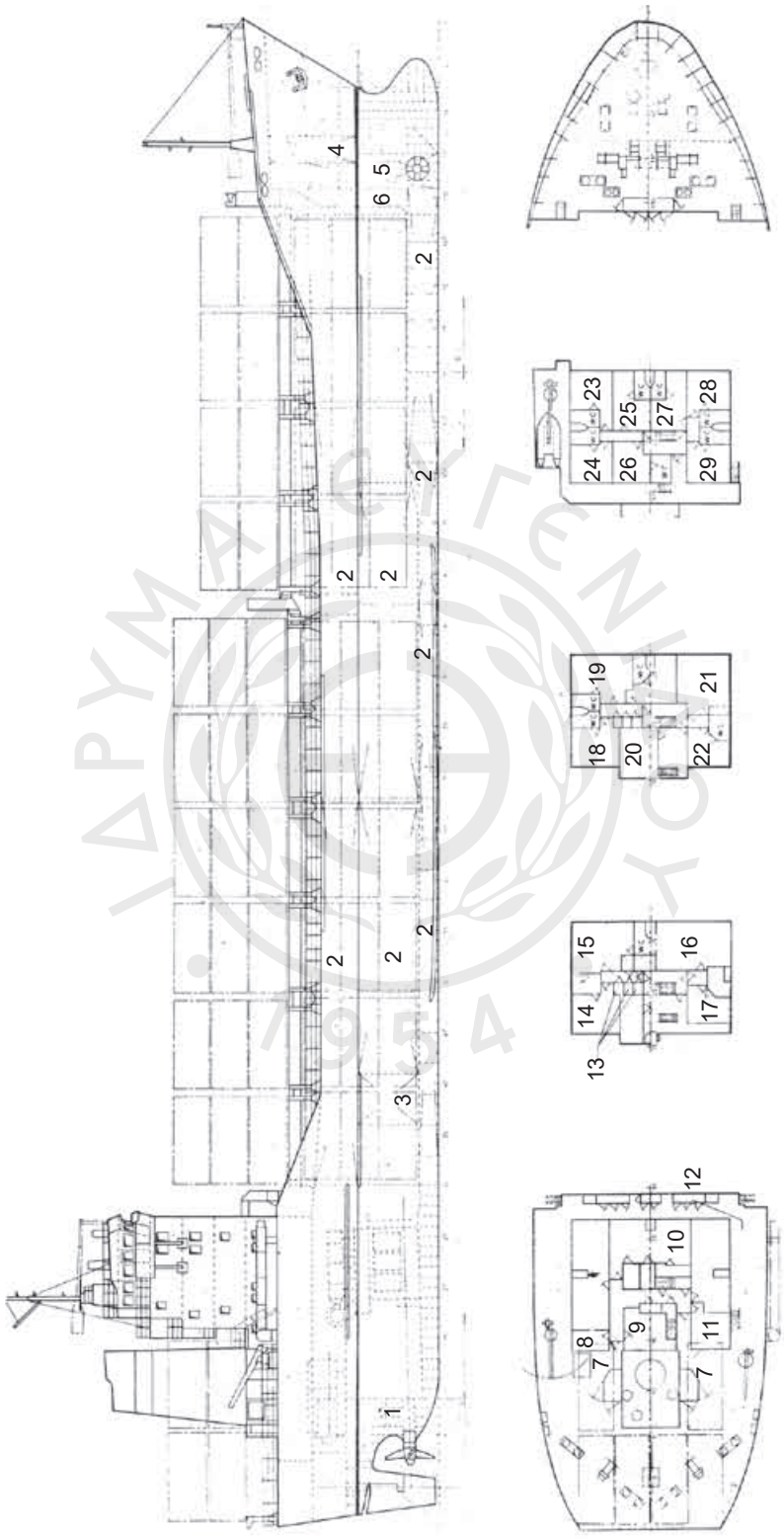
Κιβώτια: 1) Μέσα στα κύτη 200 των 6,1 m και 200 των 12,2 m (6 σειρές).
2) Σε κατάστρωμα 500 των 6,1 m ή 250 των 12,2 m (3 σειρές).

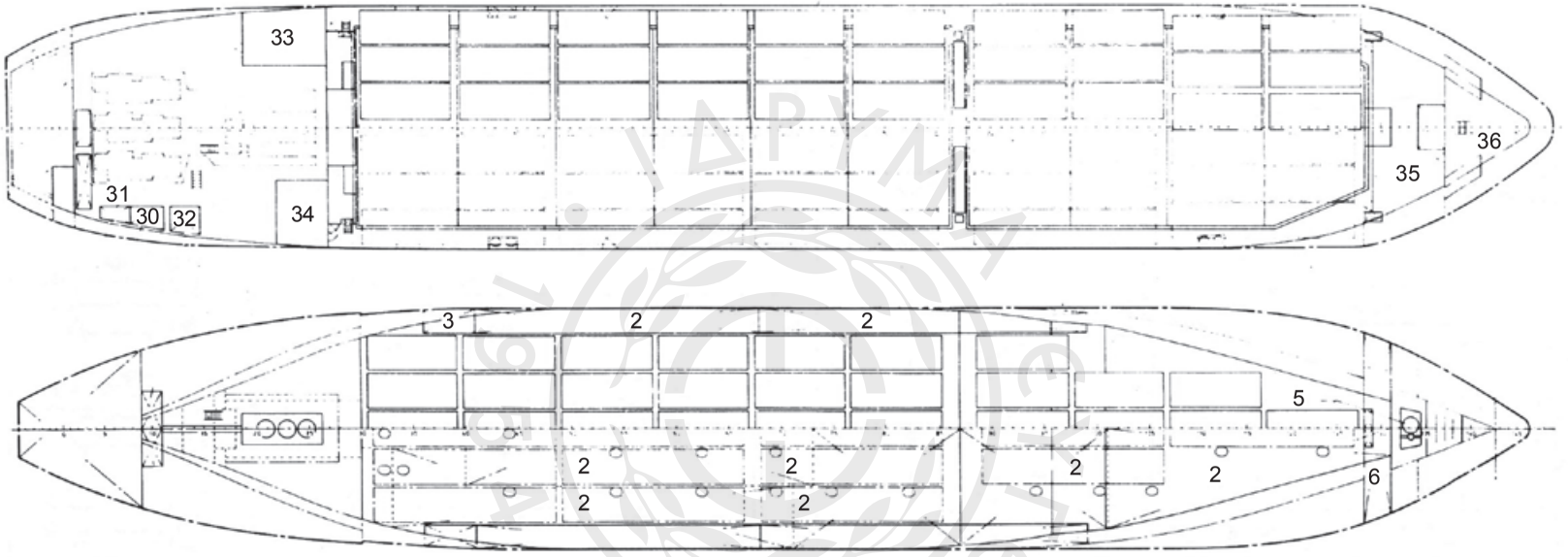
17.6 Πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carriers)

Όπως και τα πλοία μεταφοράς Ε/Κ, τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου είναι δημιούργημα των τελευταίων 20 ετών και είναι αποτέλεσμα της ανάγκης μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων χύδην φορτίου με χαμηλό κόστος. Τα μεταφερόμενα φορτία είναι συνήθως άνθρακας, μεταλλεύματα, σιτηρά, ξυλεία, ζάχαρη, φωσφάτον.

Πλεονεκτούν έναντι των πλοίων γενικού φορτίου, τα οποία έχουν συνήθως δύο καταστρώματα, στην απλούστερη στοιβασία του χύδην φορτίου, χωρίς να χρειάζονται πρόσθετα διαχωριστικά διαφράγματα, τροφοδοτικά στόμια κ.λπ. (βλ. ΠΑΖΕΘ – Μεταφορά Σιτηρών).

Το bulk carrier μπορεί να περιγράφει σύντομα ως πλοίον ενός καταστρώματος, ικανό να μεταφέρει ασφαλώς και οικονομικά διάφορα είδη χύδην ξηρού φορτίου. Ο βαθμός στοιβασίας για τέτοιου είδους φορτία είναι από 0,4 ως 1,5 m^3 ανά τόνο.

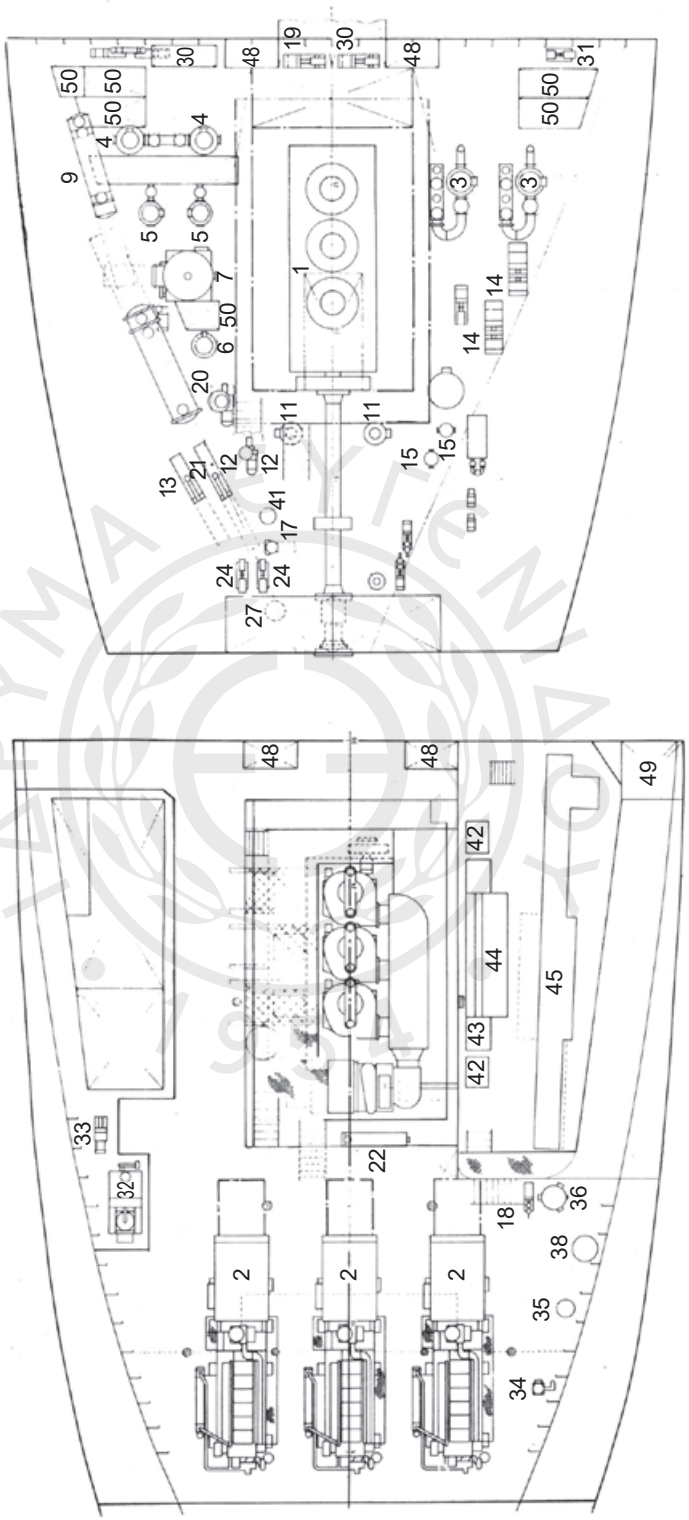

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

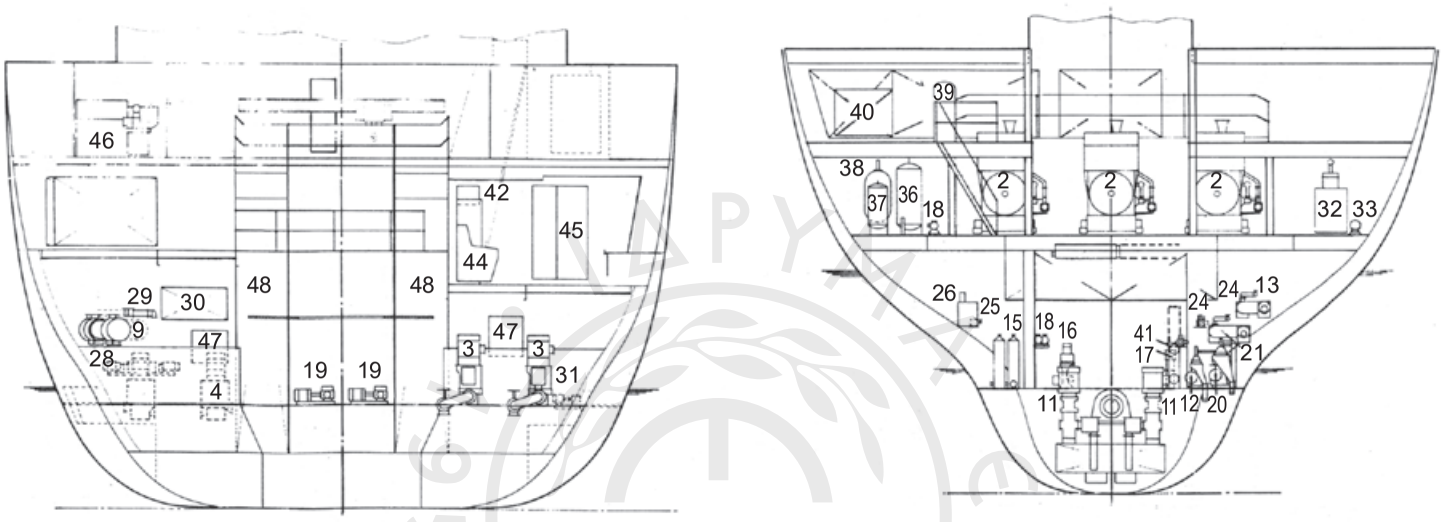


Σχ. 17.6

Α) Γενική διάταξη πλοίου Container

(1) Πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμησης. (2) Πλευρικές δεξαμενές για θαλάσσερμα. (3) Δεξαμενή ποσίμου. (4) Φρεάτιο αλυσίδων (στρίτσιο). (5) Χώρος πρωραίας έλικας χειρισμών. (6) Δεξαμενή κύτους. (7) Χώροι ανεμιστήρων. (8) Εστιατόριο. (9) Κλιματισμός. (10) Μαγειρεία. (11) Πλυντήριο. (12) Αγωγοί εξαερισμού. (13) Ντουλάπια. (14,15) Ενδιαιτήματα αξιωματικών. (16, 17) Διαμέρισμα κυβερνήτη. (18,19) Ενδιαιτήματα αξιωματικών μηχανής. (20) Διαμερίσματα γεννήτριας ανάγκης. (21, 22) Διαμέρισμα πρώτου μηχανικού. (23, 24, 25, 26, 27, 28, 29) Καμπίνες πληρώματος. (30) Δεξαμενή ελαίου λίπανσης κυλίνδρων. (31) Βοηθητική δεξαμενή ελαίου λίπανσης. (32) Δεξαμενή τροφοδοσίας λεβήτων. (33) Συνεργείο. (34) Διαμέρισμα CO_2. (35) Πρωραίο μηχανοστάσιο. (36) Αποθήκη ναυκλήρου.


1
2
3
4
5
6
7
9
11
12
13
14
15
17
18
19
20
21
22
24
27
30
31
32
33
34
35
36
38
41
42
43
44
45
48
49
50



Σχ. 17.7

Διάταξη μηχανοστασίου-πλοίου container

(1) Κύρια μηχανή. (2) Βοηθητικές μηχανές. (3) Αντλίες πυρκαϊάς – γενικής χρήσης. (4) Αντλία κυκλοφορίας θάλασσας κύριας μηχανής. (5) Αντλία ψύξης εμβόλων και χιτωνίων. (6) Αντλία θάλασσας αποστακτήρα. (7) Αποστακτήρας. (8) Εγχυτήρας αποστακτήρα. (9) Ψυγείο νερού εμβόλων και χιτωνίων. (10) Ψυγείο ελαίου λίπανσης. (11) Αντλίες ελαίου λίπανσης. (12) Ελαιοκαθαριστήρας. (13) Προθερμαντήρας ελαιοκαθαριστήρα. (14) Αεροσυμπιεστής. (15) Αποχωριστής νερού-λαδιού. (16) Αντλία ακάθαρτων κυτών. (17) Αντλία καταλοίπων. (18) Αντλία πιεστικού συγκροτήματος νερού. (19) Αντλίες μετάγγισης καυσίμου. (20) Καθαριστήρας καυσίμων. (21) Προθερμαντήρας καθαριστήρας καυσίμων. (22) Προθερμαντήρας καυσίμου. (23) Αντλία μετάγγισης Diesel. (24) Αντλία υψηλής πίεσης καυσίμου. (25) Αντλίες τροφοδοσίας λεβήτων. (26) Δεξαμενή παρακολούθησης λεβήτων. (27) Δεξαμενή καθαρού λιπαντελαίου. (28) Αντλία ψύξης καυστήρων. (29) Ψυγείο νερού ψύξης καυστήρων. (30) Δεξαμενή νερού ψύξης καυστήρων. (31) Αντλία κυκλοφορίας θάλασσας εγκατάστασης κλιματισμού. (32) Αναμίκτης. (33) Αντλία αναμίκτη. (34) Ψυγείο υγρών. (35) Αντλία πιεστικού συστήματος νερού οικιακής χρήσης. (36) Πιεστικό δοχείο νερού οικιακής χρήσης. (37) Δοχείο πίεσης ποσίμου. (38) Βοηθ. αεροφιάλη εκκίνησης. (39) Θερμαντήρας. (40) Μετασχηματιστής. (41) Φίλτρου λιπαντέλαια. (42) Κονσόλα χειρισμών. (43) Πίνακας διανομής. (44) Τράπεζα δοκιμών. (45) Πίνακας ένδειξης στάθμης θάλασσας. (46) Αγωγός εξαερισμού. (47) Αγωγός σωληνώσεων. (48) Κιβώτιο εισαγωγής θάλασσας.

Υπάρχουν δύο ειδών πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου:

1) Πλοία μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου.

2) Πλοία μεταφοράς μόνο μεταλλευμάτων.

Από τα παραπάνω φαίνεται η δυνατότητα των πλοίων αυτών να αντικαταστήσουν τα πλοία γενικού φορτίου, σε συνδυασμό και με τα πλοία μεταφοράς Ε/Κ. Αυτό γίνεται βαθμιαία. Οι δυνατότητες των δυο παραπάνω τύπων είναι σε γενικές γραμμές οι εξής:

1) Πλοία μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου με δυνατότητα μεταφοράς ως 100.000 Dwt.

2) Πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος με αντίστοιχες δυνατότητες.

Ταχύτητα όλων των τύπων: 15-16 knots.

Παρακάτω δίνεται σύντομη περιγραφή των δύο τύπων των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου.

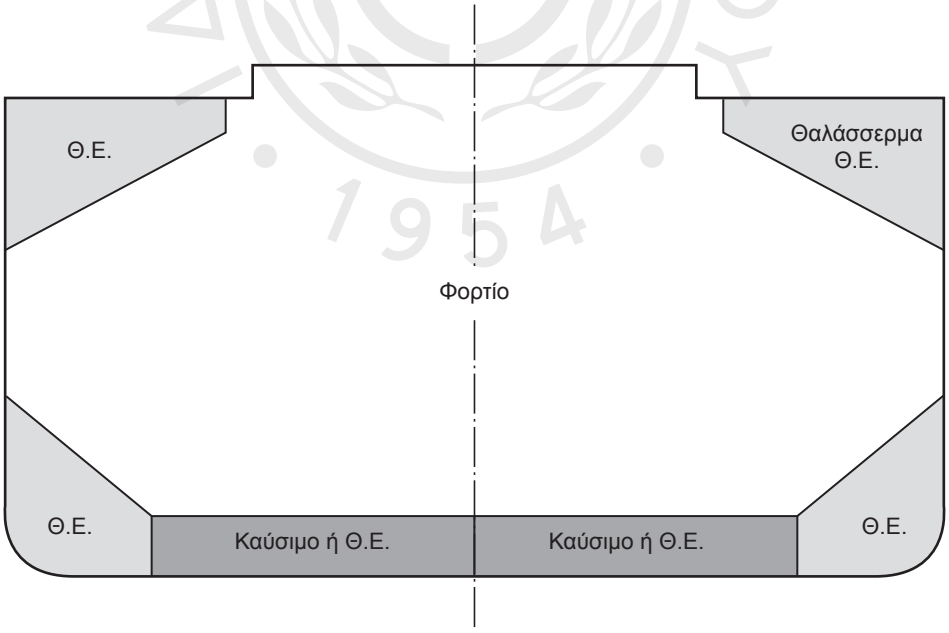
17.6.1 Γενικού χύδην φορτίου

Σκοπός η μεταφορά οποιουδήποτε ξηρού φορτίου (σχ. 17.8).

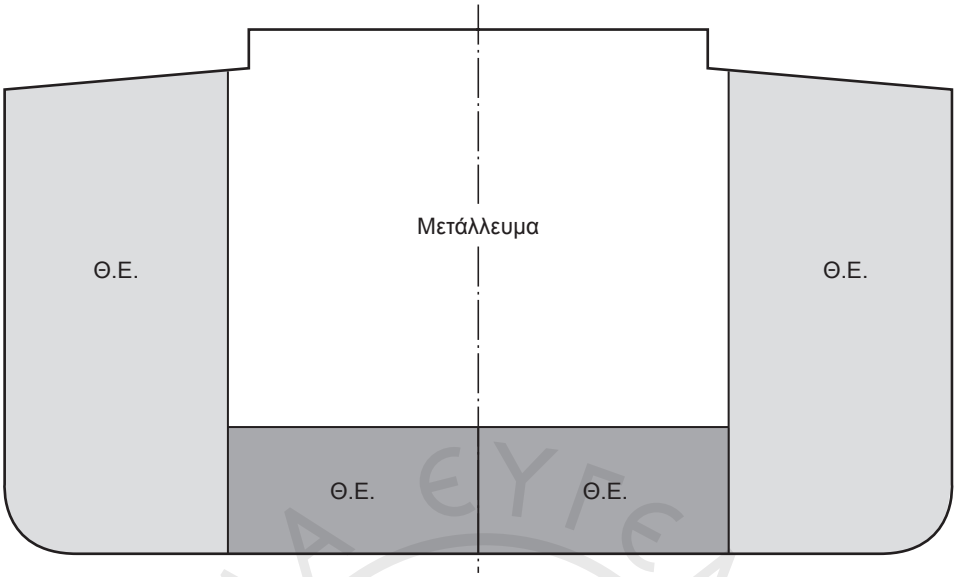
Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι τα μεγάλα ανοίγματα των κυτών, για τη γρήγορη εκφόρτωσή τους με άρπαγες (βλ. σχ. 17.10). Βασικά προορίζονται για χύδην φορτίο μικρού σχετικά βάρους (άνθρακας, σιτηρά ή ζάχαρη).

17.6.2 Μεταλλευμάτων

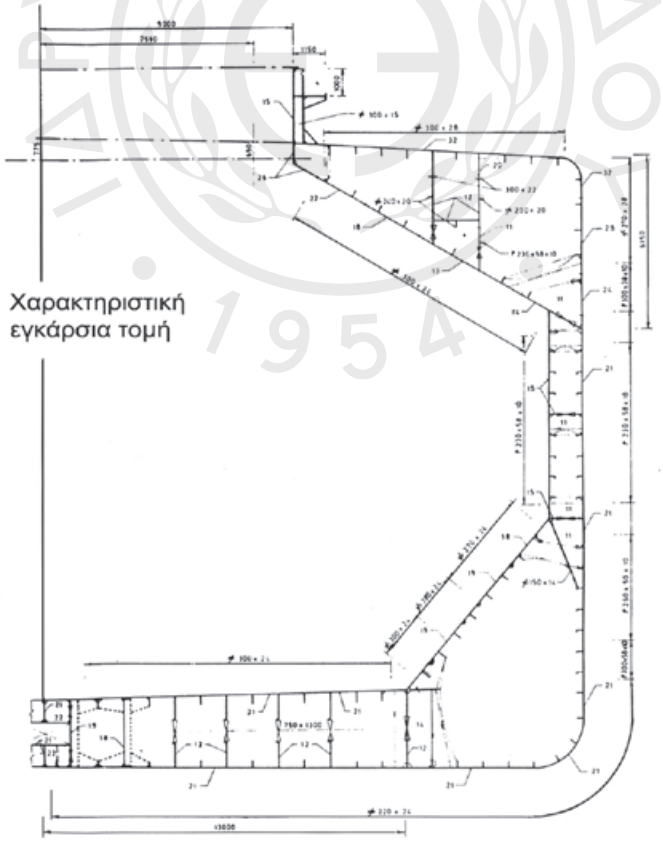
Σκοπός η μεταφορά μεταλλευμάτων μεγάλου ειδικού βάρους (π.χ. σιδερομεταλλεύματος) (σχ. 17.9).



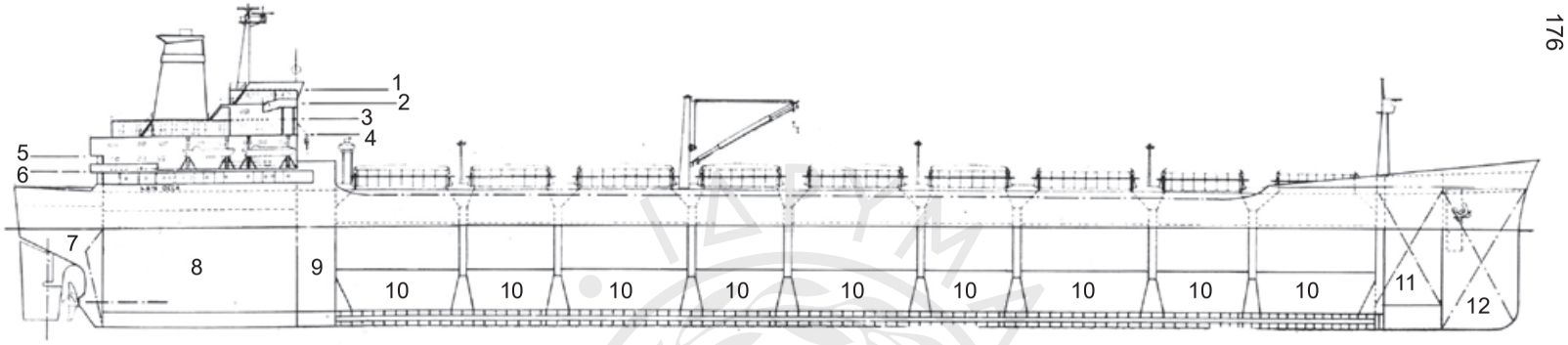
Σχ. 17.8
Μέση τομή πλοίου μεταφοράς γενικού χύδην φορτίου.

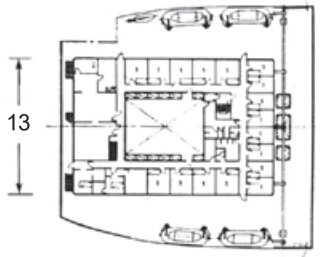


Σχ. 17.9
Μέση τομή πλοίου μεταφοράς αποκλειστικώς μεταλλεύματος

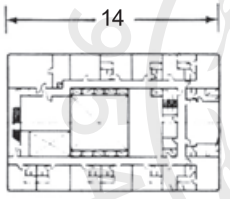


Σχ. 17.10(α)

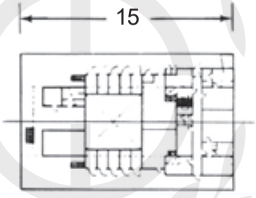




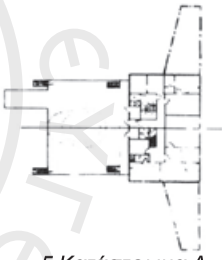
6 Κατάστρωμα λέμβων



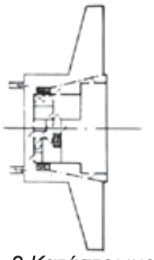
3 Κατάστρωμα C



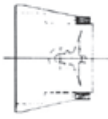
4 Κατάστρωμα B



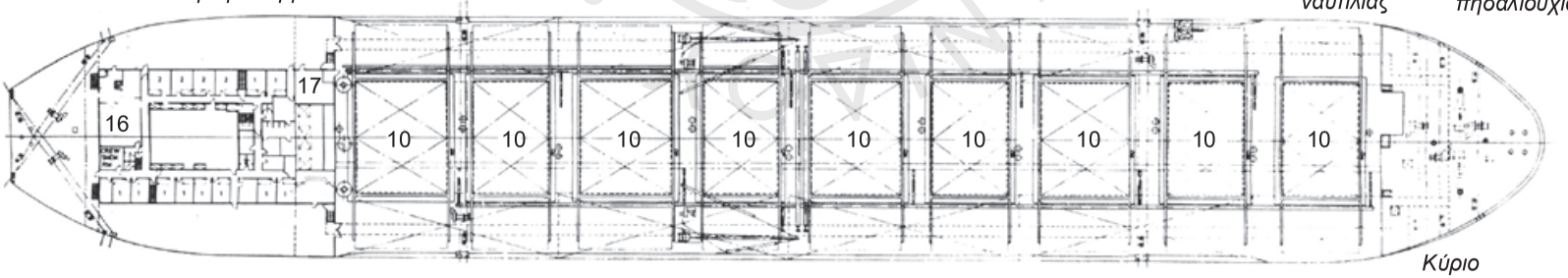
5 Κατάστρωμα A



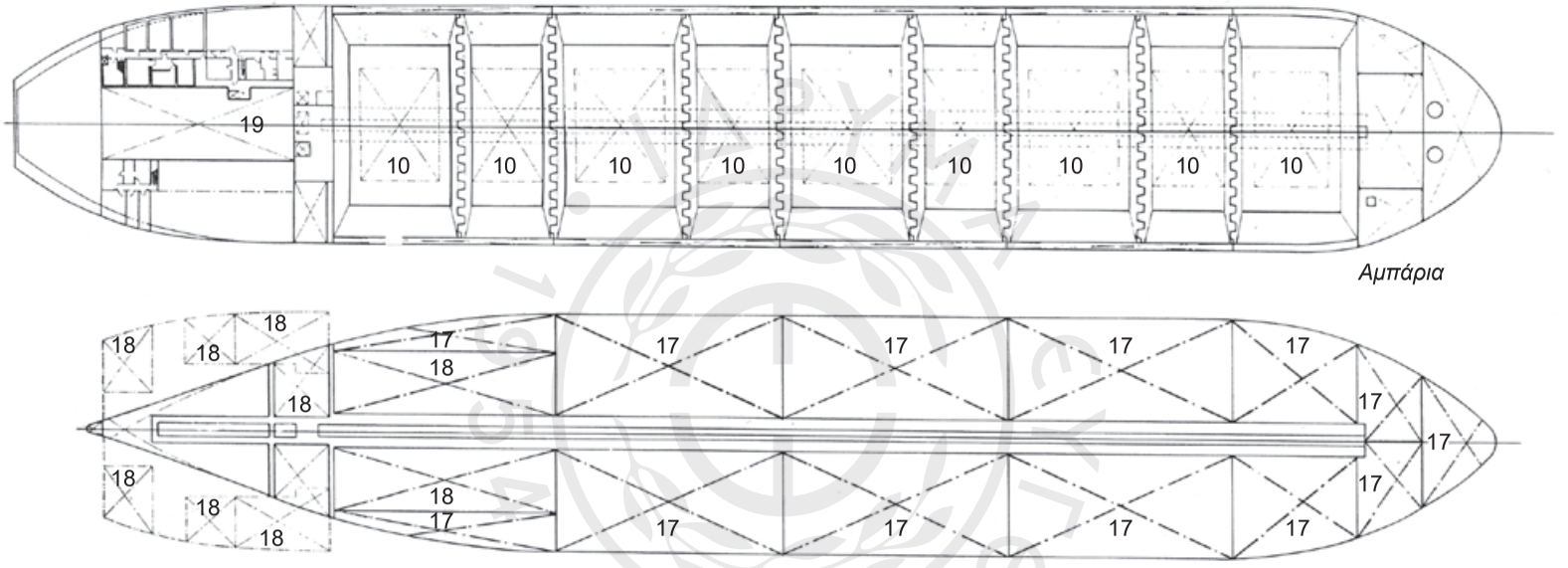
2 Κατάστρωμα ναυτιλίας



Οροφή διαμερίσματος πηδαλιουχίας

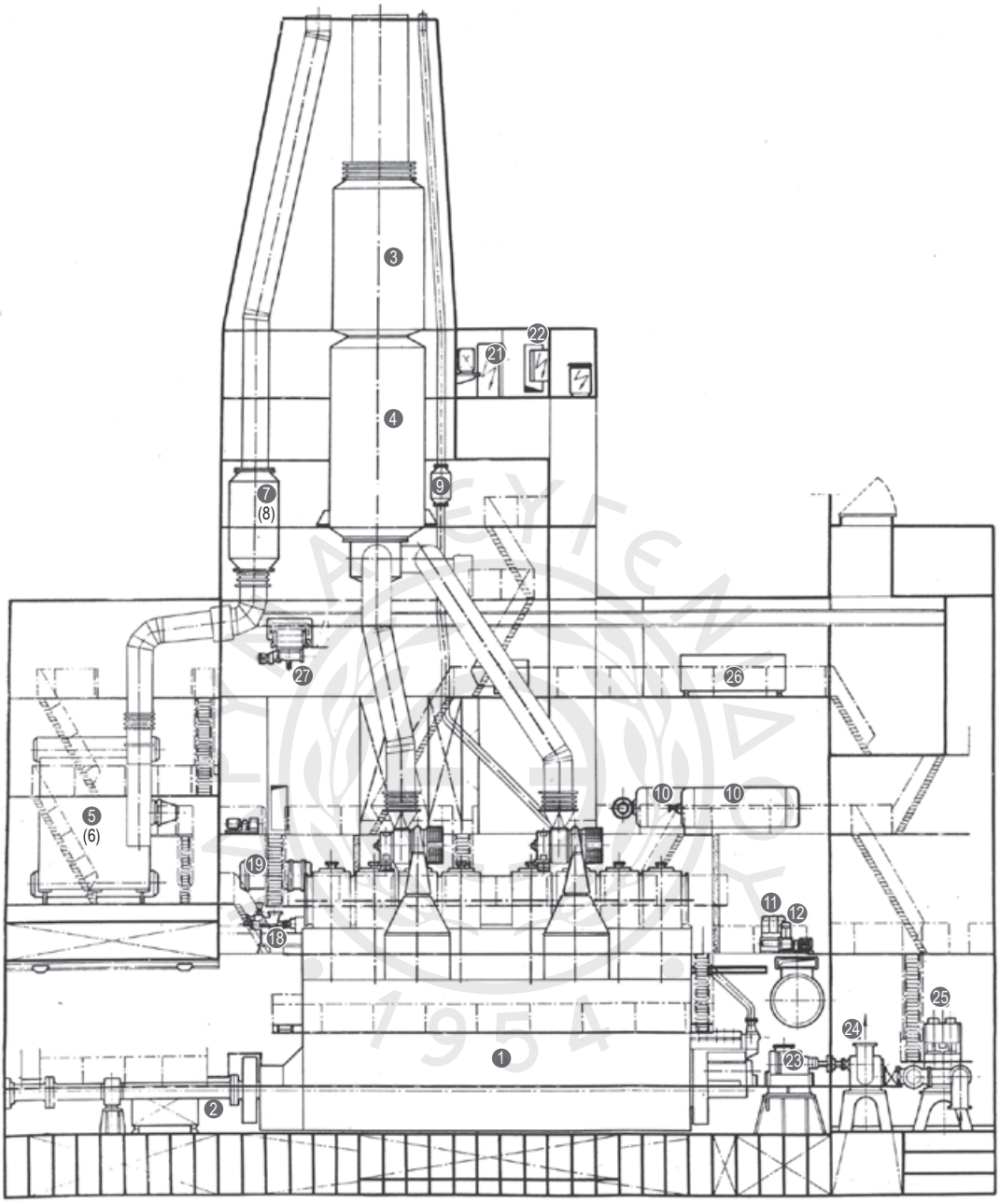


Κύριο κατάστρωμα



Σχ. 17.10(β)

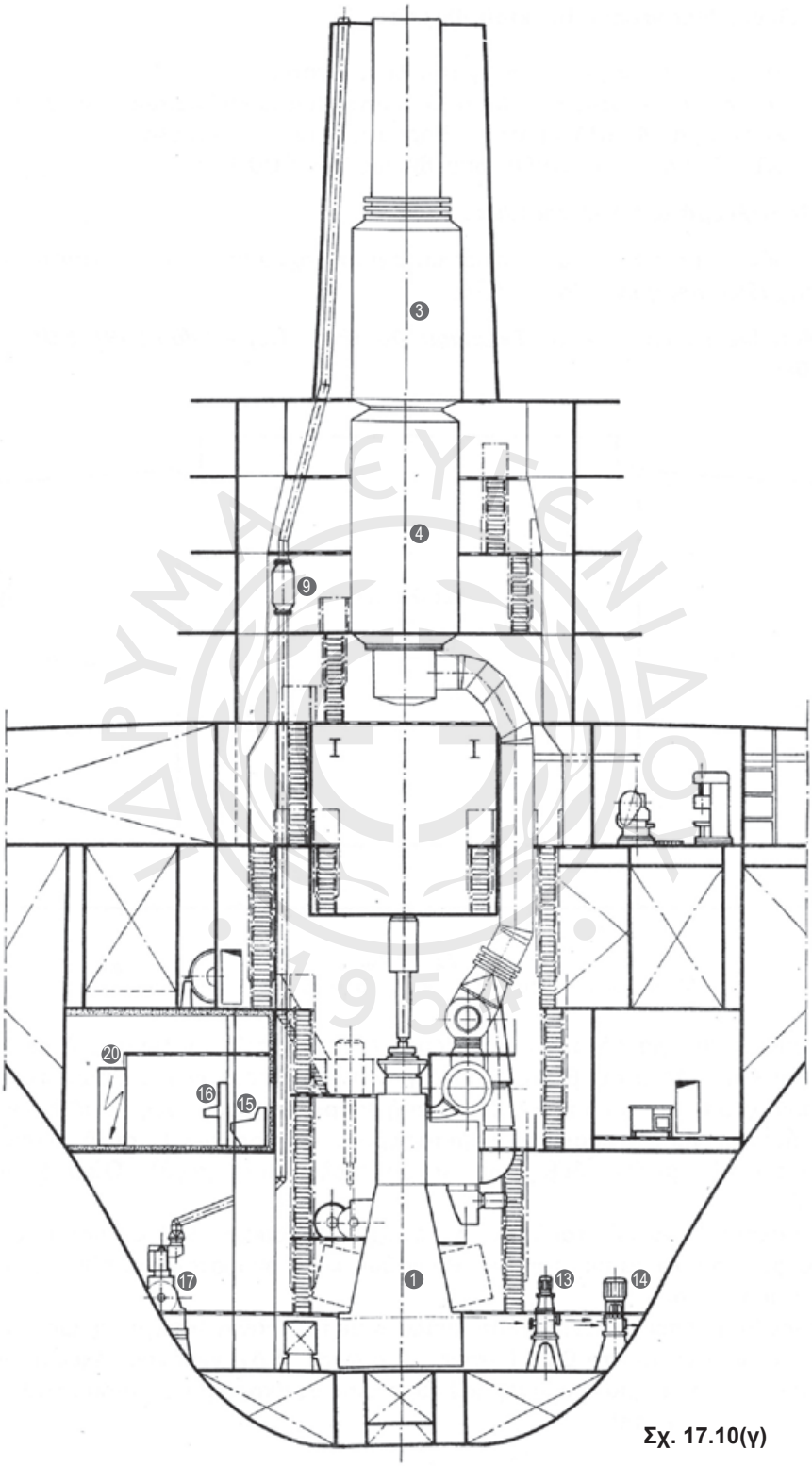
(1) Διαμέρισμα πηδαλιουχίας. (2) Κατάστρωμα Ναυτιλίας. (3) Κατάστρωμα C. (4) Κατάστρωμα Β. (5) Κατάστρωμα Α. (6) Κατάστρωμα λέμβων. (7) Πρυμναία δεξαμενή θαλασσέρματος. (8) Χώρος μηχανών. (9) Αντλιοστάσιο. (10) Αμπάρια - Δεξαμενές. (11) Δεξαμενή φορτίου. (12) Πρωραία δεξαμενή θαλασσέρματος. (13) Ενδιαιτήματα πληρώματος. (14) Ενδιαιτήματα αξιωματικών. (15) Ενδιαιτήματα αξιωματικών μηχανικών. (16) Μαγειρείο. (17) Δεξαμενές θα-λασσέρματος. (18) Δεξαμενές καυσίμου. (19) Αεραγωγός μηχανοστασίου. Γενική διάταξη πλοίου χύδην φορτίου 105.000 τόνων (dead weight). Χαρακτηριστική εγκάρσια τομή.



Σχ. 17.10(γ)

Υπόμνημα μηχανοστασίου

(1) Κύρια μηχανή. (2) Ελικοφόρος άξονας. (3) Σπινθηροσυλλέκτης κύριας μηχανής. (4, 5) Λέβητας. (6) Λέβητας. (7, 8) Σπινθηροσυλλέκτης λέβητα. (9) Σιγαστήρας μηχανής Diesel. (10) Αερο-φυλάκιο αέρα εκκίνησης κύριας μηχανής. (11) Αεροσυμπιεστής εκκίνησης κύριας μηχανής. (12) Βοηθητικό αεροφυλάκιο πεπιεσμένου αέρα. (13) Αντλία λιπαντελαίου κύριας μηχανής. (14) Αντλία ψύξης εμβόλων κύριας μηχανής. (15) Πίνακας χειρισμού κύριας μηχανής. (16) Πίνακας χειρισμού βοηθητικών μηχανημάτων και κύριας μηχανής. (17) Ντηζελομηχανή. (18) Στροβιλογεννήτρια. (19) Ψυγείο στροβιλογεννήτριας. (20) Κύριος πίνακας διανομής. (21) Πίνακας διανομής ανάγκης. (22) Πίνακας διανομής λιμανιού. (23, 24) Στροβιλοαντλία φορτίου. (25) Αντλία. (26) Μηχανήματα κλιματισμού. 27) Γερανογέφυρα.



Σχ. 17.10(γ)

Τα διπύθμενα αποσκοπούν:

1) Στην αύξηση της αντοχής του πυθμένα.

2) Στην ανύψωση της θέσης του Κ.Β., το οποίο τείνει να κατέλθει λόγω μεγάλου ειδικού βάρους του μεταλλεύματος.

Ακριβώς λόγω του μεγάλου βάρους του μεταλλεύματος ο χώρος φορτίου είναι σχετικά μικρός και γι' αυτό είναι αντιοικονομική η μεταφορά με τέτοια πλοία άλλων ξηρών φορτίων, ελαφρότερων και σε αυτά τα πλοία κατασκευάζονται μεγάλα ανοίγματα κυτών.

17.7 Πλοία μεταφοράς μεικτού φορτίου

Τα πλοία αυτά έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

1) Μεταφορά Πετρελαίου - Μεταλλεύματος (ως και πάνω από 280.000 Dwt).

2) Μεταφορά Μεταλλεύματος - Ξηρού φορτίου - Πετρελαίου (ORE BULK - OIL: 0B0) (από 80 ως 160.000 DWT).

17.7.1 Μεταλλευμάτων ή πετρελαίου

Σκοπός: Η μεταφορά των 2 φορτίων ***όχι ταυτόχρονα*** για λόγους ασφάλειας αλλά ***στις ίδιες δεξαμενές*** (σχ. 17.11).

17.7.2 Μεταλλευμάτων – Ξηρού χύδην φορτίου – Πετρελαίου (ORE BULK - OIL: OBO)

Σκοπός είναι, για λόγους μεγαλύτερης ευελιξίας στις ναυλώσεις, η μεταφορά στα ίδια κύτη (άλλα όχι βέβαια ταυτόχρονα) των παραπάνω 3 ειδών φορτίου.

Σχ. 17.11
Μέση τομή πλοίου μεταφοράς μεταλλεύματος ή πετρελαίου

Σχ. 17.12
Μέση τομή πλοίου Ο.Β.Ο.

Κύριο χαρακτηριστικό των OBO είναι η επαρκής αντοχή τους σε αυξημένες καταπονήσεις λόγω της φύσης των μεταφερόμενων φορτίων. Γι' αυτόν το σκοπό τα τοιχώματα των κυτών-δεξαμενών κατασκευάζονται σε μεγάλα OBO, διπλά (σχ. 17.11).

Στο σχήμα 17.12 δίνεται η γενική διάταξη ενός τυπικού bulk carrier μεταφοράς ξηρού φορτίου, τα βασικά του μεγέθη, καθώς και η ονοματολογία των σημαντικότερων μερών του.

Τέλος θα πρέπει να τονισθεί ότι ανάλογα με τα λιμάνια εκφόρτωσης που πρόκειται να προσεγγίζει το bulk carrier, αυτό φέρει ή όχι γερανούς εκφόρτωσης. Αν υπάρχουν συστήματα γρήγορης εκφόρτωσης χύδην φορτίου στο λιμάνι οι γερανοί είναι περιττοί.

17.8 Πετρελαιοφόρα (tankers) ή Δεξαμενόπλοια

Τα πλοία μεταφοράς πετρελαίου έχουν εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια σε γιγαντιαία πλωτά κατασκευάσματα (ως και πάνω από 500.000 τόνους), και αυτό για να ικανοποιηθεί η τεράστια ζήτηση πετρελαίου διεθνώς με χαμηλό κόστος μεταφοράς, γιατί, όπως είναι γνωστό, όσον μεγαλύτερης χωρητικότητας είναι το μεταφορικό μέσο τόσο χαμηλότερο είναι το ***κόστος μεταφοράς ανά τόνο και ναυτικό μίλι.***

Τα πετρελαιοφόρα αποτελούν σήμερα πάνω από το 50% του συνόλου των εμπορικών πλοίων παγκοσμίως σε Deadweight.

Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1) Μεταφοράς αργού πετρελαίου (Crude Oil).

2) Μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (L.P.G. και L.N.G).

3) Μεταφοράς προϊόντων του πετρελαίου και χημικών (Product Carriers and Chemical).

17.8.1 Πετρελαιοφόρα μεταφοράς αργού πετρελαίου

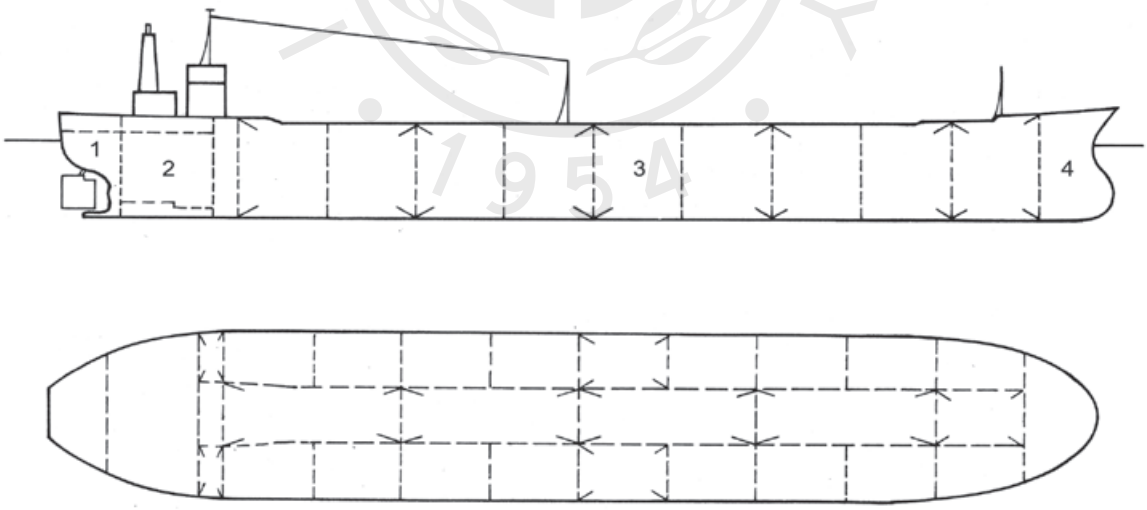
Πλοία αυτού του τύπου είναι τα μεγαλύτερα εμπορικά πλοία, που χρησιμοποιούνται σήμερα (540.000 DWT το 1976). Για την κατασκευή τους χρησιμοποιείται εκτεταμένως χάλυβας υψηλής αντοχής, και σε αυτά έχει ενσωματωθεί τεχνολογία υψηλής στάθμης.

Το αργό πετρέλαιο τοποθετείται στις δεξαμενές, στις οποίες χωρίζεται το κύτος του σκάφους με εγκάρσιες και διαμήκεις φρακτές (σχ. 17.13).

Έτσι οι δεξαμενές διακρίνονται σε ***κεντρικές*** και ***πλευρικές*** και σε καθεμιά καταλήγουν σωλήνες του δικτύου αναρρόφησης-πλήρωσης του αργού πετρελαίου του οποίου η διακίνηση επιτυγχάνεται με μεγάλες αντλίες έρματος παροχής της τάξης των 3000 - 4000 m^3/h (σπανιότερα η παροχή των αντλιών αυτών μπορεί να υπερβαίνει τα 10.000 m^3/h).

Στα πλοία αυτά εμφανίζονται κίνδυνοι από καταστρεπτικές εκρήξεις λόγω δημιουργίας εκρηκτικού μείγματος από την έκλυση πτητικών συστατικών (αερίων) του πετρελαίου.

Το μείγμα γίνεται εκρηκτικό όταν η αναλογία των πτητικών συστατικών στον αέρα είναι 1 – 4,28%. Ο κίνδυνος είναι βέβαια μεγαλύτερος για τις κενές δεξαμενές, γιατί αυτές περιέχουν μεγαλύτερο συνολικό όγκο εκρηκτικών αερίων.



Σχ. 17.13
Γενική διάταξη Δ/Ξ (tanker).
(1) Πρυμναία δεξαμενή. (2) Χώρος μηχανών (μηχανοστάσιο).
(3) Θαλάσσερμα. (4) Πρωραία δεξαμενή

Μία μέθοδος για τον περιορισμό των κινδύνων εκρήξεων είναι η πλήρωση των κενών δεξαμενών με αδρανές αέριο (inert gas system). Δεδομένου ότι απαιτείται μεγάλη ποσότητα αερίου, αυτό προέρχεται από τα καυσαέρια των λεβήτων ή των προωστήριων μηχανών Ντήζελ ή ακόμη και από ειδικές συσκευές παραγωγής αδρανών αερίων (inert gas generators), τα οποία βασικά περιέχουν άζωτο 77%, διοξείδιο του άνθρακα 13% και άλλα αδρανή αέρια. Η περιεκτικότητά τους σε οξυγόνο είναι πολύ χαμηλή (3%). Πρέπει να σημειωθεί ότι η έλλειψη οξυγόνου συντελεί και στον σημαντικό περιορισμό της διάβρωσης της σιδερένιας κατασκευής των δεξαμενών εσωτερικά. Στους τύπους των πλοίων αυτών προβλέπεται κοντά στο κέντρο του πλοίου κεντρική δεξαμενή έρματος και για λόγους διαχωρισμού του έρματος από το φορτίο και για κατάλληλο ερματισμό του πλοίου όταν αυτό είναι άφορτο. Άλλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες ενός πετρελαιοφόρου δίνονται στο διάγραμμα γενικής διάταξης ενός από αυτά (σχ. 17.14).

17.8.2 Δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (LPG και LNG)

Τα Δ/Ξ διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

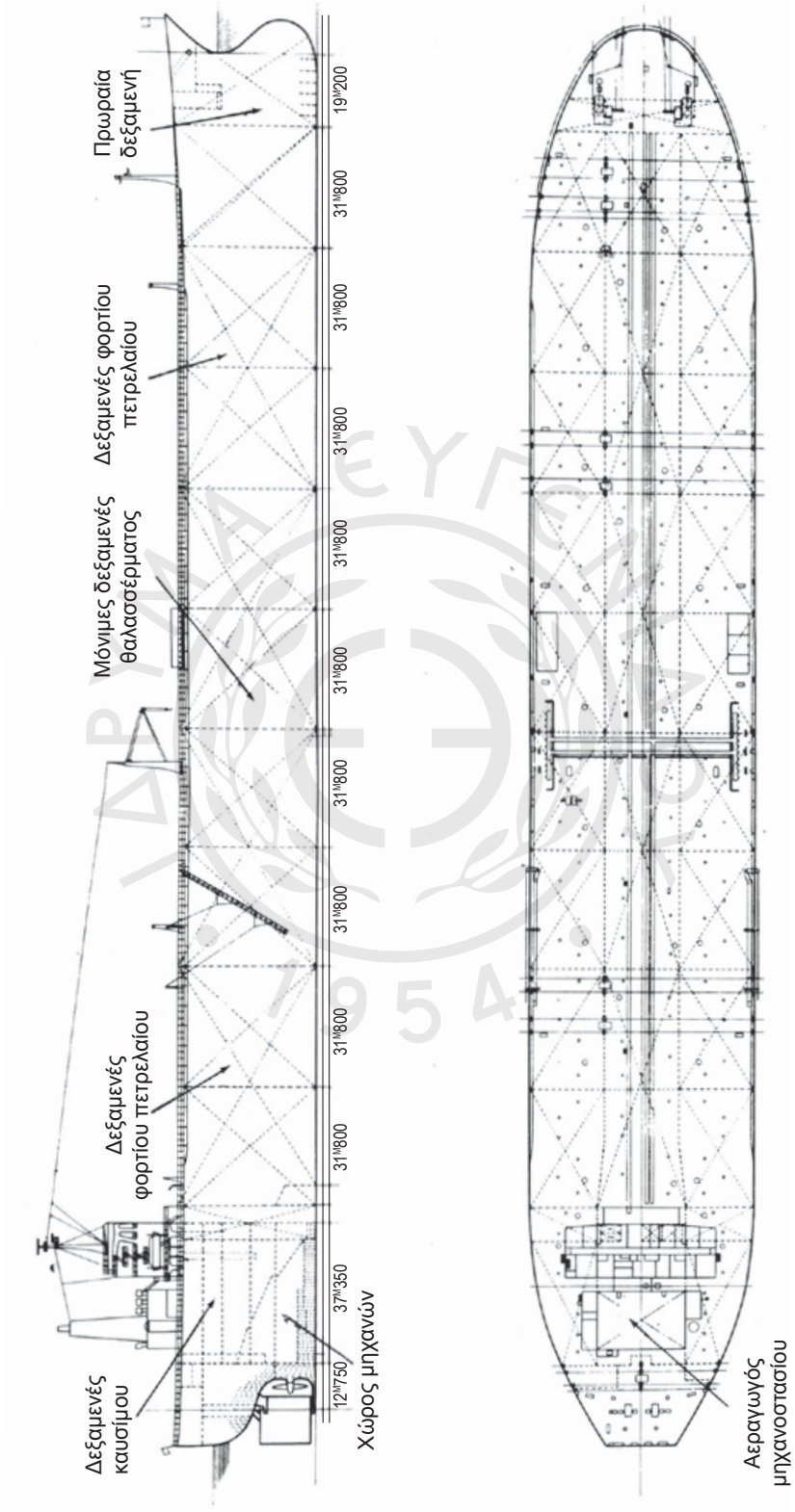
1) ***Δ/Ξ μεταφοράς υγροποιημένων αερίων προϊόντων του πετρελαίου*** (Liquified Petroleum Gas – L.P.G.). Το αέριο διατηρείται υγρό μέσα σε δεξαμενές κυλινδρικού ή σφαιρικού συνήθως σχήματος σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης (–50°C και 0,3 kp/cm^2). Το υλικό κατασκευής των δεξαμενών είναι ανθρακούχος χάλυβας θερμικά κατεργασμένος ή χάλυβας χαμηλής περιεκτικότητας σε νικέλιο. Η θερμική μόνωση επιτυγχάνεται συνήθως με αφρώδες πολυουρεθάνιο και με άλλο διπλό τοίχωμα, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αδρανές αέριο.

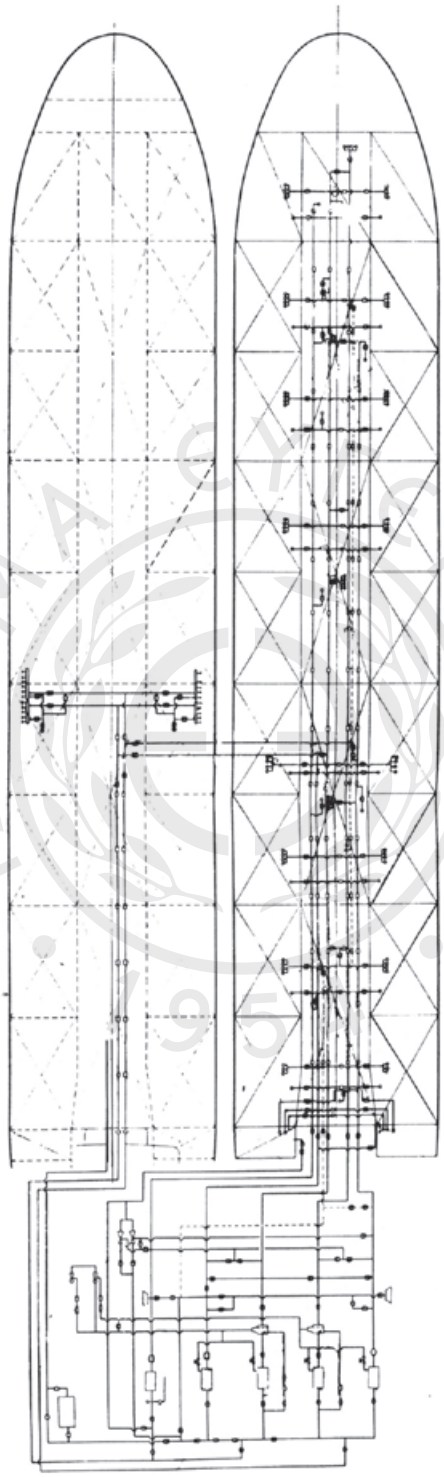
Τυπικά βασικά μεγέθη ενός μεγάλου L.P.G. είναι:
Μήκος: 235 m.
Deadweight 63.000 τόνους.
Χωρητικότητα Δεξαμενών: 100.000 m^3.

2) ***Δ/Ξ μεταφοράς φυσικών υγροποιημένων αερίων*** (Liquified Natural Gas – L.N.G.). Τα φυσικά αέρια συλλέγονται κατά την άντληση του πετρελαίου ως παραπροϊόν αυτού, (κυρίως ***Μεθάνιο***, το οποίο χρησιμοποιείται για καύσιμο). Σε κανονικές θερμοκρασίες το φυσικό αέριο δεν υγροποιείται υπό πίεση και γι' αυτό μεταφέρεται υγροποιημένο υπό κανονική πίεση, αλλά σε χαμηλότατες θερμοκρασίες (–164°C). Αυτό δημιουργει κατασκευαστικά προβλήματα για τις δεξαμενές και τη μόνωσή τους. Μετά από πολυετή έρευνα οι δεξαμενές των L.N.G. κατασκευάζονται σήμερα από αλουμίνιο ή νικελιούχο χάλυβα. Χαρακτηριστικοί τύποι δεξαμενών δίνονται στο σχήμα 17.15.

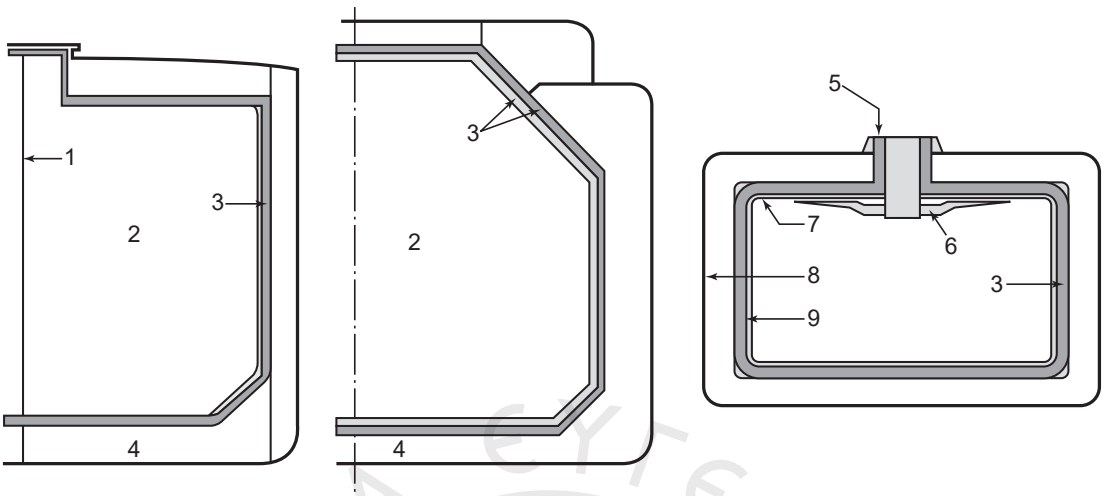
Η μόνωση μεταξύ αερίου και μεταλλικού τοιχώματος της δεξαμενής πρέπει να είναι απόλυτη γιατί κάθε επαφή αερίου-μετάλλου θα προκαλούσε ρωγμές του μετάλλου.

Το φυσικό αέριο δεν αναφλέγεται εφόσον δεν υπάρχει οξυγόνο. Σήμερα κατασκευάζονται πλοία L.N.G. χωρητικότητας πάνω από 125.000 m^3.


Δεξαμενές καυσίμου
Δεξαμενές φορτίου πετρελαίου
Μόνιμες δεξαμενές θαλασσέρματος
Δεξαμενές φορτίου πετρελαίου
Πρωραία δεξαμενή
Χώρος μηχανών
Αεραγωγός μηχανοστασίου



Σχ. 17.14
Γενική διάταξη Δ/= 484.000 τόνων (dead weight)



Σχ. 17.15

Τομές δεξαμενών υγροποιημένων αερίων.

(1) Στεγανή κεντρική διαμήκης φρακτή. (2) Δεξαμενή φορτίου. (3) Μόνωση. (4) Θαλάσσερμα. (5) Θόλος. (6) Οροφή δεξαμενής. (7) Μεμβράνη. (8) Περίβλημα. (9) Εσωτερικό σκάφος.

17.8.3 Δεξαμενόπλοια μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου και χημικών

Είναι βασικά μικρού ως μεσαίου μεγέθους (30.000 - 40.000 τόνοι), των οποίων το κύριο χαρακτηριστικό είναι η ειδική κατασκευή των δεξαμενών. Ειδικοί κανονισμοί της IMCO δίνουν τις προδιαγραφές για δεξαμενές που προορίζονται για χημικά (Μονώσεις, διαστάσεις, αντοχή σε χημική διάβρωση και χαμηλές θερμοκρασίες, ελάχιστες αποστάσεις από τα εξωτερικά τοιχώματα κ.λπ.). Βασικός σκοπός η πρόληψη μόλυνσης του περιβάλλοντος σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης. Σήμερα κατασκευάζονται Δ/Ξ που μπορούν να μεταφέρουν πολλών ειδών (πάνω από 40!) χημικά και προϊόντα πετρελαίου σε χωριστές δεξαμενές. Με πολλαπλά δε δίκτυα εξασφαλίζεται ταυτόχρονη φόρτωση-εκφόρτωση πολλών από αυτά πάνω από 10 χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ανάμειξης.

Από τα παραπάνω εμφαίνεται ότι πρόκειται για πλοία ειδικών προδιαγραφών και κατασκευής.

Τυπικά βασικά χαρακτηριστικά τους:

Μήκος	170 m
Εκτόπισμα	32.000 τόνοι
Χωρητικότητα δεξαμενών	32.000 m^3
Ισχύς	9.000 kW
Ταχύτητα	15 knots

18

Δοκιμές νεοκατασκευασθέντος πλοίου

18.1 Γενικά

Μετά το τέλος της ναυπήγησης και πριν από την οριστική παραλαβή ενός πλοίου γίνονται δοκιμές, οι οποίες σκοπό έχουν τον έλεγχο της καλής και αποδοτικής λειτουργίας όλων των συστημάτων του πλοίου.

Συνήθως το ναυπηγείο είναι υποχρεωμένο από τη σύμβαση ναυπήγησης να εγγυηθεί μία ελάχιστη ταχύτητα σε ορισμένο εκτόπισμα με δεδομένη ιπποδύναμη και κατανάλωση καυσίμου.

Οι τυποποιημένες δοκιμές ταχύτητας, όπως αποκαλούνται συνήθως, γίνονται για να καθορισθεί η σχέση μεταξύ της ταχύτητας, της ιπποδύναμης και των στροφών της έλικας ανά λεπτό, σε καθορισμένες καταστάσεις εκτοπίσματος και διαγωγής, και για να ικανοποιηθούν ένας ή περισσότεροι από τους εξής ***ειδικούς σκοπούς***:

1) Για να αποδειχθεί η πραγματοποίηση των συμβατικών υποχρεώσεων του ναυπηγείου, όσον αφορά στην ταχύτητα, στην ιπποδύναμη και μερικές φορές στην κατανάλωση.

2) Για να καθορισθούν οι σχέσεις ταχύτητας και αριθμού στροφών της έλικας άνά λεπτό για ναυτιλιακή χρήση των αξιωματικών του πλοίου.

3) Για να αποκτηθούν στοιχεία απόδοσης του πλοίου, για χρήση σε μελλοντικές μελέτες πλοίων.

4) Για να συσχετισθούν τα αποτελέσματα των δοκιμών προτύπου με τα αποτελέσματα του πλοίου και να βγουν συμπεράσματα για τις μελλοντικές μελέτες πλοίων.

Τα στοιχεία των δύο τελευταίων ειδικών σκοπών (3) και (4) ενδιαφέρουν το ναυπηγείο και τους μελετητές του πλοίου.

18.2 Δοκιμές παρά το κρηπίδωμα

Κατά την πρόοδο του εξοπλισμού του πλοίου μετά την καθέλκυσή του και αμέσως μόλις τελειώσει η εγκατάσταση μιας συσκευής ή ενός μηχανήματος, αυτό δοκιμάζεται προκαταρκτικά για την καλή λειτουργία του.

Συσκευές ή μηχανήματα ηλεκτροκίνητα δοκιμάζονται μετά το τέλος της εγκατάστασης του κύριου πίνακα διανομής με παροχή ρεύματος από την ξηρά.

Μετά το τέλος της εγκατάστασης του συγκροτήματος πρόωσης το πλοίο προσδένεται κατά τον ασφαλέστερο δυνατό τρόπο στα κρηπιδώματα και γίνονται δοκιμές της κύριας μηχανής πρόωσης και των βοηθητικών μηχανημάτων. Η έλικα ή οι έλικες στρέφονται πρόσω και ανάποδα σε ποσοστό του αντίστοιχου μέγιστου αριθμού στροφών.

Το ποσοστό αυτό μπορεί να ανέλθει στο 50% περίπου του μέγιστου αριθμού στρο-

φών, ανάλογα με την ιπποδύναμη των κύριων μηχανών.

Παράλληλα γίνεται έλεγχος της λειτουργίας του μηχανήματος πηδαλίου, του βαρούλκου των αγκυρών και επιθεωρούνται τα μέσα ασφάλειας, προκειμένου το πλοίο να αποπλεύσει για δοκιμές. Έτσι επιθεωρούνται και δοκιμάζονται τα σωστικά μέσα, τα μέσα ενδοσυνεννόησης, τα κουδούνια συναγερμού, οι θυρίδες φορτοεκφορτωσης, οι υδραυλικές πόρτες, τα καλύμματα στομίων κ.λπ.

18.3 Δοκιμές εν πλω

Ο σκοπός των εν πλω δοκιμών είναι να καθορισθούν τα στοιχεία του πλοίου σε συνθήκες λειτουργίας. Είναι προτιμότερο το πλοίο να είναι φορτωμένο μέχρι το μέγιστο βύθισμα. Αυτό είναι εύκολο για τα Δ/Ξ, τα οποία μπορούν να φορτώσουν θαλάσσερμα αντί πετρελαίου, αλλά στα φορτηγά γενικού φορτίου ή χύδην φορτίου, αυτό δεν είναι δυνατό στην πράξη. Για να αντιμετωπισθεί η δυσκολία αυτή προβλέπονται στο συμβόλαιο δοκιμές ταχύτητας σε άφορτη κατάσταση ή σε ενδιάμεσες καταστάσεις φόρτωσης για τα πλοία (όπως σε κατάσταση ερματισμού), στα οποία δεν είναι δυνατή η εκτέλεση δοκιμών στον πλήρη φόρτο.

Στη συνέχεια αναφέρεται ***σειρά ενδεικτικής διενέργειας δοκιμών εν πλω***, οι οποίες αφορούν τόσο στα ντηζελοκίνητα όσο και στα στροβιλοκίνητα πλοία. Εξαιρούνται από τις ακόλουθες δοκιμές οι υπ' αριθ. 7 και 8, οι οποίες αναφέρονται μόνο σε ατμοστροβιλοκίνητα και η δοκιμή υπ' αριθ. 13 που αναφέρεται μόνο σε ντηζελοκίνητα.

1) Απόπλους από λιμάνι.

2) Ερματισμός με θάλασσα σε βύθισμα δοκιμών.

3) Ρύθμιση μαγνητικών πυξίδων.

4) Ρύθμιση ραδιογωνιόμετρου.

5) Τυποποιημένες δοκιμές ταχύτητας.

6) Τετράωρη δοκιμή στην υπηρεσιακή ταχύτητα, για να μετρηθεί η κατανάλωση καυσίμου.

7) Ωριαία δοκιμή ατμοπαραγωγής.

8) Ωριαία δοκιμή υπερφόρτωσης του λέβητα.

9) Δίωρη δοκιμή σε ταχύτητα μέγιστης ιπποδύναμης πρόσω, κατά την οποία γίνονται και τα παρακάτω:

α) Εκτέλεση κύκλων στροφής πηδαλίου.

β) Εκτέλεση ελιγμών Zig - Zag.

γ) Δοκιμή πηδαλίου.

δ) Απότομη κράτηση με κίνηση ανάποδα ολοταχώς, μέτρηση διάρματος.

10) Ωριαία δοκιμή πλήρους ισχύος αναπόδισης, στην οποία περιλαμβάνονται:

α) Εκτέλεση δοκιμής πηδαλίου.

β) Απότομη κράτηση με κίνηση πρόσω ολοταχώς, μέτρηση διάρματος.

11) Δίωρη δοκιμή σε ελαττωμένη ιπποδύναμη και ελάχιστο αριθμό στροφών πρόσω.

12) Δοκιμή αγκυρών.

13) Για προωστήριες Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) δοκιμές αριθμού χειρισμών με τις υπάρχουσες φιάλες πεπιεσμένου αέρα.

14) Εξάντληση έρματος.

15) Επιστροφή στο λιμάνι.

Η παραπάνω σειρά των δοκιμών μεταβάλλεται στην πράξη λόγω καθυστερήσεων, καιρικών συνθηκών, φωτός ημέρας κ.λπ.

Μετά το τέλος των δοκιμών, αριθμός εξαρτημάτων των κύριων μηχανών, βοηθητικών μηχανημάτων, συσκευών, εξαρτημάτων κ.λπ. που καθορίζονται από τη σύμβαση εξαρμόζονται για να επιθεωρηθούν και να εξακριβωθεί η καλή κατάστασή τους μετά τις δοκιμές.

Οι τυποποιημένες δοκιμές ταχύτητας γίνονται με τις ιδεωδέστερες δυνατές συνθήκες και αυτό για να καθορισθεί η σχέση ισχύς - ταχύτητα του πλοίου. Το πλοίο πρέπει να έχει καθαρή και λεία γάστρα, δηλαδή να έχει υποστεί πρόσφατα δεξαμενισμό και, χρωματισμό υφάλων. Η δοκιμή είναι επιθυμητό να γίνεται με καλές καιρικές συνθήκες.

Το πλοίο εκτελεί σε σταθερή πορεία περισσότερες διαδρομές αντίθετης κατεύθυνσης. Είναι συνηθισμένο να εκτελούνται τουλάχιστον 3 διαδρομές σε κάθε ταχύτητα. Με τις αντίθετες διαδρομές επιδιώκεται η εξουδετέρωση σφαλμάτων λόγω άνεμου και ρεύματος. Με την πορεία που καθορίζεται όπως παραπάνω το πλοίο διανύει ορισμένη απόσταση, η οποία συνήθως είναι 1 ν.μ., το οποίο ελέγχεται ακριβώς και σημειώνεται με χαρακτηριστικά σημεία στην ξηρά, τα οποία και παραλλάσσει το πλοίο. Το βάθος της θάλασσας πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον στο 20πλάσιο του βυθίσματος για να αποφεύγεται επίδραση του βάθους στην ταχύτητα του πλοίου. Μερικές φορές αντί της μέτρησης της ταχύτητας σε μετρημένο μίλι γίνεται η μέτρηση με ραδιοπτεύσεις. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής στην ελεγμένη απόσταση τηρείται σταθερός ο αριθμός στρ/min της έλικας και γίνονται παρατηρήσεις ταχύτητας και αριθμού στρ/min. Ειδικότερα κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της δοκιμής ταχύτητας πρέπει να καταχωρούνται οι παρακάτω παρατηρήσεις:

1) Χρόνος που χρειάζεται για να διανυθεί η ελεγμένη απόσταση.

2) Ο αριθμός στρ/min και ο ολικός αριθμός περιστροφών έλικας κατά τη διάρκεια της διαδρομής.

3) Ώση της έλικας.

4) Ιπποδύναμη της έλικας. Ο καλύτερος τρόπος είναι η μέτρηση της ιπποδύναμης με προσαρμογή στρεψίμετρου πάνω στον άξονα. Η ιπποδύναμη μπορεί επίσης να καθορισθεί σε ηλεκτροκίνητα πλοία με μέτρηση της ισχύος, ενώ σε Diesel και παλινδρομικές μηχανές με δυναμοδείκτες, πλην όμως η τελευταία μέτρηση δεν είναι αρκετά ακριβής.

5) Σημειώνεται η ώρα έναρξης κάθε διαδρομής, καθώς και η πορεία.

6) Επαρκή στοιχεία για τον καθορισμό του εκτοπίσματος, δηλαδή βυθίσματα και πυκνότητα νερού.

7) Συνθήκες περιβάλλοντος σε κάθε διαδρομή, όπως θερμοκρασία νερού και αέρα, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, βάθη της θάλασσας, κατάσταση της θάλασσας.

Τελικά από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν καμπύλες ταχύτητας ιπποδύναμης, ταχύτητας - στρ/min και από τις δοκιμές καμπύλες ταχύτητας - κατανάλωσης πολύ χρήσιμες γι' αυτούς που χειρίζονται τα πλοία.

Η πλήρης και λεπτομερής ανάλυση των δοκιμών ταχύτητας δίνει χρήσιμες πληροφορίες για τη γενική μελέτη των θεμάτων πρόωσης.

1) ***Ρύθμιση πυξίδας.*** Εκτελείται κοντά και λίγο έξω από το λιμάνι με αργή περιστρο-

φή του πλοίου και λήψη διοπτεύσεων σταθερών σημείων. Συνήθως εκτελείται συγχρόνως και έλεγχος των αναγνώσεων της γυροπυξίδας.

2) ***Δοκιμές πηδαλίου.*** Εκτελούνται μετά το τέλος των δοκιμών μέγιστης ταχύτητας και περιλαμβάνουν:

α) Μέτρηση στοιχείων του κύκλου στροφής. Κύκλοι στροφής εκτελούνται ΑΡΙΣΤΕΡΑ (ΑΡ) και ΔΕΞΙΑ (ΔΞ) σε διάφορες γωνίες πηδαλίου και διάφορες ταχύτητες.

β) Δοκιμή πηδαλίου, στρέφοντάς το από την ακραία θέση ΑΡ στην ακραία θέση ΔΞ και αντιθέτως. Κατά τις δοκιμές μετριέται ο χρόνος μετακίνησης του πηδαλίου από 35° ΑΡ σε 30° ΔΞ και από 35° ΔΞ σε 30° ΑΡ, όπως προβλέπουν οι κανονισμοί.

γ) Κινήσεις πλοίου Zig - Zag. Το πλοίο παίρνει μία πορεία. Το πηδάλιο στρέφεται ΔΞ 20°. Μετά την αλλαγή πορείας κατά 20° το πηδάλιο στρέφεται ΑΡ 20° και κρατιέται μέχρις ότου το πλοίο αλλάξει πορεία παίρνοντας πορεία 20° αριστερότερα από την αρχική. Το πηδάλιο αντιστρέφεται κ.ο.κ. Μετριέται ο χρόνος του χειρισμού και συνάγονται συμπεράσματα για την ευελιξία του πλοίου.

3) ***Δοκιμή αγκυρών.*** Εκτελείται σε βαθιά νερά. Κάθε άγκυρα ποντίζεται μέχρι βάθους 60 οργιών. Κατά τη διάρκεια των ποντίσεων δοκιμάζεται και η καλή λειτουργία του φρένου του βαρούλκου με απότομη πέδηση. Επίσης μετριέται και ο χρόνος, που απαιτείται για την ανέλκυση της άγκυρας.

Το βαρούλκο πρέπει να είναι ικανό να ανελκύει συγχρόνως τις δύο άγκυρες από βάθος 30 οργιών με μέση ταχύτητα 30 ft/min.

4) ***Δίαρμα κράτησης.*** Μετριέται ο χρόνος και η απόσταση κράτησης του πλοίου, όταν γίνεται κίνηση μηχανής για απότομη κράτησή του.

Αν δηλαδή το πλοίο κινείται με την ταχύτητα μέγιστης ισχύος πρόσω και οι μηχανές τεθούν σε αναπόδιση με όλη τη δύναμη (πάση δυνάμει), τότε η απόσταση, την οποία διανύει το πλοίο μέχρι τον πλήρη μηδενισμό της ταχύτητας πρόσω, καλείται ***δίαρμα κράτησης πρόσω.***

Όμοια μέτρηση γίνεται, όταν το πλοίο κινείται ανάποδα με πλήρη ισχύ και η απόσταση, την οποία διανύει μέχρι τον μηδενισμό της ταχύτητας ανάποδα μετά την εκτέλεση με όλη τη δύναμη πρόσω, καλείται ***δίαρμα κράτησης ανάποδα.***

– Κραδασμοί, θόρυβοι, συμπεριφορά πλοίου σε θαλασσοταραχή

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών παρακολουθούνται οι κραδασμοί οι οποίοι ενδεχομένως εμφανίζονται σε διάφορα σημεία του σκάφους, την προωστήρια μηχανή και τον άξονα, καθώς και ο θόρυβος, ο οποίος προέρχεται από τα μηχανήματα και στην ανάγκη μετριέται η συχνότητα και η ένταση του θορύβου κυρίως στο μηχανοστάσιο, αλλά και στους χώρους επιβατών (για επιβατηγά) και τα διαμερίσματα του πληρώματος. Σε περίπτωση που η ένταση κραδασμών και θορύβου υπερβαίνει καθορισμένα συμβατικά όρια, το ναυπηγείο προβαίνει στις αναγκαίες τροποποιήσεις (ενισχύσεις, ηχητικές μονώσεις) για να περιορισθούν.

Επίσης, μερικές φορές κατά τις δοκιμές μπορεί να επιδιωχθεί ικανοποιητική συμπεριφορά του πλοίου σε θαλασσοταραχή. Η δοκιμή χαρακτηρίζεται από μία δύναμη άνεμου κάτω από την οποία το εκτεθειμένο κατάστρωμα πρέπει να παραμένει στεγνό (δεν κατακλύζεται από νερά), η πρώρα δεν υποφέρει από κρούσεις της θάλασσας (Slamming) κ.ο.κ.

19

Συντήρηση σκάφους

19.1 Εισαγωγή

Το θαλάσσιο περιβάλλον προκαλεί φθορά της χαλύβδινης κατασκευής του πλοίου κατά τη διάρκεια της ζωής του. Για να αντιμετωπισθεί η φθορά απαιτείται η συντήρηση του σκάφους και η διατήρησή του σε καλή κατάσταση για τους παρακάτω λόγους:

1) Για να ανταποκρίνεται στους κανόνες ασφάλειας από πλευράς φθορών.

2) Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η χρήση του.

3) Για να έχει καλή εμφάνιση, ώστε να δίνει το αίσθημα ασφάλειας και ικανοποίησης.

Τα βασικά στοιχεία ενός προγράμματος διατήρησης και συντήρησης του σκάφους, είναι:

1) ***Η κατανόηση των αιτίων*** της φθοράς στο θαλάσσιο περιβάλλον.

2) ***Η ορθή σχεδίαση*** με σκοπό την επαρκή συντήρηση στις νέες κατασκευές.

3) ***Η επιλογή των κατάλληλων υλικών και μέτρων συντήρησης*** και η δημιουργία κινήτρων για τη χρησιμοποίηση νέων βελτιωμένων υλικών και διαδικασιών συντήρησης.

Η συντήρηση διακρίνεται σε ***υποχρεωτική*** και ***προληπτική.*** Η υποχρεωτική είναι συνυφασμένη με την επισκευή του σκάφους. Η προληπτική συντήρηση μπορεί να ορισθεί ως η έγκαιρη δαπάνη χρήματος με σκοπό τον περιορισμό των δαπανών μελλοντικής υποχρεωτικής συντήρησης και επισκευής.

Η διαδικασία προληπτικής συντήρησης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και τα δρομολόγιά του.

Δύο είναι τα κυριότερα φαινόμενα (επιδράσεις) του θαλάσσιου περιβάλλοντος στο σκάφος με την πάροδο του χρόνου.

1) Η διάβρωση και

2) η ρύπανση.

Παρακάτω θα εξετασθούν χωριστά και στη συνέχεια μαζί, τόσο τα φαινόμενα όσο και οι διαδικασίες πρόληψής τους.

19.2 Διάβρωση, φαινόμενο και πρόληψη

Διάβρωση (corrosion) είναι η φθορά ή η αποσύνθεση του μετάλλου συνεπεία χημικών ή ηλεκτροχημικών αντιδράσεων απ' το περιβάλλον. Η έναρξη του φαινομένου γίνεται στην επιφάνεια του μετάλλου.

Στην έννοια αυτή δεν περιλαμβάνεται η φθορά λόγω μηχανικών αιτίων (errosion) ή η σπηλαίωση (cavitation) της επιφάνειας του μετάλλου.

Βασικές συνέπειες της διάβρωσης για τα πλοία είναι:

1) Η μείωση του πάχους και της αντοχής του μετάλλου και η αύξηση των τάσεων.

2) Η αύξηση της τραχύτητας της επιφάνειας και συνεπώς η αύξηση της αντίστασης τριβών του σκάφους, δηλαδή μεγαλύτερη δαπάνη ενέργειας για την πρόωση.

19.2.1 Αίτια και περιγραφή του φαινομένου

Τα μέταλλα τείνουν να επανέλθουν στην κατάσταση από την οποίαν προήλθαν (δηλ. ορυκτά). Η διάβρωση αποτελεί ένα τμήμα αυτού του κύκλου. Η διάκριση δε σε χημική και ηλεκτροχημική διάβρωση αποτελεί βασικά παραδοχή γιατί:

Ηλεκτροχημική καλείται η διάβρωση που γίνεται παρουσία ηλεκτρολύτη (συνήθως υγρού) και είναι ουσιαστικά χημική αντίδραση που συνοδεύεται από δίοδο ρεύματος.

Χημική είναι η διάβρωση η οποία γίνεται χωρίς την παρουσία ηλεκτρολύτη όπως π.χ. η οξείδωση χάλυβα στην ατμόσφαιρα.

Και οι δύο μορφές διαβρώσεων έχουν κοινό αποτέλεσμα την οξείδωση του μετάλλου.

Στα πλοία η διάβρωση που εμφανίζεται είναι κυρίως ηλεκτροχημική και για να συντελεσθεί απαιτούνται:

1) Δύο σημεία της μεταλλικής επιφάνειας με διαφορά δυναμικού, δηλαδή μία ***άνοδος*** και μία ***κάθοδος.***

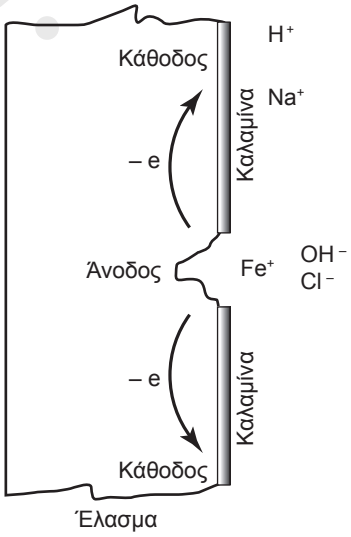
2) Ένας καλός ηλεκτρολύτης (όπως είναι η θάλασσα).

Τα ηλεκτρικώς ουδέτερα άτομα στην επιφάνεια του μετάλλου διασπώνται από τον ηλεκτρολύτη σε θετικά ιόντα υπό μορφή μετάλλου εν διαλύσει στον ηλεκτρολύτη, και σε ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία, ως αρνητικώς φορτισμένα, κινούνται διά του σώματος του μετάλλου προς ηλεκτροθετικότερα σημεία της επιφάνειας του μετάλλου.

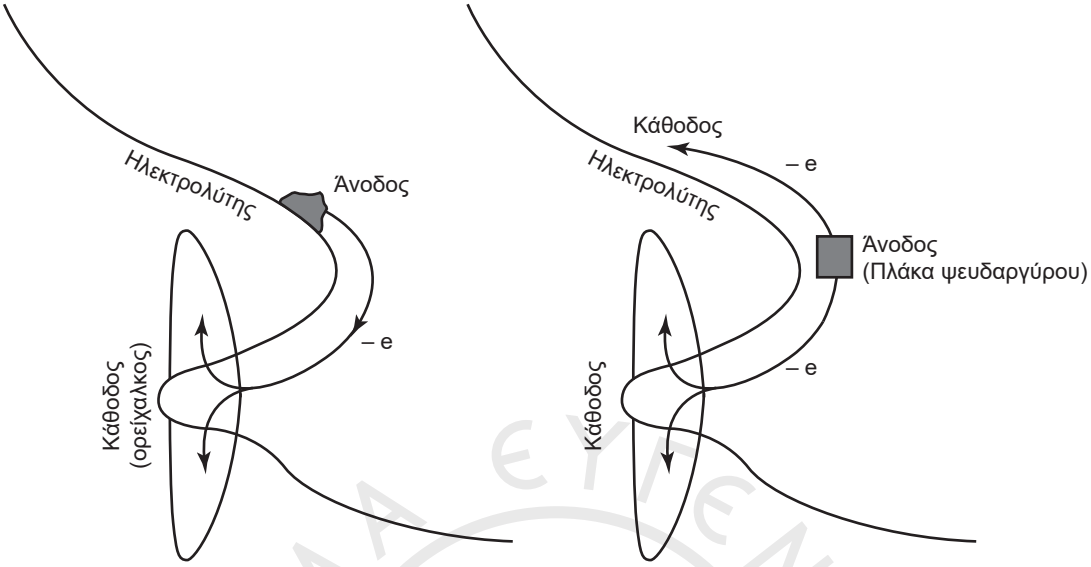
Τη διαφορά αυτή του δυναμικού μεταξύ των σημείων της επιφάνειας του μετάλλου δημιουργούν διάφορες αιτίες (βλ. παρακάτω) όπως η μερική κάλυψη της επιφάνειας με καλαμίνες, οπότε η διάλυση θετικών ιόντων μετάλλου και η παραγωγή ελεύθερων ηλεκτρονίων γίνεται σε σημεία που δεν καλύπτονται από καλαμίνα (βλ. σχ. 19.1). Μπορεί όμως, να δημιουργηθεί και αυτόματα μεταξύ δύο διαφορετικών μετάλλων που έχουν συνδεθεί ηλεκτρικώς (βλ. σχ. 19.2 - ορείχαλκος ηλεκτροθετικότερος από τον χάλυβα).

Τα ηλεκτρόνια, επομένως, κινούνται διά του σώματος του μετάλλου από περιοχή χαμηλότερου δυναμικού, «Άνοδος», προς περιοχή υψηλότερου δυναμικού, «Κάθοδος».

Εξάλλου τα μόρια του ηλεκτρολύτη που δια-



Σχ. 19.1



Σχ. 19.2

σπώνται σε θετικά και αρνητικά ιόντα, κινούνται μέσα στον ηλεκτρολύτη και έλκονται, τα μεν αρνητικά ιόντα (OH^-, CL^-) προς τα θετικά ιόντα μετάλλου στην άνοδο (γι' αυτό και αποκαλούνται ανιόντα), δημιουργώντας υδροξείδια, οξείδια και χλωριούχα του μετάλλου, τα δε θετικά ιόντα (H^+, Na^+) προς τα αρνητικά ιόντα της καθόδου (γι' αυτό και αποκαλούνται κατιόντα), δεσμεύοντας ηλεκτρόνια και εκλυόμενα σε ελεύθερο υδρογόνο κ.λπ..

Έτσι το κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα μεταξύ περιοχής ανόδου και καθόδου αποτελείται από:

1) Ηλεκτρόνια μέσα στο μέταλλο και

2) ιόντα ηλεκτρολύτη σε διάλυση, μέσα στον ηλεκτρολύτη.

Επομένως πάντοτε η άνοδος φθείρεται.

Έτσι, όταν στην πρύμνη του πλοίου τοποθετηθεί άλλο μέταλλο ηλεκτροαρνητικότερο από τον χάλυβα (π.χ. ψευδάργυρος που έχει συνδεθεί ηλεκτρικώς με το σκάφος) αυτό πια θα αποτελέσει την άνοδο και θα φθαρεί.

Η ταχύτητα και ο ρυθμός διάβρωσης καθορίζεται:

1) Από τη σχέση επιφανειών καθόδου προς άνοδο, π.χ. για μεγάλη επιφάνεια χαλκού (κάθοδος) με μικρή χάλυβα (άνοδος) εμφανίζεται γρήγορη διάβρωση του χάλυβα.

2) Από την πλούσια παροχή ηλεκτρολύτη.

3) Από την αυξημένη παρουσία οξυγόνου προκειμένου να μην πολώνεται η κάθοδος από το εκλυόμενο υδρογόνο.

19.2.2 Είδη διάβρωσης σε θαλάσσιο περιβάλλον

Ανάλογα με τον τρόπο κατά τον οποίο προχωρεί, η διάβρωση διακρίνεται στις παρακάτω κατηγορίες:

1) ***Ομοιόμορφη.*** Προσβάλλεται ολόκληρη η επιφάνεια του μετάλλου και προχωρεί σε σχεδόν ***ομοιόμορφο βάθος*** διάβρωσης.

Αντιμετωπίζεται με αυξημένο πάχος ελάσματος ανάλογα με το προβλεπόμενο όριο ηλικίας του σκάφους, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

2) ***Κατά σημεία (στίγματα) ή ευλογίαση (pitting).*** Αρχίζει σε ορισμένα ευπαθή σημεία και προχωρεί με μεγάλη ταχύτητα τοπικά προς το βάθος. Συμβαίνει όταν μικρή ανοδική περιοχή περιβάλλεται από μεγάλη καθοδική επιφάνεια, οπότε, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ταχύτητα είναι μεγάλη (π.χ. όταν η προστατευτική επίστρωση του χρώματος αφαιρεθεί τοπικά, οπότε, το μέταλλο κάτω από αυτή γίνεται άνοδος μικρής επιφάνειας). Γενικά ευνοϊκές διαβρώσεις κατά στίγματα εμφανίζονται όπου υπάρχει ετερογένεια ή ανομοιομορφία στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

3) Σε ***κοιλότητες.*** Μπορεί να εμφανισθεί σε κοιλότητες στις οριζόντιες επιφάνειες μελών της σιδηροκατασκευής δεξαμενών, μέσα στις οποίες έχει παγιδευτεί διαβρωτικό υγρό. Είναι μία τοπική διάβρωση και προχωρεί γρήγορα, αρχίζοντας σε γωνίες, κάτω από καρφιά, βίδες κ.λπ. Ιδιαίτερα προσβάλλονται οι νικελιούχοι και ωστενιτικοί χάλυβες σε αντίθεση με τα κράματα αλουμινίου και χαλκού.

4) ***Διάβρωση από ψηλές ταχύτητες.*** Η απομάκρυνση των υπολειμμάτων διάβρωσης από τη διαβρωμένη επιφάνεια ***επιταχύνεται*** από ψηλές ταχύτητες ροής, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η παροχή του οξυγόνου. Το αποτέλεσμα είναι η επιτάχυνση της διάβρωσης.

5) Από ***μηχανική δράση.*** Η φθορά της επιφάνειας από τη ροή του νερού είναι πιο έντονη εκεί όπου μέσα στο νερό περιέχονται φυσαλίδες ή σωματίδια. Αυτά πέφτουν πάνω στην επιφάνεια του μετάλλου και αφαιρούν την προστατευτική βαφή, οπότε αρχίζει ηλεκτροχημική διάβρωση. Το φαινόμενο είναι εντονότερο:

α) Όταν η ροή είναι στροβιλώδης και

β) όταν υπάρχει στένωση στη ροή, π.χ. σε σωλήνωση.

Η αποφυγή των δύο αυτών παραγόντων βοηθά στη μείωση της διάβρωσης από μηχανικά αίτια.

6) Από ***συγκέντρωση τάσεων και ρηγματώσεων.*** Αρχίζει από μηχανικά αίτια, δηλαδή από τοπική συγκέντρωση τάσεων, όταν αυτές εναλλάσσονται ή υπερβαίνουν ένα ορισμένο όριο. Η εναλλαγή των τάσεων συντελεί στην αποφλοίωση του στρώματος σκουριάς που δημιουργείται και το οποίο προστατεύει μέχρι ένα ορισμένο σημείο το μέταλλο, περιορίζοντας τον ρυθμό της παραπέρα οξείδωσης, έτσι, ώστε γυμνό μέταλλο να βρίσκεται συνεχώς εκτεθειμένο στην επίδραση του οξειδωτικού περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζεται ο ρυθμός της οξείδωσης και της φθοράς που προκαλείται από αυτήν (fatigue corrosion). Είναι δυνατό να αρχίσει και σε περιβάλλον όπου υπό κανονικές συνθήκες δεν ευνοείται η διάβρωση, ακριβώς λόγω της ύπαρξης τάσεων. Πολλές φορές όμως η ύπαρξη κρατήρα διάβρωσης είναι η αρχική αιτία, προχωρεί δε το φαινόμενο σε βάθος λόγω των ψηλών τάσεων.

19.2.3 Πρόληψη διάβρωσης

Για πρόληψη και προστασία από τη διάβρωση, είναι δυνατό να ληφθεί ένα από τα μέτρα που αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

1) Εκλογή κατάλληλου υλικού ή συνδυασμού κατάλληλων υλικών για την πρόκληση της μικρότερης δυνατής διάβρωσης κάτω από αυτές τις συνθήκες. Βέβαια αυτό πολλές φορές είναι αδύνατο ή αντιοικονομικό, π.χ. χρησιμοποίηση εξ ολοκλήρου ανοξείδωτων χαλύβων για το σκάφος.

2) Βελτίωση του περιβάλλοντος, δηλαδή μείωση των διαβρωτικών ιδιοτήτων με απομάκρυνση των έντονων διαβρωτικών στοιχείων και προσθήκης ανασταλτικών διαβρώσεως, όπου αυτό είναι δυνατό (π.χ. τροφοδοτικού νερού λεβήτων).

3) Εφαρμογή διαχωριστικής επιφάνειας, η οποία θα δρα χημικά και φυσικά μεταξύ του μετάλλου και του διαβρωτικού υλικού (προστατευτικά χρώματα).

4) Καθοδική προστασία.

Από τα παραπάνω προληπτικά μέτρα πρακτικά εφαρμόζονται για το σκάφος η διαχωριστική επιφάνεια και η καθοδική προστασία. Στα μέτρα αυτά αναφερόμαστε λεπτομερέστερα παρακάτω:

19.2.4 Διαχωριστικές επιφάνειες

Οι διαχωριστικές επιφάνειες διακρίνονται σε: χρώματα και σε μεταλλικές διαχωριστικές επιφάνειες. Αναλυτικότερα:

1) Χρώματα

Τα βασικά συστατικά των χρωμάτων είναι:

α) Αδιάλυτη χρωστική ουσία ως αιώρημα (pigment).

β) Το συνδετικό υγρό (binder), συνήθως οργανικής προέλευσης, από το οποίο εξαρτώνται οι χημικές ιδιότητες του χρώματος.

γ) Στεγανοποιητικές προσθήκες (driers).

δ) Διαλυτικά (thinners) για τον έλεγχο του ιξώδους.

Ο ρόλος των χρωμάτων είναι να ελέγχουν και να περιορίζουν τον ρυθμό της διάβρωσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη λειτουργία του χρώματος:

α) Ως φυσικού φράγματος μεταξύ μετάλλου και ηλεκτρολύτη.

β) Ως υψηλής ανθεκτικότητας μονωτικό υλικό (ωμική αντίσταση), το οποίο μειώνει την ένταση του ρεύματος του ηλεκτρολυτικού κυκλώματος.

γ) Ως ανασχετικό της παραπέρα διαβρωτικής δράσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τα προϊόντα που προέρχονται από την αδιάλυτη χρωστική ουσία (pigment).

δ) Ως καθοδική προστασία εφόσον υπάρχει ως συστατικό ο ψευδάργυρος (zinc silicate primers).

Τα χρώματα για τα σκάφη διακρίνονται σε ελαιοχρώματα (conventional paints) και πλαστικά (plastic types). Τα τελευταία είναι μεγαλύτερης αντοχής και διάρκειας.

2) Μεταλλικές διαχωριστικές επιφάνειες

Πέρα από τα αντιδιαβρωτικά κράματα για τις σωληνώσεις των πλοίων και ορισμένα άλλα εξαρτήματα έντονα εκτεθειμένα σε κίνδυνο διάβρωσης, εφαρμόζεται σε χαλύβδινες σωληνώσεις ένα μεταλλικό προστατευτικό στρώμα (γαλβάνισμα) από ψευδάργυρο.

Καθοδική προστασία (του χαλύβδινου σκάφους). Είναι η εξουδετέρωση των γαλβανικών ρευμάτων της διάβρωσης, μεταξύ ανόδου και καθόδου. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη αντίθετων ρευμάτων ίσης έντασης, εφαρμόζοντας μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

α) ***Επιβολή εξωτερικού συνεχούς ρεύματος.*** Έτσι, εξουδετερώνονται όλες οι τοπικές άνοδοι και το προφυλασσόμενο σκάφος γίνεται μία κάθοδος, οπότε όπως αναφέραμε δεν φθείρεται.

Το σύστημα περιλαμβάνει πηγή συνεχούς ρεύματος, ο θετικός πόλος της οποίας συνδέεται με ένα αριθμό ανόδων οι οποίες είναι τοποθετημένες κατά ορισμένα διαστήματα κατά μήκος του σκάφους στα ύφαλα και εξέχουν από αυτό. Ο αρνητικός πόλος συνδέεται με το σκάφος, το οποίο έτσι γίνεται κάθοδος. Η διαφορά δυναμικού που επιβάλλεται από την ηλεκτρική πηγή εξασφαλίζει την εξουδετέρωση όλων των ανόδων στο σκάφος και έτσι επιτυγχάνεται η προστασία του.

β) ***Προσθήκη στα ύφαλα του σκάφους ανόδων από αλουμίνιο, ψευδάργυρο*** ή ***μαγνήσιο,*** τα οποία είναι ηλεκτραρνητικότερα του χάλυβα, οπότε η χαλύβδινη κατασκευή μετατρέπεται σε ***κάθοδο.*** Δηλαδή, οι άνοδοι που προσθέτονται «θυσιάζονται» αντί του σκάφους. Ο αριθμός και οι θέσεις των ανόδων είναι τέτοιες, ώστε να εξασφαλισθεί η μέγιστη προστασία του χαλύβδινου περιβλήματος κάτω από τη θάλασσα. Επίσης πρέπει ο χρησιμοποιούμενος ψευδάργυρος ή το αλουμίνιο ή το μαγνήσιο να είναι μεγάλης καθαρότητας ή με προσμίξεις άλλων μετάλλων που καταπολεμούν τις ακαθαρσίες (π.χ.: Κράμα μαγνησίου που περιέχει 6% αλουμίνιο, 3% ψευδάργυρο και 0,2% μαγγάνιο)

19.3 Ρύπανση, φαινόμενο και πρόληψη

19.3.1 Η εμφάνιση της ρύπανσης

Η ρύπανση της γάστρας είναι το σύνολο της ύλης, οργανικής και ανόργανης, η οποία με την πάροδο του χρόνου προσκολλάται στα ύφαλα του σκάφους, είτε αυτό κινείται είτε όχι.

Διακρίνεται βασικά σε δύο κατηγορίες:

Ζελατινοειδές στρώμα και ***μαλακή λάσπη***, τα οποία δεν περιέχουν ορατά στερεό αντικείμενα. Δημιουργούν μία λεπτή κάλυψη της γάστρας, ομοιόμορφου πάχους.

Στρώματα ημιστερεά ή στερεά που δίνουν τραχιά επιφάνεια που αποτελείται από ζωικούς ή φυτικούς μικροοργανισμούς, από αυτούς που αναπτύσσονται μέσα στη θάλασσα.

1) ***Φυτά.*** Αναπτύσσονται κυρίως στις πλευρές του σκάφους, γιατί χρειάζονται το ***ηλιακό φως.*** Κοντά στην ίσαλο έχουν πράσινο χρώμα, ενώ σε μεγαλύτερο βάθος είναι καφέ.

2) ***Ζωικοί οργανισμοί (όστρακα).*** Προσκολλώνται κυρίως στον πυθμένα της γάστρας, λόγω πληθώρας των φυτών στις πλευρές.

Το αποτέλεσμα της ρύπανσης είναι η δημιουργία τραχιάς επιφάνειας της γάστρας. Αυξημένη ρύπανση μπορεί να προκαλέσει γι' αυτό μεγάλη αύξηση της αντίστασης τριβής και αντίστοιχα της κατανάλωσης καυσίμου, πολύ μεγαλύτερης από την αντίστοιχη αύξηση λόγω τραχύτητας της επιφάνειας από διάβρωση.

Πέρα από αυτό η ανάπτυξη των οστράκων μπορεί να καταστρέψει την προστατευτική βαφή της γάστρας.

Η τραχύτητα μιας επιφάνειας μετριέται από το μέγιστο βάθος διάβρωσης, σε μικρά (μM), σε μία περιοχή μήκους 50 mm. Έτσι, για συνολική διάβρωση που δεν υπερβαίνει τα 450 μM/50 mm, μία αύξηση βάθους διάβρωσης κατά 10 μM/50 mm προκαλεί αύξηση της ιπποδύναμης πρόωσης κατά 1%. Μέσος όρος ετήσιας φθοράς είναι περίπου 25 μM/50 mm για καλώς συντηρούμενα ύφαλα.

Από τους παραπάνω συντελεστές μπορούμε να σχηματίσουμε μία εικόνα της αύξησης της ιππόδυναμης πρόωσης, λόγω διάβρωσης, όσο αυξάνεται η ηλικία ενός πλοίου, που μπορεί να αποβεί πολύ σημαντική. Εξάλλου, η αύξηση λόγω ρύπανσης της ιπποδύναμης πρόωσης για επίτευξη μιας ορισμένης ταχύτητας, μέσα σε ένα έτος, είναι της τάξης των 24% (που ισοδυναμεί με ελάττωση της ταχύτητας κατά 8% περίπου για σταθερή ιπποδύναμη).

19.3.2 Πρόληψη της ρύπανσης

Η εν χρήσει μέθοδος για την πρόληψη και καταπολέμηση της ρύπανσης είναι η βαφή των υφάλων του πλοίου με χρώματα που περιέχουν κατάλληλα ***δηλητήρια.*** Αυτά είναι γενικά μείγματα οργανο-μεταλλικών και ανόργανων ενώσεων. Κάθε δηλητήριο καταπολεμά περιορισμένο αριθμό μικροοργανισμών και για να επιτευχθεί η εξόντωση μεγάλου φάσματος από αυτούς απαιτείται συνδυασμός δηλητηρίων.

Άλλες εν χρήσει μέθοδοι για την πρόληψη της ρύπανσης, με διάφορα αποτελέσματα, είναι η εκτόξευση δηλητηρίων από εύκαμπτους σωλήνες (manifolds = μάνικες) οι οποίοι είναι αναρτημένοι στο ύψος των παρατροπιδίων (bilge keel). Αντί δηλητηρίων έχει εξετασθεί και η χρησιμοποίηση χλωρίνης σε υγρή ή αεριώδη κατάσταση.

19.4 Συνδυασμός πρόληψης διάβρωσης και ρύπανσης

Η πλήρης πρόληψη διάβρωσης και ρύπανσης δεν είναι για την ώρα κατορθωτή. Έχουν όμως αναπτυχθεί συστήματα ελέγχου και περιορισμού της φθοράς της γάστρας στο ελάχιστο, τα οποία εντάσσονται σε ένα γενικότερο πρόγραμμα συντήρησης του σκάφους.

Σημαντικά προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζονται αναφέρονται στις ακόλουθες παραγράφους:

19.4.1 Διάρκεια μεταξύ δεξαμενισμών

Με την αύξηση του μεγέθους των πλοίων η διάρκεια μεταξύ διαδοχικών δεξαμενισμών έγινε σημαντικότερος οικονομικός παράγοντας. Συμφέρει δε στον πλοιοκτήτη οι διαδοχικοί δεξαμενισμοί να απέχουν όσο περισσότερο είναι δυνατό μεταξύ

τους. Ο δεξαμενισμός πέρα από τους άλλους λόγους συντήρησης απαιτείται για τον καθαρισμό και τη βαφή της επιφάνειας των υφάλων του σκάφους. Όσο καλύτερης ποιότητας είναι η αντιδιαβρωτική και αντιρρυπαντική προστασία τόσο μπορεί να αυξηθεί ο χρόνος μεταξύ διαδοχικών δεξαμενισμών.

19.4.2 Προετοιμασία της επιφάνειας για βαφή

Η βάση της αποτελεσματικής προστασίας της επιφάνειας είναι αρχικά η καλή προετοιμασία, δηλαδή ο αποτελεσματικός καθαρισμός της, πριν από την πρώτη βαφή κατά τη ναυπήγηση, γιατί με αυτόν επιτυγχάνονται:

1) Απομάκρυνση κάθε υλικού, που εμποδίζει την καλή πρόσφυση της βαφής πάνω στο έλασμα.

2) Απομάκρυνση κάθε χημικά δραστικής ουσίας, η οποία μπορεί να προκαλέσει έναρξη διάβρωσης.

3) Απομάκρυνση λεπτών στρωμάτων σκουριάς (καλαμίνας - Millscale) και άλλων μολυντικών στοιχείων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν έναρξη ηλεκτρολυτικής διάβρωσης.

19.4.3 Μέθοδοι καθαρισμού της επιφάνειας

Εξαρτώνται από τη φύση και την ηλικία της επιφάνειας. Αναφέρονται σύντομα οι κυριότερες:

1) ***Καθαρισμός με το χέρι.*** Με χρήση χαλύβδινης λεπίδας μήκους 150 mm πάνω σε ράβδο απομακρύνονται οι οργανισμοί και τα προϊόντα διάβρωσης. Πολύ χαμηλός ρυθμός καθαρισμού και κακή ποιότητα προετοιμασίας επιφάνειας.

2) ***Καθαρισμός με το χέρι*** με χρήση ***συρμάτινης βούρτσας*** από ανοξείδωτο χάλυβα. Ρυθμός χαμηλότερος από τον προηγούμενο. Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση ξηρών οργανισμών. Προσφέρει τον καλύτερο δυνατό έλεγχο του καθαρισμού με το χέρι. Μετά απαιτείται απομάκρυνση της σκόνης με νερό ή αέρα.

3) ***Μηχανική απόξεση.*** Χρησιμοποιούνται, περιστρεφόμενοι δίσκοι - λεπίδες που κινούνται ηλεκτρικά από πλαστικό ή από χάρτινο περίβλημα λεπίδων. Για αρχική απόξεση δίνει τον χαμηλότερο ρυθμό (λόγω χειροκίνητης περιφοράς πάνω στην επιφάνεια). Για τελική προετοιμασία δίνει καλά αποτελέσματα. Χρησιμοποιείται για μικρές επιφάνειες.

4) ***Μηχανική απόξεση με βούρτσα.*** Η βούρτσα είναι κυκλική από χαλύβδινο ανοξείδωτο σύρμα. Πάνω στην επιφάνεια περιφέρεται με το χέρι. Απομακρύνει βασικά σκουριές. Απαραίτητη η απομάκρυνση της σκόνης μετά την απόξεση.

5) ***Αερόσφυρο.*** Παλινδρομεί με αέρα υπό πίεση. Δίνει χαμηλές ταχύτητες, και χρησιμοποιείται για σκωρίαση ή υπόλοιπα συγκόλλησης. Είναι πολύ θορυβώδες.

6) ***Δέσμη νερού ψηλής πίεσης.*** Έχει διαδοθεί σήμερα διεθνώς. ***Δίνει άριστα αποτελέσματα και πολύ γρήγορα.*** Πίεση νερού 150 - 300 ατμόσφαιρες, (το μέγιστο 500). Ρυθμός καθαρισμού 150 m^2/ώρα, ο μεγαλύτερος από όλες τις μεθόδους. Χρησιμοποιείται κυρίως για απομάκρυνση Slime (λεπτής λάσπης) και φυτικών οργανισμών, ανεπιθύμητων χρωμάτων (ρύπανσης και διάβρωσης).

Για τον καθαρισμό μέχρι γυμνής επιφάνειας, συνιστάται η χρήση γλυκού νερού, για την πρόληψη της διάβρωσης του εκτεθειμένου χάλυβα.

7) ***Αμμοβολή*** ή ***βολή ρινισμάτων.*** Εκτόξευση άμμου ή μεταλλικών ρινισμάτων υπό πίεση με τη βοήθεια αέρα πίεσης 5-7 ατμόσφαιρων. Δίνει ιδεώδη επιφάνεια για βαφή, αλλά κατά τη διάρκειά της λόγω δημιουργίας σκόνης είναι αδύνατη εκεί κοντά οιαδήποτε εργασία. Εφόσον υπάρχει χώρος τοποθετείται αεροστεγής σάκος επαφής με την επιφάνεια που καθαρίζεται, μέσα στον οποίο συλλέγεται η σκόνη (σάκος αμμοβολής). Η ποιότητα προετοιμασίας καθορίζεται συνηθέστερα με τα ΣΟΥΗΔΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ, τα οποία δίνουν δυνατότητα σύγκρισης, ο δε χαρακτηρισμός SA2, SA2$^{1}/_{2}$, SA3, δίνει προοδευτικά βελτιωμένη ποιότητα προετοιμασίας της μεταλλικής επιφάνειας, ανάλογα με το μέγεθος και την ποιότητα των ρινισμάτων.

8) ***Αμμοβολή και ταυτόχρονα εκτόξευση νερού υπό πίεση.*** Η ταυτόχρονη εφαρμογή των δύο τρόπων εξασφαλίζει την καλή ποιότητα της επιφάνειας και την απομάκρυνση των σωματιδίων του καθαρισμού. Επιπλέον εξασφαλίζονται και τα εξής ***πλεονεκτήματα:***

α) Αύξηση σημαντική της ταχύτητας καθαρισμού, σε σχέση με τον καθαρισμό με δέσμη νερού υπό πίεση.

β) Καθίζηση της εκλυόμενης σκόνης χάρη στη δέσμη του νερού.

Οι δέσμες του νερού και της άμμου μπορούν να χρησιμοποιούνται χωριστά ή να ανακατεύονται πριν φθάσουν πάνω στην επιφάνεια.

19.4.4 Διαδοχή προστατευτικών στρωμάτων χρωματισμού

Τα διαδοχικά στρώματα, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά τη βαφή του σκάφους είναι κατά σειρά τα εξής:

1) ***1ο στρώμα*** (primer). Τοποθετείται για την προστασία των χαλυβδοελασμάτων από την οξείδωση κατά τη διάρκεια της κατασκευής του σκάφους ή κατά την εκτεταμένη αντικατάσταση ελασμάτων από νέα σε περίπτωση επισκευής.

2) ***Κύρια αντιδιαβρωτικά συστήματα.*** Αποτελούνται από τα υλικά που προαναφέραμε, δηλαδή:

α) Την αδιάλυτη χρωστική ουσία.

β) Το συνδετικό υγρό.

γ) Τις στεγανοποιητικές προσθήκες και

δ) τα διαλυτικά.

Αν η αδιάλυτη χρωστική ουσία (pigment) είναι πλούσια σε ψευδάργυρο, δίνει έξοχη προστασία της χαλυβδοκατασκευής. Αν είναι πλούσια σε χρώμιο δίνει καλή μεν προστασία στον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά στο υποθαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε αποφλοιώσεις λόγω ώσμωσης (φούσκες, φυσαλίδες).

Τέλος, γίνεται ευρεία χρήση εποξικών χρωμάτων σε ειδικές περιπτώσεις, τόσο για εσωτερικούς χώρους (δεξαμενές) όσο και για τα εξωτερικά ελάσματα, σε περισσότερα του ενός στρώματα σχετικώς μεγάλου πάχους.

3) ***Αντιρρυπαντικά χρώματα.*** Όπως αναφέρθηκε (§ 3) εκλύουν δηλητήριο στο περιβάλλον, και είναι δύο βασικών τύπων.

Και τα δύο συνίστανται από το φέρον στρώμα, στο οποίο είναι αναπτυγμένες οι τοξίνες (δηλητήρια), αλλά ενώ στο ένα εκλύονται μόνο τα δηλητήρια, στο άλλο εκλύονται τόσο το φέρον στρώμα όσο και τα δηλητήρια.

Ειδικά για το πρώτο χρώμα (primer) η επιλογή του πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

α) Να μην επηρεάζει την ποιότητα των ηλεκτροσυγκολλήσεων.

β) Να στεγνώνει γρήγορα.

γ) Να προλαβαίνει τη διάβρωση σε θαλάσσιο περιβάλλον.

δ) Να μην αναδίνει τοξικά αέρια κατά τις εργασίες φλογοκοπής ή ηλεκτροσυγκολλήσεις.

ε) Να έχει επαρκή αντοχή και συνεκτικότητα.

στ) Να μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα πριν από την επόμενη στρώση χρωμάτων.

ζ) Να δέχεται εφαρμογή για ευρέως φάσματος αντιδιαβρωτικά χρώματα.

η) Να μην επηρεάζεται από την καθοδική προστασία.

θ) Να είναι φτηνό.

19.4.5 Μέθοδοι βαφής

Οι κυριότερες μέθοδοι βαφής είναι:

1) Ψεκασμός χωρίς ανάμειξη αέρα.

2) Ψεκασμός με ανάμειξη αέρα (συμβατικός ψεκασμός).

3) Με χρήση περιστρεφόμενου κυλίνδρου.

4) Με χρήση βούρτσας (πινέλου).

Οι μέθοδοι ***ψεκασμού*** είναι κατάλληλες για μεγάλες επιφάνειες καλά προετοιμασμένες. Η ***πρώτη*** είναι η πιο καθαρή και ταχύτερη μέθοδος (45 – 70 m^2/ώρα) και εξασφαλίζει ελάχιστες απώλειες χρώματος. Η ***δεύτερη*** έχει περισσότερες απώλειες και χαμηλότερους ρυθμούς (+ 30 m^2/ώρα), γι' αυτό τείνει να εγκαταλειφθεί.

Με χρήση περιστρεφόμενου ***κυλίνδρου*** βάφονται μικρές επίπεδες αλλά τραχιές επιφάνειες γιατί εξασφαλίζεται έτσι, οικονομία χρώματος και καλή πρόσφυση στην επιφάνεια, αλλά όχι σταθερό πάχος χρώματος. Ρυθμός 20 m^2/h.

Με χρήση ***βούρτσας*** βάφονται μόνο μικρές επιφάνειες με μεγάλη ταχύτητα, λόγω του πολύ χαμηλού ρυθμού βαφής: 10 m^2/h.

19.4.6 Συνθήκες βαφής

Οι ιδεώδεις συνθήκες είναι 0° = 10 – 32°C και υγρασία κάτω από 90%. Πέρα από αυτό το όριο υγρασίας η ατμόσφαιρα έχει πολλούς υδρατμούς, με αποτέλεσμα μη στιλπνή επιφάνεια βαφής, κακή πρόσφυση πάνω στην υγρή επιφάνεια και χαμηλή αντοχή του στρώματος βαφής.

19.4.7 Μέτρα ασφάλειας κατά τη βαφή

1) Η λειτουργία μηχανήματος που δίνει ή χρησιμοποιεί ρευστό ψηλής πίεσης πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή στην περιοχή και κατά τη διάρκεια της βαφής.

2) Τοξικές ουσίες που έχουν σχέση με τη βαφή, πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή, για να αποφεύγονται δηλητηριάσεις.

3) Εύφλεκτα και εκρηκτικά υλικά. Κατά την εφαρμογή των χρωμάτων εκλύονται εύφλεκτοι ατμοί. Γι' αυτό ***φλόγες*** και ***σπινθήρες*** στην περιοχή της βαφής ή μετά από βαφή ή σε χώρους αποθήκευσης χρωμάτων απαγορεύονται αν ο χώρος είναι κλειστός.

19.5 Κίνητρα για τη χρησιμοποίηση υλικών καλύτερης ποιότητας για τη συντήρηση

Οι Νηογνώμονες και οι κρατικές αρχές αναγνωρίζουν την αποδοτικότητα των βελτιωμένων συστημάτων χρωματισμού στη μείωση της ***διάβρωσης*** και έχουν μειώσει τα πάχη και τις ενισχύσεις των ελασμάτων στα Δ/Ξ και Φ/Γ, με αποτέλεσμα οικονομία στην ποσότητα χάλυβα και αντίστοιχα αύξηση του μεταφερόμενου ωφέλιμου φορτίου. Ταυτόχρονα η βελτίωση των ***αντιρρυπαντικών*** έχει ήδη επιτρέψει διετή αντί ετήσιας διάρκειας μεταξύ των δεξαμενισμών.

Σε αυτό έχει συντελέσει και ο υποβρύχιος καθαρισμός της γάστρας που εφαρμόζεται πλέον ευρέως, χρησιμοποιώντας δύτες εφοδιασμένους με ειδικό εξοπλισμό.

Τα παραπάνω κίνητρα μαζί με το κόστος του αναμένοντος πλοίου, των μικρότερων πληρωμάτων στα αυτοματοποιημένα πλοία και της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμου στις ψηλές ταχύτητες λόγω ρύπανσης, έχουν κάνει ζωηρή τη ζήτηση βελτιωμένων τύπων υλικών στα συστήματα συντήρησης.

Η σχεδίαση σωστής συντήρησης έχει τις ρίζες της στη σωστή σχεδίαση και κατασκευή του πλοίου. Άριστη τέλος προετοιμασία των μεταλλικών επιφανειών κατά την κατασκευή του σκάφους σε συνδυασμό προς τη χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης διάρκειας ζωής για την προστασία επιφανειών δυσπρόσιτων κατά την υπηρεσία αποτελούν μία καλή αρχή για μία ικανοποιητική και οικονομικά συμφέρουσα συντήρηση.

20

Νηογνώμονες

20.1 Εισαγωγή

Οι Νηογνώμονες και η ταξινόμηση πλοίων σε αυτούς είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τη διεθνή Ναυτιλία, γιατί, αυτοί αποτελούν βασικό συνδετικό κρίκο στις σχέσεις μεταξύ εφοπλιστών και ασφαλιστών, εφοπλιστών και ναυπηγείων, αγοραστών και πωλητών πλοίων.

Ο παλιότερος Νηογνώμονας είναι ο Lloyd's Register of Shipping. Αυτός δημιουργήθηκε στις αρχές του 18ου αιώνα, όταν ο ιδιοκτήτης ενός καφενείου στο Λονδίνο παρακινούμενος από το ζωηρό ενδιαφέρον για τις πληροφορίες ναυτικού περιεχομένου εξέδωσε το 1734 την εφημερίδα Lloyd's List, η οποία εκδίδεται μέχρι σήμερα.

Από τους ασφαλιστές του Λονδίνου σχηματίσθηκε στη συνέχεια το 1760 επιτροπή, η οποία εξέδωσε το πρώτο βιβλίο ταξινόμησης, στο οποίο περιλήφθηκαν στοιχεία των πλοίων και της κατάστασής τους. Το 1834 αναδιοργανώθηκε αυτή η εταιρεία με τη σημερινή της επωνυμία Lloyd's Register of Shipping. Ως σκοπός της οργάνωσης αναφέρεται η ακριβής ταξινόμηση των πλοίων για χρήση των εμπόρων, των πλοιοκτητών, των ασφαλιστών και της Κυβέρνησης.

Το 1828 ιδρύθηκε ο Νηογνώμονας Bureau Veritas στην Ολλανδία, ο οποίος μεταφέρθηκε το 1831 στο Παρίσι.

Κατά τη δεκαετία 1860 – 1870 ιδρύθηκαν ακόμα οι εξής τέσσερεις Νηογνώμονες:

1) R.I.N.A. (Registro Italiano Navale). Ο ιταλικός Νηογνώμονας, που ιδρύθηκε το 1861, και σήμερα είναι ημικρατικός αυτόνομος οργανισμός.

2) A.B.S. (American Bureau of Shipping), ιδρύθηκε το 1862 και με την παρούσα ονομασία του επανιδρύθηκε το 1889, εδρεύει στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και είναι αναγνωρισμένος από αυτές.

3) N.V. (Norske Veritas). Ο νορβηγικός Νηογνώμονας, ο οποίος ιδρύθηκε το 1864.

4) G.L. (Germanischer Lloyd). Ο γερμανικός Νηογνώμονας.

Τέλος από τους Νηογνώμονες μνημονεύεται ακόμη ο ιαπωνικός N.K.K. (Nippon Kaiji Kuokai), που ιδρύθηκε το 1899, και ο Νηογνώμονας της Σοβιετικής Ένωσης.

Από την Ελλάδα έχουν αναγνωρισθεί όλοι οι παραπάνω Νηογνώμονες, καθώς και ο ελληνικός Νηογνώμονας, πλην του Νηογνώμονα της Σοβιετικής Ένωσης και έχουν εξουσιοδοτηθεί με Διατάγματα από την Κυβέρνηση να εκδίδουν αντ' αυτής διάφορα πιστοποιητικά, όπως είναι τα πιστοποιητικά ασφάλειας φορτηγών πλοίων και τα πιστοποιητικά γραμμής φόρτωσης.

Από τους Νηογνώμονες που μνημονεύθηκαν ο ιταλικός και ο ρωσικός έχουν Κρατικές αρμοδιότητες, ενώ οι υπόλοιποι Νηογνώμονες είναι ανεξάρτητοι οργανι-

σμοί, που έχουν ως επί το πλείστον στενούς δεσμούς και συνεργασία με τις αντίστοιχες Κρατικές Αρχές.

Κράτη που έχουν εμπορικά πλοία και στερούνται αρμοδίων αρχών εξουσιοδοτούν Νηογνώμονες για την εκτέλεση των αντίστοιχων καθηκόντων επιθεώρησης πλοίων και έκδοσης πιστοποιητικών και τους χρησιμοποιούν ως τεχνικούς και ειδικούς συμβούλους για τα Ναυτιλιακά.

Οι Νηογνώμονες συγκεντρώνουν στοιχεία συμπεριφοράς του υλικού των πλοίων, τα οποία συλλέγονται από τις λεπτομερείς εκθέσεις των επιθεωρητών.

Η συγκέντρωση των στοιχείων αυτών αποτελεί μεγάλη εμπειρία, ενώ με την παραπέρα κριτική ανάλυση και την έρευνα σε συνδυασμό με τις τεχνικές εξελίξεις επιτρέπει πρώτα την εξαγωγή συμπερασμάτων και τελικά τη διατύπωση νέων κανονισμών.

Η ορθή και ευσυνείδητη λειτουργία των Νηογνωμόνων προσφέρει πολύτιμη συμβολή στα αποθέματα γνώσεων απ' τα οποία εξαρτάται η παραπέρα ανάπτυξη. Ως έμπειροι και υπεράνω υποψίας σύμβουλοι εξετάζουν με προσοχή νέες προτάσεις και ιδέες και χωρίς παρεμβολή εμποδίων στην τεχνική πρόοδο και ιδιωτική πρωτοβουλία τις εφαρμόζουν αφού βεβαιωθούν ότι είναι πλήρεις και άξιες έγκρισης.

Οι Νηογνώμονες όταν βρίσκονται μεταξύ αντιτιθεμένων συμφερόντων όπως είναι:

1) Πλοιοκτήτες και ασφαλιστές.

2) Πλοιοκτήτες και Ναυπηγεία και

3) πωλητές και αγοραστές,

θεωρείται ότι ενεργούν κατά τρόπο που δεν αδικεί καμιά πλευρά, εξασφαλίζοντας έτσι, το κύρος του αντικειμενικού κριτού.

Τελευταία η επιστημονική έρευνα στα πλαίσια των Νηογνωμόνων έχει αποδώσει πολλά ωφέλιμα αποτελέσματα και νέα κριτήρια για την ασφάλεια της κατασκευής του πλοίου που την καθιστούν οικονομικότερη αλλά εξίσου ή και περισσότερο ασφαλή.

Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των πλοίων και η εμπειρία που έχουν αποκτήσει σχετικά οι Νηογνώμονες συμβάλλουν πολύτιμα στη δημιουργική τεχνική πρόοδο και στην αύξηση της ασφάλειας των πλοίων, των επιβατών, καθώς και των φορτίων.

20.2 Ασφάλιση Πλοίων – Ασφαλιστές (Underwriters)

Για καλύτερη ενημέρωση δίνονται σύντομες πληροφορίες για την ασφάλιση των πλοίων και τονίζεται ότι ο Νηογνώμονας Lloyd's δεν έχει καμιά σχέση με τον οργανισμό των ασφαλιστών Lloyd's.

Κατά τον 17^{ο} αιώνα δεν υπήρχαν ασφαλιστικές εταιρείες με τη σημερινή τους μορφή. Μερικά άτομα, τα οποία ονομάζονταν Underwriters έβαζαν το όνομά τους κάτω από τη συμφωνηθείσα εγγύηση για την πραγματοποίηση μίας εμπορικής πράξης, πάντοτε επί προσωπικής βάσης και όχι συλλογικά. Το καφενείο του Lloyd αποδείχθηκε κατάλληλος τόπος συνάντησης για τέτοιου είδους συμφωνίες. Με τον καιρό αναγνωρίσθηκε ως ο κατάλληλος χώρος, για ανεύρεση προσώπων που ήταν διατεθειμένα να εγγυηθούν εμπόρους, που ζητούσαν ασφαλιστική κάλυψη των

εμπορευμάτων τους.

Ο Εδουάρδος Λόυδ ενθάρρυνε αυτές τις συναλλαγές και άρχισε να συγκεντρώνει και κατάλληλες ναυτιλιακές πληροφορίες. Το 1696 δημοσίευσε το 1ο φύλλο των Νέων του Λόυδ (Lloyd's News), αλλά η έκδοση δεν πέτυχε· αποτέλεσε όμως τον πρόδρομο της αρχαιότερης εφημερίδας του Λονδίνου της Lloyd's List, η οποία όπως είπαμε, εμφανίστηκε το 1734, 21 χρόνια μετά το θάνατο του Lloyd. Ταυτόχρονα οι συναλλαγές στο καφενείο αυτό αυξάνονταν συνεχώς με αποτέλεσμα τη δημιουργία του ομώνυμου οργανισμού.

Σήμερα η ασφάλιση εκτελείται από ασφαλιστές μέλη του οργανισμού των Lloyd's. Τα μέλη αυτά, άνδρες ή γυναίκες, έχουν ελεγχθεί και ο οργανισμός εγγυάται γι' αυτούς. Συγκεντρώνουν τα παρακάτω βασικά προσόντα:

1) Έχουν συσταθεί από άλλα μέλη των Lloyds.

2) Συναλλάσσονται με την ίδια την ευθύνη τους.

3) Ικανοποιούν τον Οργανισμό από άποψη ακεραιότητας ήθους και οικονομικής επιφάνειας.

4) Ασφαλίζουν με τρόπο που έχει εγκριθεί από τον οργανισμό και για ποσά που εξαρτώνται από την περιουσία τους.

5) Καταβάλλουν όλα τα ασφάλιστρα στο Ταμείο Ασφαλίστρων (Premium Trust Fund) σύμφωνα με τους κανονισμούς του Οργανισμού και του βρετανικού Υπουργείου Εμπορίου.

6) Έχουν μία Ασφαλιστική πολιτική για κάθε έτος με βάση το εισόδημά τους από τα ασφάλιστρα. Η πολιτική αυτή πρέπει να υιοθετηθεί και από άλλα μέλη του Οργανισμού, σύμφωνα με κανονισμούς που εκδόθηκαν από την επιτροπή του Lloyd's.

7) Συνεισφέρουν με ένα ποσό των εσόδων τους από τα ασφάλιστρα σε ένα Κεντρικό Ταμείο, με σκοπό την κάλυψη Ασφαλιστών που δεν μπορούν ενδεχομένως να ανταποκριθούν στις υποχρεώσεις τους. Το ταμείο, με καταθέσεις πολλών εκατομμυρίων λιρών στερλινών, έχει σκοπό την προστασία του ασφαλιζόμενου και όχι του Ασφαλιστή, ο οποίος εξακολουθεί να οφείλει στο ταμείο όλες τις υποχρεώσεις του, τις οποίες πρέπει να καλύψει χρησιμοποιώντας εν ανάγκη το σύνολο της περιουσίας του.

Οι ασφαλιστές έναντι των καταβαλλομένων ασφαλίστρων (commission ή premium) αναλαμβάνουν την υποχρέωση καταβολής αποζημίωσης έναντι του κινδύνου για το πλοίο ή το εμπόρευμα. Συνηθέστερα στην ασφάλιση συμμετέχουν περισσότεροι του ενός ασφαλιστές, όλοι βέβαια της Οργάνωσης Lloyd ή αντίστοιχης οργάνωσης των Η.Π.Α. ή άλλου κράτους, γιατί η μεγάλη αξία του αντικειμένου που ασφαλίζεται δεν επιτρέπει την ασφάλιση όλου του πλοίου ή του εμπορεύματος από έναν ασφαλιστή. Τέλος οι ασφαλιστές δεν συναλλάσσονται απευθείας με τους ασφαλιζόμενους, αλλά μέσω των μεσιτών (brokers).

20.3 Κανονισμοί Νηογνωμόνων

Απαραίτητη προϋπόθεση για να καταχωρηθεί πλοίο στο βιβλίο ταξινόμησης ή για να ταξινομηθεί σε κλάση είναι η συμμόρφωσή του προς τους εν ισχύει κανονι-

σμούς του Νηογνώμονα. Για να διατηρήσει την κλάση του πρέπει κατά τις επιθεωρήσεις, οι οποίες γίνονται κατά τις χρονικές περιόδους που προβλέπονται από τον κανονισμό να διαπιστωθεί ότι αυτό βρίσκεται ή επανέρχεται (επισκευαζόμενο) σε καλή κατάσταση σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών.

Οι γνωστοί μεγάλοι Νηογνώμονες επανεκδίδουν κάθε χρόνο τους κανονισμούς, ώστε να είναι ενημερωμένοι σε επίπεδο αντίστοιχο με την επιστημονική πρόοδο.

Οι λεπτομέρειες που αναπτύσσονται στη συνέχεια βασίζονται πρώτα στους κανονισμούς του Lloyd's Register of Shipping, πλην όμως ισχύουν με μικρές παραλλαγές για όλους τους Νηογνώμονες.

Ο πλήρης τίτλος των παραπάνω κανονισμών είναι:

Κανόνες και κανονισμοί για την κατασκευή και ταξινόμηση χαλύβδινων πλοίων.

Η έκδοση αυτή του L.R. περιέχει:

α) Τους γενικούς κανονισμούς ταξινόμησης.

β) Τους κανονισμούς των περιοδικών επιθεωρήσεων.

γ) Τους κανόνες κατασκευής πλοίων.

Παρόμοιοι κανονισμοί που δεν εκδίδονται κάθε χρόνο, αλλά ανάλογα με τις ανάγκες, εκδίδονται για ειδικά πλοία, όπως τα ξύλινα πλοία, τις φορτηγίδες, τα πλοία από πλαστικό υλικό κ.λπ.

20.4 Ταξινόμηση

Ο χαρακτήρας της κλάσης σημειώνεται στον L.R. με τα στοιχεία 100 A 1. Το ψηφίο 1 μετά το 100 A τίθεται, όταν ο εξαρτισμός των πλοίων (άγκυρες, αλυσίδες και σχοινιά) βρίσκεται σε καλή κατάσταση και είναι σύμφωνος προς τους κανονισμούς.

Η κλάση 100 A 1 δίνεται για ορισμένο βύθισμα σε όλα τα ωκεανοπόρα πλοία. Σε ειδικούς τύπους πλοίων, για τους οποίους ισχύουν ειδικοί κανόνες κατασκευής, δίνεται αντίστοιχη κλάση. Έτσι:

1) Στα πετρελαιοφόρα δίνεται η κλάση 100 A 1 (Oil Tanker).

2) Στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων δίνεται η κλάση 100 A 1 (Liquefied Gas Carrier).

3) Στα πλοια μεταφοράς μεταλλευμάτων δίνεται η κλάση 100 A 1 (Ore Carrier).

Έτσι και για άλλους ειδικούς τύπους πλοίων τίθεται μετά το χαρακτηριστικό 100 A 1 η ειδική περιγραφή του πλοίου. Μερικές φορές, αναγράφονται μετά το χαρακτηριστικό 100 A 1 ειδικοί περιορισμοί, όπως η κλάση 100 A 1 για λιμάνια, ποταμούς ή την Ανατολική Μεσόγειο.

Πλοία τα οποία επιθεωρούνται κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους λαμβάνουν ειδική υποσημείωση στην ταξινόμηση, τοποθετώντας εμπρός έναν αστερίσκο (✠ 100 A1). Στην περίπτωση αυτή, όλα τα κατασκευαστικά σχέδια όπως και οι λεπτομέρειες σκάφους, εξαρτισμού, σωληνώσεων, μηχανών κ.λπ., πρέπει να υποβάλλονται και να εγκρίνονται από τον Νηογνώμονα, για ό,τι αφορά στην τήρηση των εν ισχύει κανόνων κατασκευής.

Αλλά και σε περίπτωση αλλαγής Νηογνώμονα, η εγγραφή του πλοίου στο νέο

Νηογνώμονα γίνεται μόνον αφού αυτός διαπιστώσει ότι η κατασκευή του πλοίου έγινε σύμφωνα με τους κανονισμούς του (υποβολή κατασκευαστικών σχεδίων, επιθεωρήσεις κλπ.).

20.5 Επιθεωρήσεις

20.5.1 Ετήσια επιθεώρηση

Η ετήσια επιθεώρηση γίνεται ανά 12μηνο περίπου και εκτελείται συγχρόνως με την ετήσια επιθεώρηση προς θεώρηση του πιστοποιητικού γραμμής φόρτωσης, εφόσον το εκδίδει ο Νηογνώμονας.

Κατά την επιθεώρηση αυτή επιθεωρούνται:

1) Τα στόμια κυτών.

2) Τα τμήματα σωλήνων αερισμού, εξαεριστικών και καταμετρητικών, που προεξέχουν από τα καταστρώματα.

3) Οι παραφωτίδες.

4) Οι στεγανές πόρτες και οι φορτοθυρίδες περιβλήματος.

5) Γενικά τα μέσα που εξασφαλίζουν στεγανότητα των ανοιγμάτων πάνω στο κύριο (εκτεθειμένο) κατάστρωμα κλπ.

7) Τα κιγκλιδώματα και δρύφακτα προστασίας προσωπικού.

8) Οι γραμμές φόρτωσης.

9) Το βοηθητικό σύστημα πηδαλιούχησης.

Ανάλογα με την ηλικία του πλοίου ανά ένα πρωραίο και πρυμναίο κύτος ή δεξαμενή.

20.5.2 Επιθεώρηση στη δεξαμενή

Συνιστάται ο δεξαμενισμός των πλοίων ανά 12μηνο, ενώ υπάρχει υποχρέωση η διάρκεια μεταξύ δεξαμενισμών να μην υπερβαίνει τη διετία. Με φροντίδα του πλοιοκτήτη πρέπει να ειδοποιείται ο Νηογνώμονας για επιθεώρηση των υφάλων, των εξαρτημάτων γάστρας, της έλικας, του πηδαλίου, για μέτρηση ελευθεριών τελικού άξονα και πηδαλίου κ.ο.κ.

20.5.3 Ειδική επιθεώρηση (special survey)

Ανά τετραετία εκτελούνται λεπτομερείς επιθεωρήσεις σκάφους, εξαρτισμού, μηχανών, μηχανημάτων και λοιπών εγκαταστάσεων, όπως περιγράφεται λεπτομερώς στη συνέχεια.

20.5.4 Συνεχής επιθεώρηση (continuous survey)

Κατόπιν αίτησης των πλοιοκτητών αντί των ειδικών επιθεωρήσεων είναι δυνατό να εκτελείται συνεχής επιθεώρηση σκάφους και μηχανών. Στην περίπτωση αυτή όλα τα διαμερίσματα και μηχανήματα του πλοίου επιθεωρούνται προοδευτικά εντός πενταετίας. Η εργασία προγραμματίζεται κατά τρόπον, ώστε μεταξύ δύο διαδοχικών επιθεωρήσεων ενός διαμερίσματος ή μηχανήματος, η διάρκεια να μην υπερβαίνει την

πενταετία. Γενικά πρέπει να επιθεωρείται κάθε χρόνο το 1/5 περίπου του σκάφους και των υπολοίπων εγκαταστάσεων.

20.5.5 Επιθεώρηση λεβήτων, ατμαγωγών και ελικοφόρων αξόνων

Στις υποπαραγράφους 20.6.5, 20.6.6 και 20.6.7 περιγράφονται σύντομα οι εν λόγω επιθεωρήσεις.

20.5.6 Επισκευές και μετασκευές

Επισκευές και μετασκευές που εκτελούνται για τη διατήρηση κλάσης ή επηρεάζουν αυτή πρέπει να εποπτεύονται από τον Νηογνώμονα.

Ζημιές που επιβάλλουν τη ρυμούλκηση του πλοίου πρέπει να αναφέρονται στο Νηογνώμονα σε πρώτη ευκαιρία.

20.5.7 Ειδική επιθεώρηση σκάφους

Οι ειδικές επιθεωρήσεις σκάφους εκτελούνται για να διαπιστωθεί η κατάστασή του και να γίνουν τυχόν απαιτούμενες επισκευές προς αποκατάσταση της αντοχής και της ασφάλειας του πλοίου. Οι επιθεωρήσεις κλιμακώνονται ανάλογα με την ηλικία του πλοίου και γίνονται λεπτομερέστερες και διεξοδικότερες για πλοία μεγαλύτερης ηλικίας.

20.5.8 Επιθεώρηση για πλοία ηλικίας κάτω των 5 ετών

Εκτελούνται κατά την επιθεώρηση αυτή τα ακόλουθα:

1) Δεξαμενισμός και εργασίες ετήσιας επιθεώρησης.

2) Ανύψωση πηδαλίου προς επιθεώρηση πείρων κατά την κρίση αυτού που επιθεωρεί.

3) Καθαρισμός και επιθεώρηση κυτών, ενδιάμεσων καταστρωμάτων (κουραδόρων), δεξαμενών κύτους, δεξαμενών ζυγοστάθμισης, χώρων μηχανών και λεβήτων. Τα κύτη χώρων μηχανών στραγγίζονται και καθαρίζονται προς επιθεώρηση των βάσεων και ενισχύσεων των μηχανών και λεβήτων.

4) Αφαιρούνται δειγματοληπτικά επενδύσεις πλευρών και πυθμένα προς επιθεώρηση της κατασκευής που βρίσκεται κάτω από αυτές.

5) Σε περιοχές που υπόκεινται σε ιδιαίτερη φθορά ή διάβρωση και όπου υπάρχουν ενδείξεις μείωσης του πάχους των κατασκευαστικών μελών (ελασμάτων δοκών) μπορεί ο επιθεωρητής να απαιτήσει την εκτέλεση μέτρησης πάχους.

6) Δεξαμενές διπύθμενων, ζυγοστάθμισης και άλλες δεξαμενές, δοκιμάζονται με υδραυλική στήλη (σε πίεση ισοδύναμη προς τη μεγαλύτερη εν λειτουργία καθεμιάς από τις δεξαμενές).

7) Δεξαμενές πετρελαίου και γλυκού νερού δεν είναι αναγκαίο να επιθεωρούνται εσωτερικά, εφόσον η υδραυλική δοκιμή και η εξωτερική επιθεώρηση ικανοποιεί τον επιθεωρητή.

8) Επιθεωρούνται καταστρώματα, φωταγωγοί μηχανών και υπερκατασκευές ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις γωνίες των ανοιγμάτων και τις ασυνέχειες της κατασκευής.

9) Ξύλινες επιστρώσεις καταστρωμάτων αφαιρούνται μερικώς για να εξακριβωθεί η φθορά των ελασμάτων κάτω από αυτές.

10) Ιστοί, εξαρτισμοί αυτών, καθώς και άγκυρες επιθεωρούνται, ενώ εξακριβώνεται αν υπάρχουν πάνω στα πλοία οι κάβοι πρόσδεσης και ρυμούλκησης, που προβλέπονται από τους κανόνες.

11) Επιθεωρούνται το σύστημα πηδαλιούχησης, οι συνδέσεις, τα συστήματα ελέγχου, καθώς και το βοηθητικό σύστημα.

12) Επιθεωρούνται το βαρούλκο αγκύρων, οι χειραντλίες, οι αναρροφήσεις, οι στεγανές πόρτες, οι εξαεριστικοί και οι καταμετρητικοί σωλήνες.

13) Σε κύτη κατεψυγμένου φορτίου γίνεται δειγματοληπτική επιθεώρηση της υποκείμενης χαλύβδινης κατασκευής με μερική αφαίρεση της μόνωσης.

14) Επιθεωρούνται τα μέσα και οι δίοδοι διαφυγής πληρώματος και επιβατών από χώρους ενδιαίτησης από το μηχανοστάσιο, και από χώρους όπου συνήθως απασχολείται το πλήρωμα.

Επίσης επιθεωρούνται τα μέσα συνεννόησης γέφυρας – μηχανοστασίου, γέφυρας – βοηθητικής θέσης πηδαλιούχησης, καθώς και ο ενδείκτης στροφής πηδαλίου και οι διατάξεις προστασίας του μηχανισμού πηδαλιούχησης.

20.5.9 Επιθεώρηση για πλοία ηλικίας 5 έως 10 ετών

Εκτελούνται όλες οι επιθεωρήσεις της προηγούμενης παραγράφου και επιπροσθέτως οι ακόλουθες:

1) Αφαιρείται επαρκής επιφάνεια επενδύσεων στα κύτη ώστε να εξακριβωθεί η κατάσταση της μεταλλικής κατασκευής στα κύτη, στα ελάσματα του εσωτερικού πυθμένα, και στις βάσεις των φρακτών.

2) Στα πλοία χωρίς εσωτερικό πυθμένα αφαιρούνται επενδύσεις (πανιόλα) για επιθεώρηση τουλάχιστον τριών σειρών ελασμάτων από τις οποίες ή μία στα κύτη.

3) Οι αλυσίδες και οι άγκυρες επιθεωρούνται και γίνονται μετρήσεις φθοράς των κρίκων των αλυσίδων.

4) Δεξαμενές πετρελαίου, θαλασσέρματος και γλυκού νερού δεν απαιτείται να επιθεωρούνται εσωτερικά, εφόσον έχουν υποστεί εξωτερική επιθεώρηση, υδραυλική δοκιμή και από δειγματοληπτική εσωτερική επιθεώρηση ενός αριθμού από αυτές, διαπιστώθηκε ικανοποιητική κατάσταση.

20.5.10 Επιθεώρηση για πλοία ηλικίας άνω των 10 ετών

Εκτελούνται όλες οι επιθεωρήσεις των προηγουμένων παραγράφων 20.5.8 και 20.5.9 και επιπροσθέτως οι παρακάτω:

1) Η μεταλλική κατασκευή καθαρίζεται και αφαιρούνται οι σκουριές.

2) Επενδύσεις στην περιοχή παραφωτίδων αφαιρούνται για να επιθεωρηθεί μεταλλική κατασκευή που βρίσκεται από κάτω.

3) Δεξαμενές διπυθμένων και υπόλοιπες δεξαμενές καθαρίζονται για εσωτερική επιθεώρηση.

Για πλοία ηλικίας 10 έως 15 ετών δεν απαιτείται να επιθεωρούνται οι δεξαμενές καυσίμου και πόσιμου νερού με την προϋπόθεση ότι έγινε ικανοποιητική εξωτερική επιθεώρηση και υδραυλική δοκιμή και διαπιστώθηκε με εσωτερική επιθεώρηση η καλή κατάσταση ανά μιας δεξαμενής διπυθμένων στο πρωραίο και στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου και μιας δεξαμενής κύτους.

Για πλοία ηλικίας 15 έως 20 ετών ισχύουν τα ίδια όπως παρακάτω πλην όμως πρέπει να επιθεωρείται εσωτερικά μία ακόμη δεξαμενή διπυθμένων κοντά στο μέσο του πλοίου.

Σε πλοία ηλικίας άνω των 20 ετών επιθεωρούνται εσωτερικά όλες οι δεξαμενές, εκτός αν αυτές επιθεωρήθηκαν προοδευτικά κατά τη διάρκεια της συνεχούς επιθεώρησης.

4) Επενδύσεις, επιστρώσεις τσιμέντου, μονώσεις ψυκτικών χώρων, αφαιρούνται δειγματοληπτικά, ώστε ο επιθεωρητής να πεισθεί για την κατάσταση ελασμάτων και ενισχύσεων.

5) Σε πλοία ηλικίας 15 έως 20 ετών γίνονται μετρήσεις πάχους στα ελάσματα περιβλήματος μεταξύ των ισάλων πλήρους φόρτου και άφορτου εκτοπίσματος, καθώς και στα ελάσματα του ανθεκτικού καταστρώματος. Γίνονται τουλάχιστον δύο μετρήσεις σε κάθε σειρά ελασμάτων σε κάθε πλευρά και στο κεντρικό μισό του πλοίου.

Επίσης μετριούνται τα πάχη των ελασμάτων σε τρεις πλήρεις περιφερειακές ζώνες (εγκάρσιες τομές) που περιλαμβάνουν τις πλευρές των καταστρωμάτων και τον πυθμένα.

20.5.11 Επιθεώρηση πλοίων ηλικίας άνω των 20 ετών

Σε κάθε ειδική επιθεώρηση πλοίων ηλικίας άνω των 20 ετών εκτελούνται στις υποπαραγράφους 20.5.8, 20.5.9 και 20.5.10 επιθεωρήσεις και επιπροσθέτως τα εξής:

Εκτελούνται μετρήσεις πάχους περιβλήματος και καταστρώματος. Λαμβάνονται τουλάχιστον δύο μετρήσεις σε κάθε σειρά ελασμάτων στο κεντρικό μισό του πλοίου.

Εφόσον αντικαθίστανται λόγω φθοράς ελάσματα, εκείνα που βρίσκονται κοντά σε αυτά υπόκεινται σε μέτρηση πάχους.

20.5.12 Ειδικές πρόσθετες διατάξεις

Προβλέπονται ειδικές πρόσθετες διατάξεις για Δ/Ξ, καθώς και για πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων.

20.6 Γενικές απαιτήσεις. Μηχανές

20.6.1 Επιθεώρηση στη δεξαμενή

Σε κάθε επιθεώρηση στη δεξαμενή εξετάζονται οι έλικες, ο ακροπρυμναίος τριβέας (στυπειοθλίπτης) τελικού ελικοφόρου άξονα, οι συνδέσεις προς το σκάφος και τα δικτυωτά των εισαγωγών θάλασσας.

Πρέπει να μετριούνται οι ελευθερίες του ακροπρυμναίου τριβέα και η ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος στεγανότητας του λαδιού.

20.6.2 Πλήρης επιθεώρηση (complete survey)

Κατά τις ανά τετραετία ειδικές επιθεωρήσεις, οι οποίες προκειμένου για μηχανές καλούνται πλήρεις επιθεωρήσεις, εξετάζονται τα εξής:

1) Οι εισαγωγές και εξαγωγές της θάλασσας μέσα σε δεξαμενή (μόνιμη ή πλωτή).

2) Ενδιάμεσοι ελικοφόροι άξονες, τριβείς τούτων και ωστικοί τριβείς.

3) Μειωτήρες, δηλαδή οδοντωτοί τροχοί και οδόντες τούτων, άξονες και τριβείς.

4) Βοηθητικά μηχανήματα, βοηθητικοί αεροσυμπιεστές με τα ψυγεία τους, φίλτρα και αποχωριστήρες λαδιού, διατάξεις ασφάλειας, όλες οι αντλίες βασικών υπηρεσιών (essential services).

5) Μηχανήματα πηδαλίου.

6) Εργάτης αγκυρών.

7) Βραστήρες παραγωγής απεσταγμένου νερού.

8) Κοχλίες βάσης κύριων μηχανών, μειωτήρων, ωστικών και των υπόλοιπων τριβέων.

9) Αεροφυλάκια βασικών υπηρεσιών με τα εξαρτήματα καθαρίζονται και επιθεωρούνται εσωτερικά και εξωτερικά. Αν η εσωτερική επιθεώρηση των αεροφυλακίων δεν είναι δυνατή, αυτά δοκιμάζονται υδραυλικά σε πίεση διπλάσια της πίεσης λειτουργίας.

10) Επιστόμια και φίλτρα, καθώς και σωλήνες του δικτύου κυτών εξαρμόζονται για επιθεώρηση. Ομοίως επιθεωρούνται τα δίκτυα καυσίμου, τροφοδότησης, λαδιού λίπανσης και έρματος μαζί με τα φίλτρα και οι εναλλακτήρες θερμότητας βασικών υπηρεσιών.

11) Αυτόματοι έλεγχοι και εξ αποστάσεως χειριστήρια εξετάζονται για να αποδειχθεί η καλή λειτουργία τους.

20.6.3 Μηχανές πρόωσης. Λεπτομερείς απαιτήσεις

Εκτός από τις απαιτήσεις της προηγούμενης παραγράφου, τα εργαζόμενα μέλη κύριων μηχανών πρόωσης, προσαρτημένων αντλιών, βοηθητικών μηχανημάτων βασικών υπηρεσιών, καθώς και ατμοφράκτες πάνω σε φράκτες, ατμοχειριστήρια, εξαρτήματα παλινδρομικών μηχανών (κύλινδροι, βάκτρα, διωστήρες, σταυροί, ζυγώματα κλπ.), στροφεία και κελύφη στροβίλων, εξαρμόζονται και επιθεωρούνται. Ψυγεία, αναθερμαντήρες ατμού, οικονομητήρες που δεν είναι ενσωματωμένοι στους λέβητες και άλλες συσκευές βασικών υπηρεσιών επιθεωρούνται κατά την κρίση αυτού που επιθεωρεί. Μηχανές εσωτερικής καύσης επιθεωρούνται με εξάρμοση των πωμάτων, εμβόλων, διωστήρων και των υπόλοιπων κινούμενων μερών, εδράνων, ψυγείων, στροβιλοφυσητήρων κ.λπ.

Οι αεριοστρόβιλοι εξαρμόζονται και επιθεωρούνται επίσης με ανάλογο τρόπο.

20.6.4 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Κατά τις ανά τετραετία πλήρεις επιθεωρήσεις, οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις εξετάζονται και δοκιμάζονται ως εξής:

1) Έλεγχος μονώσεων σε καλώδια, διακόπτες, γεννήτριες, κινητήρες, εξαρτή-

ματα φωτισμού κλπ. Η αντίσταση μόνωσης πρέπει να είναι τουλάχιστο 100.000 Ω.

2) Τα εξαρτήματα κύριων πινάκων και πινάκων ανάγκης (emergency), πινάκων διανομής και κιβωτίων ασφάλειας επιθεωρούνται. Συστήματα προστασίας έναντι υπερέντασης και ασφάλειες επιθεωρούνται για να εξακριβωθεί αν παρέχουν επαρκή προστασία στα αντίστοιχα κυκλώματα.

3) Διακόπτες κυκλωμάτων γεννητριών (generator circuit breakers) ελέγχονται για ικανοποιητική λειτουργία.

4) Οι κινητήρες Μ.Ε.Κ. των γεννητριών επιθεωρούνται με εξάρμοση, όπως και οι κύριες μηχανές.

5) Λαμβάνονται για έλεγχο δείγματα απ' τους μετασχηματιστές λαδιού.

6) Σε ηλεκτρομαγνητικούς συνδέσμους μετριέται το διάκενο και η εκκεντρικότητα, οι σύνδεσμοι και οι διακόπτες τους ελέγχονται και δοκιμάζονται.

7) Φώτα ναυσιπλοΐας και οι ενδεικτες τους ελέγχονται και δοκιμάζονται.

8) Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάγκης και τα συναφή κυκλώματα ελέγχονται και δοκιμάζονται.

20.6.5 Επιθεωρήσεις λεβήτων

Υδραυλωτοί λέβητες εγκαταστάσεων πρόωσης και εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού πρέπει να επιθεωρούνται ανά διετία. Οι υπόλοιποι λέβητες, περιλαμβανομένων και των οικιακής (domestic) χρήσης πρέπει να επιθεωρούνται ανά διετία μέχρις ηλικίας 8 ετών και στη συνέχεια κάθε χρόνο.

Κατά τις επιθεωρήσεις αυτές εξετάζονται εσωτερικά και εξωτερικά οι λέβητες, οι υπερθερμαντήρες, οι οικονομητήρες και γίνονται εφόσον απαιτείται, μετρήσεις πάχους και υδραυλική δοκιμή. Οι βάσεις, τα πέδιλα και τα ασφαλιστικά του λέβητα επιθεωρούνται και ελέγχονται.

Το σύστημα καυσίμου εξετάζεται εν λειτουργία και ελέγχονται τα επιστόμια, οι σωλήνες και οι διατάξεις χειρισμού επιστομίων απ' το κατάστρωμα του δικτύου καυσίμου.

20.6.6 Ατμαγωγοί

Γενικά σε κάθε ειδική η πλήρη επιθεώρηση επιθεωρούνται οι ατμαγωγοί σωλήνες. Επιλέγεται δειγματοληπτικά αριθμός τεμαχίων σωλήνων, τα οποία εξετάζονται εσωτερικά και εξωτερικά και υπόκεινται σε υδραυλική δοκιμή σε πίεση διπλάσια από την πίεση λειτουργίας.

20.6.7 Ελικοφόροι άξονες

Οι τελικοί ελικοφόροι άξονες επιθεωρούνται με εξάρμοση ανά τριετία σε επιβατηγά πλοία με περισσότερους από έναν άξονες (ανά διετία σε μονέλικα) και ανά τετραετία σε φορτηγά (3ετία σε ειδικές περιπτώσεις).

Πρόσφατα συζητείται η αύξηση του χρόνου μεταξύ των επιθεωρήσεων σε εξαετία όταν πρόκειται για χοάνη με λευκό μέταλλο με εγκεκριμένο σύστημα στεγανότητας, εφόσον η κατάσταση που διαπιστώνεται κάθε χρόνο είναι ικανοποιητική.

21

Η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα

21.1 Εισαγωγή

Οι Κανονισμοί για την ασφάλεια των πλοίων βασίζονται κυρίως στην εμπειρία που έχει αποκτηθεί κατά το παρελθόν από ναυάγια ή ναυτικά ατυχήματα.

Οι Κανονισμοί που ισχύουν κάθε φορά δεν αποσκοπούν στη σχεδίαση και κατασκευή πλοίων που δεν μπορεί να βυθισθούν, το οποίο θα κατέληγε στην κατασκευή ασύμφορων πλοίων, αλλά στην αύξηση της πιθανότητας διάσωσης του πλοίου και επιβίωσης των επιβατών.

Το συγκλονιστικό ναυάγιο του Α/Π «ΤΙΤΑΝΙΚΟΣ» το 1912, προκάλεσε τη σύγκληση διεθνούς διάσκεψης το 1913 – 1914, η οποία και διατύπωσε ορισμένους κανόνες ασφάλειας για τα πλοία και κυρίως για τα Ε/Γ, τα οποία μεταφέρουν μεγάλο αριθμό προσώπων.

Τα αποτελέσματα της διάσκεψης τέθηκαν σε εφαρμογή από μερικά Κράτη, πλην όμως λόγω του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου αυτά που διατυπώθηκαν κατά τη διάσκεψη δεν έτυχαν γενικής εφαρμογής σε Διεθνή κλίμακα.

Η πρώτη αποτελεσματική Διεθνής διάσκεψη για την ασφάλεια στη θάλασσα έγινε το 1929.

Η Σύμβαση που διατυπώθηκε, κυρώθηκε από πολλά Κράτη και ίσχυσε από το 1932.

Μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, το 1948, συνήλθε η σπουδαιότερη διάσκεψη και διατύπωσε τη δεύτερη κατά σειρά Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (ΠΑΖΕΘ ή SOLAS – Safety of live at sea).

Η σύμβαση αυτή, αυστηρότερη κατά την εφαρμογή των Κανονισμών ασφάλειας, χρησιμοποίησε την εμπειρία από ναυτικά ατυχήματα σε καιρό ειρήνης και πολέμου (όπως και η Διάσκεψη του 1929, με τη διαφορά ότι στο μεταξύ είχαν συγκεντρωθεί περισσότερα και συστηματικότερα τα απαιτούμενα στοιχεία).

Τέλος μετά την απώλεια το 1956 του «Andrea Doria» συνεκλήθη πάλι το 1960 διεθνής διάσκεψη υπό την αιγίδα του Διακυβερνητικού Ναυτιλιακού Συμβουλευτικού Οργανισμού (IMCO = Inter - Governmental Maritime Consultative Organization) και ετέθη εν ισχύει από το 1962 η ΔΣ SOLAS 1960, η οποία περιέχει βελτιώσεις και συμπληρώσεις των διατάξεων της προηγούμενης σύμβασης.

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου δεν είναι η λεπτομερής ανάλυση της Σύμβασης, αλλά μόνον η γενική παρουσίαση των θεμάτων που θίγονται από αυτήν και η ενημέρωση των Αξιωματικών των πλοίων στα κυριότερα σημεία, που τους αφορούν άμεσα.

Ελπίζεται ότι το κεφάλαιο αυτό θα δημιουργήσει αρκετές ανησυχίες, ώστε αυτοί που ενημερώνονται για πρώτη φορά πάνω σε αυτό το θέμα να ενδιαφερθούν να

μελετήσουν λεπτομερέστερα τη σύμβαση, πράγμα που αποτελεί υποχρέωση οποίου ασχολείται υπεύθυνα με την κατασκευή και τη λειτουργία των πλοίων.

Το μεγαλύτερο μέρος της σύμβασης αφορά στα Ε/Γ πλοία, πολλές όμως διατάξεις και άρθρα είναι κοινά, ενώ μερικές διατάξεις (όπως το Κεφάλαιο VI) αφορούν μόνο τα Φ/Γ πλοία. Κατά την ανάπτυξη στη συνέχεια των Κεφαλαίων ή Κανονισμών θα σημειώνεται αν αυτά αφορούν μόνο Ε/Γ ή μόνον Φ/Γ πλοία.

Κεφάλαια της Συμβάσης

Τα Κεφάλαια της Σύμβασης είναι:

1) Κεφάλαιο I Γενικές Διατάξεις.
2) Κεφάλαιο II Κατασκευή.
3) Κεφάλαιο III Σωσίβια μέσα.
4) Κεφάλαιο IV Ραδιοτηλεγραφία και Ραδιοτηλεφωνία.
5) Κεφάλαιο V Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας.
6) Κεφάλαιο VI Μεταφορά σιτηρών.
7) Κεφάλαιο VII Μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων.
8) Κεφάλαιο VIII Πυρηνοκίνητα πλοία.

Κάθε κεφάλαιο υποδιαιρείται σε μικρό αριθμό μερών και σε κανονισμούς, οι οποίοι αριθμούνται σε κάθε κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I – Γενικές διατάξεις

ΜΕΡΟΣ Α΄

Περιέχει γενικές διατάξεις και ορισμούς της Σύμβασης. Καθορίζονται μεταξύ άλλων και τα εξής:

1) Η Σύμβαση εφαρμόζεται σε πλοία που εκτελούν διεθνείς πλόες, οι οποίοι εκτελούνται από λιμάνι χώρας, στην οποία εφαρμόζεται Σύμβαση, προς λιμάνι εκτός της χώρας αυτής ή και αντίστροφα.

2) Επιβατηγό πλοίο είναι το πλοίο που μεταφέρει πάνω από 12 επιβάτες.

3) Η Σύμβαση δεν εφαρμόζεται σε πολεμικά, αλιευτικά, φορτηγά πλοία κάτω των 500 Κ.Ο.Χ. και πλοία ψυχαγωγίας.

ΜΕΡΟΣ Β΄

Στο μέρος αυτό ρυθμίζονται τα περί επιθεώρησης και έκδοσης πιστοποιητικών των επιβατηγών και φορτηγών πλοίων.

Τα πιστοποιητικά που εκδίδονται ύστερα από επιθεώρηση από την Αρχή ή εξουσιοδοτημένο από αυτή Νηογνώμονα ή άλλο Οργανισμό είναι:

1) Για επιβατηγά πλοία, το πιστοποιητικό Ασφάλειας επιβατηγού πλοίου ισχύος 12 μηνών.

2) Για φορτηγά πλοία, προβλέπονται τα παρακάτω τέσσερα πιστοποιητικά που καλύπτουν διάφορους τομείς:

α) Πιστοποιητικό ασφάλειας κατασκευής Φ/Γ πλοίου, το οποίο καλύπτει βασικά την κατασκευή σκάφους και μηχανών του πλοίου. Η διάρκεια ισχύος του δεν καθορίζεται στη σύμβαση, συνηθίζεται όμως να ισχύει για μία τετραετία ή πενταετία.

β) Πιστοποιητικό ασφάλειας εξαρτισμού Φ/Γ πλοίου, το οποίο καλύπτει βασικά τα μέσα καταπολέμησης πυρκαγιάς και τα σωστικά μέσα. Η διάρκεια της ισχύος του είναι μέχρι 24 μήνες.

γ) Πιστοποιητικό ασφάλειας ραδιοτηλεγραφίας διάρκειας ισχύος 12 μηνών.

δ) Πιστοποιητικό ασφάλειας ραδιοτηλεφωνίας διάρκειας ισχύος 12 μηνών για μικρότερα πλοία που δεν διαθέτουν ασύρματο.

ΜΕΡΟΣ Γ΄

Η Αρχή έχει την υποχρέωση να κάνει ανακρίσεις για σοβαρά ναυτικά ατυχήματα, όταν κρίνει ότι αυτές μπορούν να συμβάλλουν στην καλύτερη τροποποίηση των Κανονισμών της σύμβασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ – Κατασκευή

ΜΕΡΟΣ Α΄

Γενικά

Καθορίζεται η εφαρμογή των διατάξεων και δίνονται βασικοί ορισμοί που αφορούν κυρίως στο θέμα της στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου.

ΜΕΡΟΣ Β΄

Υποδιαίρεση και ευστάθεια (μόνο για Ε/Γ πλοία)

Τα Ε/Γ πλοία υποδιαιρούνται σε στεγανά διαμερίσματα με στεγανές εγκάρσιες φρακτές που εκτείνονται μέχρι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών.

Για λόγους απλότητας θεωρείται εδώ ότι το πλοίο βυθίζεται, αν υποστεί βλάβη τέτοιας έκτασης, ώστε λόγω κατάκλυσης ορισμένου αριθμού (1, 2 ή 3) συνεχόμενων στεγανών διαμερισμάτων, το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (για την ακρίβεια, όταν βυθίζεται γραμμή που χαράζεται 76 mm κάτω από την άνω επιφάνεια του καταστρώματος στεγανών φρακτών στην πλευρά του πλοίου) βυθίζεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας ή το πλοίο ανατρέπεται λόγω ανεπαρκούς εγκάρσιας ευστάθειας.

Σκοπός των υπολογισμών που γίνονται με βάση τους κανονισμούς είναι να εξασφαλισθεί ότι το πλοίο μετά από βλάβη και κατάκλυση ορισμένου αριθμού διαμερισμάτων θα έχει:

1) Επαρκή περιθώρια πλευστότητας.

2) Επαρκή περιθώρια ευστάθειας.

Ο αριθμός των συνεχόμενων διαμερισμάτων, τα οποία επιτρέπονται να κατακλύζονται από νερά λόγω βλάβης, χωρίς να «βυθίζεται» ή να ανατρέπεται το πλοίο, καθορίζει τον βαθμό υποδιαίρεσης και τη στάθμη ασφάλειας.

Έτσι γίνεται λόγος για πλοίο, στεγανής υποδιαίρεσης ενός διαμερίσματος, δύο ή τριών, όταν αυτό δεν «βυθίζεται» ούτε ανατρέπεται σε περίπτωση κατάκλυσης από τη θάλασσα αντίστοιχα ενός δύο ή τριών συνεχόμενων διαμερισμάτων.

Ο βαθμός υποδιαίρεσης ενός Ε/Γ πλοίου εξαρτάται από τον συντελεστή υποδιαίρεσης F.

Ο συντελεστής υποδιαίρεσης F παίρνει τιμές μικρότερες από τη μονάδα και εξαρτάται βασικά από το μήκος του πλοίου και από τον αριθμό των επιβατών, επειδή είναι ευκολότερη η υποδιαίρεση των μεγαλύτερων πλοίων και αναγκαία η ψηλότερη στάθμη ασφάλειας σε πλοία που μεταφέρουν μεγαλύτερο αριθμό επιβατών. Έτσι ο συντελεστής υποδιαίρεσης F γίνεται μικρότερος όταν το πλοίο έχει μεγαλύτερο μήκος και μεγαλύτερο αριθμό επιβατών.

Γενικά, όταν ο F παίρνει τιμή από 0,5 ως 1, το πλοίο πρέπει να έχει υποδιαίρεση ενός διαμερίσματος, όταν ο F παίρνει τιμή από 0,25 έως 0,33, το πλοίο πρέπει να έχει υποδιαίρεση δύο διαμερισμάτων και όταν ο F παίρνει τιμή μικρότερη από 0,33, το πλοίο πρέπει να έχει υποδιαίρεση τριών διαμερισμάτων.

Με τους σχετικούς υπολογισμούς κατάκλυσης καθορίζεται το επιτρεπόμενο και κατακλύσιμο μήκος των διαμερισμάτων και χαράζονται καμπύλες κατακλύσιμου μήκους σε ολόκληρο το μήκος του πλοίου (floodable and permissible length curves).

Με τις καμπύλες αυτές καθορίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος κάθε διαμερίσματος ή και κάθε ομάδας συνεχόμενων διαμερισμάτων.

Με αντίστοιχους υπολογισμούς ελέγχεται η ευστάθεια σε περίπτωση βλάβης στην οποία περιλαμβάνονται κριτήρια για την περίπτωση σύμμετρης και ασύμμετρης κατάκλυσης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση βλάβης πλευρικών δεξαμενών.

Για να εξασφαλισθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών απαιτείται:

1) Να μην υπερβαίνεται το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα, το οποίο σημειώνεται με τη γραμμή φόρτωσης της υποδιαίρεσης.

2) Να τηρούνται οι οδηγίες ευστάθειας και ερματισμού του πλοίου.

Η στεγανή υποδιαίρεση των πλοίων συμπληρώνεται με την κατασκευή στεγανών διπύθμενων, τα οποία προφυλάσσουν τα πλοία από ρήγματα λόγω προσάραξης. τα διπύθμενα κατασκευάζονται σε όλο το μήκος του πλοίου, όταν το μήκος του είναι πάνω από 76 m, ενώ για πλοία με μικρότερο μήκος απαιτείται η κατασκευή διπυθμένων σε τμήματα του μήκους του πλοίου.

Είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται η στεγανότητα των στεγανών φρακτών σε όλη την έκτασή τους.

Από τις λεπτομερείς οδηγίες των κανονισμών μνημονεύονται σύντομα τα σημαντικότερα από τα μέτρα στεγανότητας:

1) Τα σημεία διέλευσης σωλήνων και ηλεκτρικών καλωδίων στεγανοποιούνται κατά περίπτωση. Έτσι επί παραδείγματι προβλέπονται στυπειοθάλαμοι και στυπειοθλίπτες για τα διερχόμενα καλώδια.

2) Σε ανοίγματα επικοινωνίας πάνω σε στεγανές φρακτές πρέπει να προβλέπονται ικανοποιητικά μέσα στεγανού κλεισίματος. Οι στεγανές πόρτες επικοινωνίας είναι τριών κλάσεων:

Κλάση 1. Γιγγλυμωτές πόρτες (πόρτες που κλείνουν όπως τα φινιστρίνια).

Κλάση 2. Ολισθαίνουσες πόρτες χειροκίνητες.

Κλάση 3. Ολισθαίνουσες πόρτες μηχανοκίνητες και χειροκίνητες.

Γενικά οι πόρτες των Ε/Γ πλοίων πρέπει να είναι:

Κλάσης 1. Εφόσον βρίσκονται πάνω από κατάστρωμα που απέχει 2,13 m πάνω από τη γραμμή φόρτωσης υποδιαίρεσης.

Κλάσης 2. Εφόσον τα κατώφλια τους βρίσκονται μεταξύ των πιο πάνω δύο οριακών γραμμών, δηλαδή της γραμμής φόρτωσης υποδιαίρεσης και της γραμμής σε απόσταση 2,13 m πάνω απ' αυτήν.

Κλάσης 3. Εφόσον τα κατώφλια τους βρίσκονται κάτω από την ίσαλο της υποδιαίρεσης (γραμμή φόρτωσης). Οι πόρτες αυτές συνήθως προβλέπεται να χειρίζονται από κεντρικό σταθμό στη γέφυρα.

3) Οχετοί ή σήραγγες που διέρχονται από στεγανές φράκτες πρέπει να είναι στεγανοί.

Οι κανονισμοί υποδιαίρεσης συμπληρώνονται με λεπτομερείς διατάξεις σχετικές προς τα ανοίγματα του εξωτερικού περιβλήματος των πλοίων.

Έτσι, παραφωτίδες κοντά στην ίσαλο γραμμή φόρτωσης υποδιαίρεσης προβλέπεται να είναι του μονίμως κλειστού τύπου, ενώ γενικά σε όλες τις παραφωτίδες θα πρέπει να τοποθετούνται ισχυρά εσωτερικά υδατοστεγή γιγγλυμωτά καλύμματα.

Λήψεις θαλάσσιου νερού και εξαγωγές στο εξωτερικό περίβλημα πρέπει να είναι εφοδιασμένες με αποτελεσματικά και προσιτά μέσα, ώστε να αποτρέπεται τυχαία εισροή θάλασσας από πλοίο.

Λήψεις και εξαγωγές θάλασσας πρέπει γενικά να εφοδιάζονται με επιστόμιο κοντά στο περίβλημα, ενώ εξαγωγές από χώρους κάτω απ' τη γραμμή του ορίου βύθισης πρέπει να εφοδιάζονται με αυτόματη ανεπίστροφη βαλβίδα, εφοδιασμένη και με προσιτό χειριστήριο κλεισίματός της.

Τα Ε/Γ πλοία πρέπει να είναι εφοδιασμένα με δίκτυο και αντλίες για να αντλούνται τα κύτη και όλα τα στεγανά διαμερίσματα. Σε κάθε διαμέρισμα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστο δύο αναρροφήσεις από κάθε μεριά στις πλευρές, ώστε να είναι δυνατή η άντληση από τη μία τουλάχιστον πλευρά, όταν το πλοίο πάρει εγκάρσια κλίση.

Τα Ε/Γ πλοία εφοδιάζονται τουλάχιστο με 3 αντλίες που συνδέονται με το δίκτυο άντλησης κύτους.

Όλα τα πλοία φορτηγά και επιβατηγά πρέπει να είναι εφοδιασμένα με στοιχεία ευστάθειας σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης, τα οποία προκύπτουν από το διενεργούμενο πείραμα ευστάθειας. Ειδικά τα Ε/Γ πλοία υποχρεώνονται να είναι εφοδιασμένα με σχεδιαγράμματα και οδηγίες ελέγχου βλαβών, επιβάλλεται δε στα Ε/Γ να κάνουν γυμνάσια στεγανών θυρών και ανοιγμάτων και να τα καταχωρούν στα ημερολόγια.

ΜΕΡΟΣ Γ΄

Μηχανήματα και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Το Μέρος Γ του Κεφαλαίου ΙΙ της Σύμβασης εφαρμόζεται σε φορτηγά και επιβατηγά πλοία και αφορά σε μηχανήματα και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, που έχουν σχέση με την ασφάλεια του πλοίου και των επιβατών.

Τα επιβατηγά πλοία πρέπει να είναι εφοδιασμένα με δύο τουλάχιστον κύριες ηλεκτρογεννήτριες, με κάθε μία από τις οποίες να είναι δυνατόν να εξασφαλισθεί η λειτουργία των ουσιωδών υπηρεσιών ασφάλειας του πλοίου.

Επιβατηγά και φορτηγά πλοία πρέπει να είναι εφοδιασμένα με μία πηγή ηλεκτρι-

κής ενέργειας κινδύνου. Ενώ οι λεπτομέρειες μεταξύ Ε/Γ και Φ/Γ πλοίων διαφέρουν, οι βασικές αρχές είναι γενικά κοινές και έχουν ως εξής:

1) Η δυνατότητα δίαθεσης επαρκούς ηλεκτρικής ενέργειας για τροφοδότηση σε περίπτωση κινδύνου:

α) Του φωτισμού κινδύνου στους σταθμούς σωσιβίων λέμβων, διαδρόμων, κλιμάκων, χώρων μηχανών και σταθμού ελέγχων.

β) Της αντλίας ραντισμού (sprinkler).

γ) Των πλοϊκών φαναριών και των φαναριών σήμανσης.

δ) Των στεγανών θυρών και ειδικά για το κλείσιμο και τη λειτουργία των δεικτών και των ηχητικών σημάτων τους.

ε) Των κουδουνιών κινδύνου.

2) Η τοποθέτηση της παραπάνω πηγής γίνεται πάνω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών και έξω από τους φωταγωγούς των κύριων μηχανών.

3) Η πηγή ενέργειας μπορεί να είναι είτε ντηζελογεννήτρια, είτε συστοιχία συσσωρευτών.

Σε Ε/Γ και Φ/Γ πλοία λαμβάνονται προφυλάξεις για ηλεκτροπληξία, πυρκαγιά και άλλους κινδύνους ηλεκτρικής προέλευσης. Από τις διατάξεις προδιαγράφονται η απαιτούμενη γείωση των ηλεκτρικών μηχανών και εξαρτημάτων, ο τρόπος διάταξης και προστασίας των πινάκων διανομής, καθώς και άλλες λεπτομέρειες.

Όλα τα Φ/Γ και Ε/Γ πλοία πρέπει να έχουν επαρκή ισχύ αναπόδισης. Όλα τα Φ/Γ και Ε/Γ πλοία πρέπει να είναι εφοδιασμένα με κύριους και βοηθητικούς μηχανισμούς χειρισμού του πηδαλίου, καθώς και με ενδείκτες λειτουργίας αυτών. Ειδικά για τα Ε/Γ πλοία ο μηχανισμός του πηδαλίου πρέπει να είναι ικανός να στρέφει το πηδάλιο, όταν το πλοίο πλέει με τη μέγιστη ταχύτητα, από 35° της μιας πλευράς στις 30° της άλλης μέσα σε 28 sec.

ΜΕΡΟΣ Δ΄

Προστασία κατά της πυρκαγιάς (μόνο για Ε/Γ πλοία)

Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του κεφαλαίου αφορά στα Ε/Γ πλοία και έχει ως σκοπό την επίτευξη του μέγιστου βαθμού προστασίας των πλοίων από την πυρκαγιά με ρυθμίσεις των λεπτομερειών της διάταξης και κατασκευής των πλοίων. Οι βασικές αρχές είναι:

1) Η υποδιαίρεση του πλοίου σε κύριες ζώνες με πυρίμαχες φρακτές, δηλαδή με φρακτές που έχουν επαρκή θερμική και κατασκευαστική αντοχή.

2) Ο εντοπισμός, ο έλεγχος και το σβήσιμο οποιασδήποτε πυρκαγιάς στον χώρο όπου εκδηλώθηκε.

3) Η προστασία των μέσων διαφυγής.

Το σκάφος και τα υπερκατασκευάσματα διαιρούνται σε κύριες κατακόρυφες ζώνες με διαφράγματα κλάσης Α. Κάθε κύρια ζώνη έχει μήκος όχι πάνω από τα 40 m και υποδιαιρείται και με άλλα πυρίμαχα διαφράγματα, ενώ παράλληλα απαιτείται η εγκατάσταση συστημάτων αναγγελίας σβησίματος πυρκαγιάς, καθώς και η εκτέλεση περιπολιών.

Οι πυρίμαχες φρακτές διακρίνονται σε διαφράγματα κλάσης Α και Β, ανάλογα

με την προστασία που παρέχουν. Και οι δύο τύποι φρακτών καθορίζονται από την αντοχή που απαιτείται στην τυποποιημένη δοκιμή φωτιάς. Ειδικά οι φρακτές κλάσης Α πρέπει:

1) Να είναι ισχυρές και κατασκευασμένες από χάλυβα ή άλλο ισοδύναμο υλικό, και

2) να έχουν επαρκή θερμική μόνωση και να παρεμποδίζουν τη δίοδο καπνού και φλογών.

Οι φρακτές κλάσης Β δεν χρειάζεται να είναι κατασκευασμένες από χάλυβα, και παρέχουν μικρότερο βαθμό πυρίμαχης προστασίας.

Για την προστασία από πυρκαγιά εφαρμόζονται οι παρακάτω τρεις μέθοδοι, επιπλέον της υποδιαίρεσης του πλοίου σε κύριες κατακόρυφες ζώνες με φρακτές κλάσης Α.

Μέθοδος Ι

Κατά τη μέθοδο Ι κατασκευάζονται σε κάθε ζώνη Α εσωτερικά διαχωριστικά διαφράγματα κλάσης Β, γενικά χωρίς εγκατάσταση συστήματος ελέγχου ή αυτόματου ραντισμού (sprinkler) στους χώρους παραμονής και τους υπηρετικούς χώρους.

Μέθοδος ΙΙ

Κατά τη μέθοδο ΙΙ τοποθετείται αυτόματο σύστημα ραντισμού και αυτόματο σύστημα αναγγελίας πυρκαγιάς για τον έλεγχο και το σβήσιμο σε όλα τα διαμερίσματα, όπου υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς, χωρίς να τοποθετηθούν εσωτερικά πυρίμαχα διαφράγματα σε κάθε ζώνη Α.

Μέθοδος ΙΙΙ

Κατά τη μέθοδο ΙΙΙ κατασκευάζονται σε κάθε ζώνη Α εσωτερικά πυρίμαχα διαφράγματα κλάσης Α και Β ανάλογα με τη σπουδαιότητα, το μέγεθος και τη φύση κάθε χώρου· εκτός απ' αυτό τοποθετείται αυτόματο σύστημα ελέγχου πυρκαγιάς σε όλα τα διαμερίσματα, όπου υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς και γίνεται περιορισμένη χρήση εύκαυστων και εύφλεκτων υλικών. Δεν τοποθετείται γενικά αυτόματο σύστημα ραντισμού.

Λεπτομέρειες για τον τρόπο και τη διάταξη της κατασκευής χωρισμάτων τις κύριες ζώνες κατά τις μεθόδους Ι και ΙΙΙ περιλαμβάνονται στους κανονισμούς, ενώ άλλες διατάξεις ρυθμίζουν διάφορα βασικά θέματα κοινά και για τις τρεις μεθόδους, από τα οποία μερικά μνημονεύονται στη συνέχεια.

Η συνέχεια της πυρίμαχης προστασίας των κύριων διαφραγμάτων κλάσης Α εξασφαλίζεται και στα διάφορα ανοίγματα, όπως είναι τα σημεία διέλευσης καλωδίων, σωλήνων, διαδοκίδων, οχετών, ενώ οι πόρτες επικοινωνίας πάνω σε αυτά είναι πυρίμαχες και αυτόκλειστες. Σε οχετούς και αεραγωγούς που διέρχονται από κύριες φρακτές τοποθετούνται διαφράγματα (dampers) για τη διακοπή της ροής, αν απαιτηθεί, που χειριζόμαστε με κατάλληλα μέσα ελέγχου ή και αυτόματα.

Τα διαφράγματα κλάσης Α περικλείουν ή διαχωρίζουν και στις τρεις μεθόδους τους παρακάτω χώρους:

1) Τους χώρους παραμονής επιβατών και πληρώματος από τους χώρους των μηχανών, τους χώρους φορτίων και τους υπηρετικούς χώρους.

2) Τους σταθμούς ελέγχου, όπως είναι το διαμέρισμα Ασυρμάτου και Ραδιοτηλεφώνου, ο χώρος ηλεκτρογεννήτριας κινδύνου, οι σταθμοί ελέγχου πυρκαγιάς.

3) Τα κλιμακοστάσια διαφυγής και τους ανελκυστήρες.

4) Τα μαγειρεία, οι αποθήκες αποσκευών, οι αποθήκες χρωμάτων και γενικότερα εύφλεκτων υλικών.

Το σύστημα ραντισμού, που αναφέραμε παραπάνω το οποίο τοποθετείται στη μέθοδο ΙΙ, προστατεύει όλους τους κλειστούς χώρους χρήσης και εξυπηρέτησης επιβατών και πληρώματος. Το σύστημα τηρείται πάντοτε έτοιμο υπό πίεση, οι δε ραντιστήρες λειτουργούν αυτόματα, όταν η θερμοκρασία υπερβεί καθορισμένο όριο, ενώ συγχρόνως αυτόματος αναγγελτήρας αναγγέλλει σε ένα ή περισσότερα σημεία την ύπαρξη ή ένδειξη πυρκαγιάς.

Για τα Φ/Γ πλοία προβλέπονται διατάξεις γενικής μορφής, αρκετά ελαστικές και μόνο για πλοία πάνω από 4000 Κ.Ο.Χ.

ΜΕΡΟΣ Ε΄

Έλεγχος και σβήσιμο πυρκαγιάς σε Ε/Γ και Φ/Γ πλοία

Οι περισσότερες διατάξεις είναι κοινές για τα Ε/Γ και Φ/Γ πλοία, με σκοπό τον εντοπισμό και το σβήσιμο της πυρκαγιάς. Τα μέσα που προβλέπονται από τις διατάξεις περιγράφονται παρακάτω.

Οι διατάξεις καθορίζουν τον αριθμό των αντλιών πυρκαγιάς, την παροχή και πίεση κατάθλιψης, τη διάταξη του δικτύου, τη θέση και τον αριθμό των λήψεων, έτσι ώστε σε οποιοδήποτε μέρος του πλοίου να μπορούν να φθάσουν δύο τουλάχιστον προβολές νερού, που δεν παρέχονται από την ίδια λήψη.

Πυροσβεστήρες σταθεροί και φορητοί μοιράζονται στους διάφορους χώρους για άμεση χρήση.

Στα Ε/Γ πλοία (όχι όμως στά Φ/Γ) προβλέπεται εγκατάσταση περιπολίας για τον εντοπισμό πυρκαγιάς με την εγκατάσταση χειροκίνητων αναγγελτήρων, πέρα από το προβλεπόμενο αυτόματο σύστημα αναγγελίας ή ελέγχου πυρκαγιάς.

Άλλες διατάξεις που αφορούν στα Ε/Γ πλοία είναι:

1) Η ύπαρξη συνδέσμου διεθνούς τύπου, σύνδεσης του δικτύου πυρκαγιάς με την ξηρά.

2) Οι χώροι φορτίου πρέπει να προστατεύονται με μόνιμο σταθερό σύστημα σβησίματος πυρκαγιάς με αέριο.

3) Οι χώροι των μηχανών και των καζανιών πρέπει να προστατεύονται με ειδικές διατάξεις πυρόσβεσης, όπως είναι σύστημα ράντισης με νερό, σύστημα σβησίματος πυρκαγιάς με αέριο, σύστημα σβησίματος πυρκαγιάς με αφρό, επιπλέον των φορητών πυροσβεστήρων, που προβλέπονται.

4) Κάθε Ε/Γ πλοίο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με δύο τουλάχιστον πλήρεις εξαρτήσεις (ενδυμασία κ.λπ.) πυροσβέστη.

Οι διατάξεις για Φ/Γ πλοία δεν διαφέρουν παρά μόνο σε λεπτομέρειες από τις αντίστοιχες διατάξεις Ε/Γ πλοίων· έτσι στα Φ/Γ πλοία προβλέπεται:

1) Η ύπαρξη τουλάχιστον δύο ανεξάρτητων αντλιών πυρκαγιάς.

2) Όπως και στα Ε/Γ πλοία, προβλέπεται η ύπαρξη δικτύου πυρκαγιάς, ευκά-

μπτων σωλήνων και λήψεων. Επίσης σύνδεσμοι διεθνούς τύπου σύνδεσης με την ξηρά.

3) Μέσα στο πλοίο μοιράζεται αριθμός φορητών πυροσβεστήρων.

4) Οι χώροι φορτίου εφοδιάζονται με μόνιμο σύστημα σβησίματος πυρκαγιάς με αέριο ή προκειμένου για Δ/Ξ με αφρό ή και με ατμό.

5) Στα λεβητοστάσια και στους χώρους μηχανών πρέπει να υπάρχει μόνιμο σύστημα σβησίματος πυρκαγιάς με αέριο, με αφρό ή με ραντισμό, πέρα από τους φορητούς πυροσβεστήρες που προβλέπονται.

6) Η ύπαρξη τουλάχιστον μιας εξάρτησης πυροσβέστη.

ΜΕΡΟΣ ΣΤ΄

Γενικές προφυλάξεις από πυρκαγιά

Στα Ε/Γ πλοία πρέπει να προβλέπονται για κάθε χώρο δύο μέσα διαφυγής προς το κατάστρωμα επιβίβασης στις σωστικές λέμβους. Στα Φ/Γ πλοία πρέπει να προβλέπεται τουλάχιστον ένα μέσο άμεσης διαφυγής από κάθε χώρο προς το κατάστρωμα επιβίβασης στις σωστικές λέμβους, ενώ στους χώρους μηχανών τουλάχιστον δύο μέσα διαφυγής.

Σε όλα τα πλοία πρέπει να προβλέπονται μέσα κράτησης των ανεμιστήρων των χώρων μηχανών και φορτίου καθώς και μέσα κλεισίματος των θυρών και των άλλων ανοιγμάτων προς τους χώρους αυτούς.

Τα μηχανήματα που κινούν ανεμιστήρες και εξαεριστήρες, οι αντλίες μετάγγισης πετρελαίου, οι αντλίες παροχής καυσίμου κύριων μηχανών και ντηζελογεννητριών πρέπει να εφοδιάζονται με χειριστήρια εξ αποστάσεως, ώστε να μπορούν να κρατιούνται σε περίπτωση πυρκαγιάς από το ελεύθερο κατάστρωμα.

Ομοίως οι σωληνώσεις παροχής και αναρρόφησης καυσίμου πρέπει να εφοδιάζονται με επιστόμιο που να μπορεί να κλείνεται έξω απ' τον χώρο των μηχανών για την περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς μέσα σε αυτούς.

Στα Ε/Γ και Φ/Γ πλοία πρέπει να υπάρχουν σχεδιαγράμματα γενικής διάταξης, που να δείχνουν για κάθε κατάστρωμα:

1) Τους σταθμούς ελέγχου πυρκαγιάς.

2) Τις ζώνες κλάσης Α και τα υπόλοιπα πυρίμαχα διαφράγματα.

3) Τις λεπτομέρειες αναγγελτήρων πυρκαγιάς.

4) Το σύστημα ελέγχου πυρκαγιάς.

5) Το σύστημα ραντισμού.

6) Τις συσκευές σβησίματος πυρκαγιάς.

7) Τις διατάξεις προσπελάσεων στους διαφόρους χώρους και τις θέσεις στεγανών θυρών.

8) Το σύστημα αερισμού με τα κύρια χειριστήρια κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III – Σωστικά μέσα

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τρία μέρη:

Μέρος Α΄: Γενικές διατάξεις που αφορούν στα Ε/Γ και Φ/Γ πλοία.

Μέρος Β΄: Διατάξεις Ε/Γ πλοίων.

Μέρος Γ΄: Διατάξεις Φ/Γ πλοίων.

ΜΕΡΟΣ Α΄

Το Μέρος Α΄ προδιαγράφει το είδος και τον εξοπλισμό των σωστικών μέσων έτσι, ώστε αυτά να μπορούν να ανταποκριθούν στον προορισμό τους. Στις σχετικές διατάξεις προβλέπονται:

1) Ο βαθμός ετοιμότητας των σωσιβίων λέμβων, σωσιβίων σχεδίων και πλευστικών συσκευών.

2) Ο τρόπος κατασκευής, η χωρητικότητα και η μεταφορική ικανότητα των σωσιβίων λέμβων.

3) Ο αριθμός των σωσιβίων λέμβων με κινητήρα.

4) Η προδιαγραφή των σωσιβίων λέμβων με κινητήρες, καθώς και οι απαιτήσεις σωσιβίων λέμβων που προωθούνται μηχανικά.

5) Τα εφόδια των σωσιβίων λέμβων λεπτομερώς.

6) Ο αριθμός και ο τύπος των ραδιοτηλεγραφικών συσκευών και προβολέων που απαιτούνται για τις σωσίβιες λέμβους.

7) Η προδιαγραφή των πνευστών και άκαμπτων (rigid) σχεδίων, καθώς και τα εφόδιά τους.

8) Τα μέτρα για την επιβίβαση των επιβατών.

9) Οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις σε κυκλικά σωσίβια, ατομικές σωσίβιες ζώνες, ορμιδιοβόλους συσκευές.

10) Τα σήματα κινδύνου, τα γυμνάσια και οι συναγερμοί που απαιτούνται.

ΜΕΡΟΣ Β΄

Το Μέρος Β΄ προδιαγράφει τις απαιτήσεις των σωσιβίων λέμβων, σωσιβίων σχεδίων, πλευστικών συσκευών και γενικά όλων των άλλων σωστικών μέσων των Ε/Γ πλοίων.

Γενικά τα Ε/Γ πλοία πρέπει να φέρουν:

1) Σωσίβιες λέμβους τέτοιας συνολικής χωρητικότητας, ώστε να παραλαμβάνουν τον ολικό αριθμό των επιβαινόντων.

2) Σωσίβιες σχεδίες ικανής χωρητικότητας, ώστε να παραλαμβάνουν το 25% του συνόλου των επιβαινόντων.

3) Πλευστικές συσκευές για τα 3% του συνολικού αριθμού των επιβαινόντων.

Προβλέπονται παρεκκλίσεις από τις παραπάνω βασικές αρχές σε ειδικές περιπτώσεις, έτσι το 25% των σωσιβίων λέμβων μπορεί να αντικατασταθεί από σωσίβιες σχεδίες καθελκυσμένου τύπου.

Επίσης για σύντομους διεθνείς πλόες (δηλ. απόστασης όχι μεγαλύτερης από τα 600 ν.μ., κατά τους οποίους το πλοίο δεν απομακρύνεται πάνω από 200 ν.μ. από το πλησιέστερο λιμάνι) ή πλόες μεταξύ 600 ως 1200 ν.μ., ένα μέρος των επιβατών, που καθορίζεται από τις διατάξεις, μπορεί να καλύπτεται από πνευστές σχεδίες, με τον ειδικό περιορισμό ότι ο συντελεστής υποδιαίρεσης δεν θα είναι μεγαλύτερος από 0,5, δηλαδή το πλοίο θα έχει υποδιαίρεση δύο διαμερισμάτων τουλάχιστον.

Στους κανονισμούς προβλέπονται λεπτομέρειες που αφορούν:

1) Στη στοιβασία και στον χειρισμό των σωσιβίων λέμβων, των σχεδίων και των πλευστικών συσκευών.

2) Στον φωτισμό προσπελάσεων προς τους σταθμούς σωσιβίων λέμβων και προς αυτές.

3) Στην επάνδρωση των σωσιβίων λέμβων. Ειδικά αναφέρεται η ανάγκη ύπαρξης ορισμένου αριθμού ειδικευμένων ανδρών σωσιβίων λέμβων, εφοδιασμένων με πτυχίο ικανότητας.

4) Στον τύπο των πλευστικών συσκευών, και

5) στον αριθμό των κυκλικών σωσιβίων, ανάλογα με το μήκος του πλοίου.

ΜΕΡΟΣ Γ΄

Γενικά τα Φ/Γ πλοία πρέπει να έχουν:

1) Σε κάθε πλευρά σωσίβιες λέμβους τέτοιας χωρητικότητας, ώστε να μπορούν να παραλαμβάνουν όλους τους επιβαίνοντες.

2) Επιπλέον πρέπει να φέρουν σωσίβιες σχεδίες και πνευστές συσκευές επαρκείς να παραλαμβάνουν τους μισούς επιβαίνοντες.

Για ειδικούς τύπους πλοίων και ανάλογα με το μέγεθος προβλέπεται από τις διατάξεις μείωση των παραπάνω απαιτήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV. Ραδιοτηλεγραφία και Ραδιοτηλεφωνία

Όλα τα επιβατηγά πλοία, καθώς και τα φορτηγά πλοία ολικής χωρητικότητας πάνω από 1600 κόρους πρέπει να είναι εφοδιασμένα με σταθμό ασυρμάτου.

Τα φορτηγά πλοία ολικής χωρητικότητας από 300 ως 1600 κόρους πρέπει να είναι εφοδιασμένα με σταθμό ραδιοτηλεφώνου, εκτός αν είναι εφοδιασμένα με σταθμό ασυρμάτου.

Οι διατάξεις ρυθμίζουν βασικά θέματα του τρόπου, με τον όποιο γίνονται οι βάρδιες στα επιβατηγά και φορτηγά πλοία. Έτσι, προβλέπεται να υπάρχει στο πλοίο ένας τουλάχιστον Αξιωματικός ασυρματιστής και να γίνεται τουλάχιστον 8 ώρες ακρόαση συνολικά κάθε μέρα.

Ο σταθμός ασυρμάτου τοποθετείται πάντοτε κοντά στη γέφυρα του πλοίου και δίπλα σε αυτόν βρίσκεται η καμπίνα ενός τουλάχιστον Αξιωματικού ασυρματιστή. Ο σταθμός ασυρμάτου είναι εφοδιασμένος με κατάλληλο ρολόι και φωτισμό κινδύνου ασφαλούς λειτουργίας. Προβλέπεται εφοδιασμός των πλοίων με επαρκή ανταλλακτικά, εργαλεία και συσκευές ελέγχου, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή και συνεχής λειτουργία των εγκαταστάσεων τηλεπικοινωνίας.

Γενικά οι ραδιοτηλεγραφικές εγκαταστάσεις αποτελούνται:

1) Από μία κύρια εγκατάσταση που περιλαμβάνει πομπό και δέκτη και τροφοδοτείται από κύρια πηγή ενέργειας.

2) Από μία εφεδρική εγκατάσταση που περιλαμβάνει εφεδρικό πομπό και εφεδρικό δέκτη, που τροφοδοτούνται από εφεδρική πηγή ενέργειας.

Στα φορτηγά πλοία δεν είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση εφεδρικού πομπού, εφόσον ο κύριος ανταποκρίνεται και σε όλες τις απαιτήσεις του εφεδρικού.

Σε όλα τα πλοία προβλέπεται κύρια και εφεδρική κεραία.

Άλλες τεχνικές απαιτήσεις και λεπτομέρειες για την εγκατάσταση σταθμού ραδιοτηλεγραφίας προβλέπονται στον Κανονισμό 9, ενώ οι απαιτήσεις συσκευών που προορίζονται για σωσίβιες λέμβους και σωσίβια μέσα προβλέπονται στους Κανονισμούς 12 και 13 του αυτού Κεφαλαίου.

Στα πλοία μπορεί να τοποθετείται συσκευή αυτόματου σήματος κινδύνου, η οποία τίθεται σε λειτουργία από ραδιοτηλεγραφικό σήμα κινδύνου παράκτιου σταθμού ή παραπλέοντος πλοίου και παράγει ειδοποιητικό σήμα στον θάλαμο Α/Τ, τη γέφυρα και την καμπίνα Αξιωματικού Α/Τ. Η ύπαρξη στα πλοία τέτοιας συσκευής τα απαλλάσσει απ' την υποχρέωση της συνεχούς ακρόασης στη ραδιοτηλεγραφική συχνότητα κινδύνου.

Οι διατάξεις που ρυθμίζουν τα των ραδιοτηλεφωνικών σταθμών είναι ανάλογες με αυτές που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Η ραδιοτηλεφωνική εγκατάσταση περιλαμβάνει πομπό, δέκτη και πηγή ενέργειας.

Ο ραδιοτηλεφωνικός πομπός πρέπει να είναι εφοδιασμένος με μέσο, που προορισμός του είναι να παράγει και να εκπέμπει αυτόματα το ραδιοτηλεφωνικό σήμα κινδύνου. Αντίστοιχα ο δέκτης πρέπει να είναι ικανός να λαμβάνει στη ραδιοτηλεφωνική συχνότητα κινδύνου.

Στους σταθμούς ραδιοτηλεγραφίας και ραδιοτηλεφωνίας προβλέπεται η τήρηση λεπτομερούς ημερολογίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V. Ασφάλεια ναυσιπλοΐας

Το Κεφάλαιο V αφορά σε όλα τα πλοία, εκτός απ' τα πολεμικά και αυτά που ναυσιπλοούν στην περιοχή των μεγάλων λιμνών της Β Αμερικής και ρυθμίζει θέματα ασφάλειας στη ναυσιπλοΐα.

Ο Πλοίαρχος κάθε πλοίου είναι υποχρεωμένος να πληροφορεί τις αρχές και τα κοντινά πλοία για:

1) Επικίνδυνους πάγους.

2) Επικίνδυνα ναυάγια.

3) Επερχόμενες θύελλες ή καταιγίδες.

4) Χαμηλές θερμοκρασίες με άνεμους που προκαλούν την επικάθηση πάγων.

Στις διατάξεις προβλέπεται ο τρόπος μετάδοσης των παραπάνω σημάτων κινδύνου.

Οι Πλοίαρχοι των πλοίων ενθαρρύνονται από τα συμβαλλόμενα κράτη στη συλλογή μετεωρολογικών στοιχείων, για εξέταση, διάδοση και ανταλλαγή, με σκοπό την εξυπηρέτηση της ναυτιλίας.

Προβλέπεται υποχρέωση των συμβαλλόμενων κρατών για τη διατήρηση υπηρεσίας περιπολιών πάγων, με σκοπό να πληροφορούνται τα διερχόμενα πλοία για την κατάσταση των επικίνδυνων περιοχών πάγων.

Καθορίζονται λεπτομερώς οι υποχρεώσεις και οι διαδικασίες των Πλοιάρχων των πλοίων, τα οποία παίρνουν σήματα κινδύνου και προβλέπεται η υποχρέωση να παρέχεται συνδρομή σε πλοία ή και πρόσωπα που κινδυνεύουν.

Τα πλοία ολικής χωρητικότητας πάνω από 1600 κόρους γενικά είναι εφοδιασμένα με ραδιογωνιόμετρο, το οποίο να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Κανονισμού 11 (ΠΑΖΕΘ) του Κεφαλαίου IV.

Σύμφωνα με τις διατάξεις αυτού του κεφαλαίου τα συμβαλλόμενα κράτη αναλαμβάνουν την υποχρέωση:

1) Της επαρκούς ποιοτικής και ποσοτικής επάνδρωσης των πλοίων.

2) Της εγκατάστασης βοηθημάτων ναυσιπλοΐας, ραδιοφάρων κ.λπ., για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας.

3) Της εξασφάλισης των μέσων επιτήρησης των ακτών και διάσωσης προσώπων που κινδυνεύουν στη θάλασσα και γύρω από τις ακτές. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν την ίδρυση, λειτουργία και συντήρηση μέσων εντοπισμού και διάσωσης προσώπων που κινδυνεύουν, ανάλογα με την πυκνότητα της κίνησης και των κινδύνων ναυσιπλοΐας. Επιπλέον πρέπει να παρέχονται πληροφορίες για τα διαθέσιμα μέσα.

Ειδικά για τη διάσωση χρησιμοποιούνται ειδικά σήματα, τα οποία προβλέπονται από τον Κανονισμό 16 (ΠΑΖΕΘ) του Κεφαλαίου V.

Για την ασφάλεια των πλοηγών που επιβιβάζονται στα πλοία προβλέπονται ειδικές διατάξεις για τις κλίμακες πλοηγών, που αφορούν στην προστασία τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI. Μεταφορά σιτηρών

Ο όρος *σιτηρά* περιλαμβάνει το σιτάρι, τα καλαμπόκι, τη βρώμη, τη σίκαλη, το κριθάρι, το ρύζι, τα ρεβύθια και τους σπόρους.

Τα χύδην σιτηρά έχουν την ιδιότητα να μετατοπίζονται εύκολα κατά το εγκάρσιο λόγω των διατοιχισμών ή των εγκάρσιων κλίσεων του πλοίου. Η ελεύθερη επιφάνειά τους συμπεριφέρεται σχεδόν όπως η ελεύθερη επιφάνεια υγρών.

Λόγω της παραπάνω ιδιότητας λαμβάνονται προφυλάξεις κατά τη φόρτωση, για να παρεμποδίζεται η μετατόπιση των σιτηρών και να εξασφαλίζεται επαρκής εγκάρσια ευστάθεια.

Από τις λεπτομερείς διατάξεις, που διέπουν τη φόρτωση χύδην σιτηρών, αναφέρονται παρακάτω μόνο οι βασικές αρχές, που σκοπός τους είναι η παρεμπόδιση της μετατόπισης των σιτηρών και η διατήρηση επαρκούς ευστάθειας κατά τους κανονισμούς IMCO 1960 (οι οποίοι έχουν συμπληρωθεί από νεότερους ισοδύναμους).

1) Γεμάτα κύτη ή υποφράγματα πρέπει να τροφοδοτούνται με κατάλληλο τροφοδοτικό στόμιο ορισμένης και επαρκούς περιεκτικότητας.

2) Γεμάτα κύτη ή υποφράγματα πρέπει να υποδιαιρούνται με διάμηκες σιτοστεγανό διάφραγμα που τοποθετείται περί τον διαμήκη άξονα του πλοίου σε όλο το ύψος των υποφραγμάτων και στο άνω τμήμα του κύτους, σε βάθος τουλάχιστον 8 ft ή 1/3 του βάθους του κύτους, που είναι μεγαλύτερο.

3) Με ορισμένες προϋποθέσεις εγκάρσιας ευστάθειας (αρχ. μετακεντρικού ύψους) και με άλλους περιορισμούς που καθορίζονται στις διατάξεις, δεν απαιτούνται διαμήκη σιτοστεγανά διαφράγματα (χωρίσματα) στην περιοχή των τροφοδοτικών στομίων.

4) Μερικώς γεμάτα κύτη ή υποφράγματα υποδιαιρούνται γενικά με διάμηκες δι-

άφραγμα, το οποίο τοποθετείται περί το κέντρο του πλοίου και εξέχει τουλάχιστον 2 ft πάνω από την επιφάνεια των χύδην σιτηρών. Επιπλέον η επιφάνεια των σιτηρών ισοπεδώνεται και καλύπτεται από σάκους που περιέχουν σιτηρά, σε ύψος 4 ως 5 ft ή με άλλο κατάλληλο φορτίο. Όταν υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν διαφράγματα στην περιοχή του στομίου.

Τα πλοία, τα οποία μεταφέρουν σιτηρά, πρέπει να είναι εφοδιασμένα με πλήρη μελέτη (με διαγράμματα και σχέδια) φόρτωσης σιτηρών, που να έχει εγκριθεί από αρμόδια Αρχή ή εξουσιοδοτημένο σχετικά Νηογνώμονα. Η μελέτη αυτή εγκρίνεται εφόσον ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του κεφαλαίου αυτού και ειδικότερα διερευνούνται με υπολογισμούς οι συνθήκες φόρτωσης και ευστάθειας κατά τον απόπλου, κατά τη διάρκεια του πλου και κατά τον κατάπλου, για διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

Τέλος, σύμφωνα με τους νεότερους ισοδύναμους κανονισμούς του 1966, οι υποδιαιρέσεις με σιτηροστεγανά διαφράγματα και άλλες απαιτήσεις των κανονισμών 1960 καταργούνται με την προϋπόθεση ότι το πλοίο δεν παίρνει κλίση μεγαλύτερη από 12° και ανταποκρίνεται σε άλλα χαρακτηριστικά κριτήρια ευστάθειας, στην υποθετική περίπτωση που η ελεύθερη επιφάνεια των σιτηρών πάρει κλίση 15° ως προς την κάθετο προς τον κατακόρυφο άξονα συμμετρίας του πλοίου σε όλα τα κύτη και υποφράγματα όπου έχουν στοιβαχθεί τα σιτηρά.

Η μελέτη για να αποδειχθούν τα παραπάνω απαιτεί κοπιώδεις αριθμητικές πράξεις, γι' αυτό και πολλές φορές χρησιμοποιείται ηλεκτρονικός υπολογιστής. Παρόλα αυτά χρησιμοποιείται ευρύτατα τελευταία, αφού η κατάργηση των σιτοστεγανών διαφραγμάτων αποτελεί μεγάλη απλοποίηση στην εκμετάλλευση του πλοίου, επιφέροντας σημαντική οικονομία σε χρήμα αλλά και σε χρόνο.

Οι νέοι κανονισμοί 1966 δεν έχουν ακόμα αντικαταστήσει πλήρως τους προηγούμενους του 1960, επομένως κάθε πλοίο που μεταφέρει σιτηρά μπορεί προς το παρόν να είναι εφοδιασμένο με τη μία ή την άλλη μελέτη, εγκεκριμένη πάντα από τις αρμόδιες Αρχές. Σύντομα όμως αναμένεται να καταργηθούν οι κανονισμοί του 1960 και να παραμείνουν εν ισχύει μόνο οι Κανονισμοί του 1966.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII. Μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων

Με τις διατάξεις του κεφαλαίου αυτού ρυθμίζονται τα παρακάτω θέματα που αφορούν στη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων με πλοία:

1) Η κατάταξη των επικινδύνων φορτίων σε κλάσεις.

2) Ο τρόπος ασφαλούς συσκευασίας τους.

3) Η σήμανση και ή επιγραφή των συσκευασιών.

δ) Ο εφοδιασμός του πλοίου που μεταφέρει τα επικίνδυνα εμπορεύματα με σχετικά έγγραφα και πιστοποιητικά.

5) Οι απαιτήσεις στοιβασίας.

6) Οι ειδικοί περιορισμοί στη μεταφορά εκρηκτικών υλικών από επιβατηγά πλοία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII. Πυρηνοκίνητα πλοία

Λόγω των κινδύνων της ραδιενέργειας, καθώς και άλλων κινδύνων από την πυ-

ρηνική ενέργεια προβλέπονται τα παρακάτω πρόσθετα μέτρα ασφάλειας:

1) Απαιτείται η έγκριση της Αρχής για την εγκατάσταση γενικά των πυρηνικών αντιδραστήρων.

2) Η Αρχή φροντίζει, ώστε να μην υπάρχει αδικαιολόγητη ραδιενέργεια ή άλλοι κίνδυνοι από την πυρηνική ενέργεια για τους επιβάτες, το κοινό, τις αρτηρίες ναυσιπλοΐας ή τις προμήθειες τροφίμων και νερού.

3) Συντάσσεται έκθεση ασφάλειας και εγχειρίδιο λειτουργίας της πυρηνικής εγκατάστασης και εγκρίνεται από την Αρχή.

4) Εκτελούνται οι επιθεωρήσεις που προβλέπονται για τα υπόλοιπα πλοία και επιπλέον ειδικές επιθεωρήσεις, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της έκθεσης ασφάλειας.

5) Εκδίδονται ειδικά πιστοποιητικά από την Αρχή που αποκαλούνται ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΥΡΗΝΟΚΙΝΗΤΟΥ Ε/Γ (ή Φ/Γ) πλοίου, τα οποία ισχύουν μέχρι 12 μήνες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Στο τέλος της Σύμβασης επισυνάπτονται Παραρτήματα που δείχνουν τον τύπο των διαφόρων, βάσει της Σύμβασης, πιστοποιητικών που εκδίδονται.

21.2 Οι νέοι Κανονισμοί για την υποδιαίρεση και την ευστάθεια των επιβατηγών πλοίων

Το Νοέμβριο του 1973 ο Διεθνής Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMCO) υιοθέτησε νέους διεθνείς ισοδύναμους κανονισμούς για την υποδιαίρεση των επιβατηγών πλοίων και την ευστάθειά τους σε κατάσταση βλάβης ως εναλλακτική λύση στους κανονισμούς, της ΠΑΣΕΘ (SOLAS 1960, Κεφ. II Μέρος Β, βλ.παραπάνω).

Με βάση τους νέους κανονισμούς υπολογίζονται οι παρακάτω ***πιθανότητες***:

1) Να υποστεί το πλοίο βλάβη.

2) Να συμβεί η βλάβη σε ένα συγκεκριμένο διαμέρισμα και να κατακλυσθεί αυτό και σε ποια έκταση.

3) Να επιβιώσει το πλοίο μετά την κατάκλυση.

Η ***πιθανότητα (1)*** σχετίζεται με τον απαιτούμενο βαθμό ικανότητας επιβίωσης, και εξαρτάται από παράγοντες, όπως είναι οι ακόλουθοι:

1) Συνθήκες ναυσιπλοΐας στην περιοχή του πλου.

2) Πυκνότητα κυκλοφορίας των πλοίων, στην περιοχή αυτή.

3) Ικανότητα χειρισμού σύμφωνα με τις συνθήκες του πλου.

4) Κατάσταση και εμπειρία πληρώματος.

Πρακτικά, η πιθανότητα αυτή καθορίζεται κατά προσέγγιση, από τα στατιστικά στοιχεία ναυτικών ατυχημάτων. Στους νέους κανονισμούς ο απαιτούμενος βαθμός ασφάλειας εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των επιβατών και είναι αυξημένος αν οι σωστικές λέμβοι δεν επαρκούν για το σύνολο.

Η ***πιθανότητα (2)*** εξαρτάται απ' τη θέση και την έκταση της βλάβης της γάστρας και από τον αριθμό των στεγανών υποδιαιρέσεων μέσα στο πλοίο.

Η ***πιθανότητα (3)*** εξαρτάται από την πλευστότητα και την ευστάθεια σε κατάσταση βλάβης, αυτή δε είναι συνάρτηση των εξής:

1) Θέση και έκταση της κατάκλυσης.

2) Διαχωρητότητα των κατακλύσιμων χώρων.

3) Βύθισμα και ευστάθεια πριν από την κατάκλυση.

Για τη διατύπωση των νέων κανονισμών έγινε ανάλυση μεγάλου αριθμού συγκρούσεων και προσαράξεων και διερευνήθηκαν σε κάθε περίπτωση η θέση των βλαβών και η επίδρασή τους στη διάσωση-επιβίωση. Ενδεικτικά παρατηρήθηκε ότι για τα πλοία που προσάραξαν η περιοχή της βλάβης δείχνει μία αυξημένη πιθανότητα να είναι στην πλώρα και η έκταση της βλάβης μεταξύ 0,05 και 0,11 του μήκους του πλοίου.

Η παραπάνω ανάλυση οδήγησε στη διατύπωση των νέων κανονισμών στους οποίους το κύριο στοιχείο είναι η ***εξέταση*** της πλευστότητας και της ευστάθειας του πλοίου ***μετά από βλάβη*** σε όλα διαδοχικά τα στεγανά κατά μήκος του πλοίου και ο υπολογισμός ενός αριθμητικού μεγέθους, το οποίο εκφράζει την πιθανότητα επιβίωσης.

Στο υπό σχεδίαση πλοίο το παραπάνω κριτήριο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από αυτό που απαιτεί ο κανονισμός και το οποίο έχει προκύψει από την ανάλυση των δεδομένων των πλοίων που έχουν συγκρουσθεί, καθώς και από την εμπειρία των επιβατηγών πλοίων που υπάρχουν. Ο υπολογισμός της ευστάθειας σε κατάσταση βλάβης για ένα υπό σχεδίαση πλοίο, γίνεται με τη θεώρηση της κατάκλυσης όλων διαδοχικά των διαμερισμάτων και για πολλά βυθίσματα και συνθήκες φόρτωσης.

Αποτέλεσμα της παραπάνω έρευνας είναι και πάλι η υποδιαίρεση του πλοίου σε στεγανά διαμερίσματα, όπως γίνεται και σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, πλην όμως η εξέταση ασφάλειας γίνεται με πιο επιστημονικό και ουσιαστικό τρόπο, χωρίς να αυξηθεί ουσιαστικά το κόστος κατασκευής, ενώ, όπως ελπίζεται, θα κάνει τα νέα επιβατηγά πιο ασφαλή.

22

Γραμμές φόρωσης και Δ.Σ.Γ.Φ.

22.1 Γενικά

Το ύψος εξάλων των πλοίων είναι, μεταξύ άλλων, ένα μέτρο του επιπέδου ασφάλειας διότι καθορίζει την εφεδρική πλευστότητα.

Η μείωση του επιπέδου ασφάλειας που διαπιστώθηκε από ατυχήματα στις περιπτώσεις τήρησης μικρού ύψους εξάλων από υπερφόρτωση, υποχρέωσε τη Ναυτιλία και τις κυβερνητικές αρχές να καθορίσουν για τα πλοία το ελάχιστο ύψος εξάλων (Υ.Ε.) και επομένως το μέγιστο βύθισμα.

Παλιότερα το Υ.Ε. καθοριζόταν από την εμπειρία και τη σύνεση του Πλοιάρχου, ενώ για λόγους κερδοσκοπικής εκμετάλλευσης του πλοίου επιβαλλόταν από τον πλοιοκτήτη ή όσο το δυνατό μεγαλύτερη φόρτωσή του.

Μετά από σειρά ναυτικών ατυχημάτων, τα οποία αποδόθηκαν σε υπερφορτώσεις των πλοίων, έγινε υποχρεωτική η χάραξη των γραμμών φόρτωσης, οι οποίες κατά περίπτωση δείχνουν το ελάχιστο Υ.Ε. που επιτρέπεται και το μέγιστο βύθισμα που αντιστοιχεί.

Γύρω στις αρχές του 19ου αιώνα οι ασφαλιστές στην Αγγλία καθιέρωσαν την τήρηση Υ.Ε., 2 ως 3 δακτύλων για κάθε ft βάθους κύτους.

Το 1835 ο Νηογνώμονας Lloyd's Register of Shipping πρότεινε Υ.Ε. 3 δακτύλους ανά ft βάθους κύτους.

Το 1890 έγινε στην Αγγλία με νόμο υποχρεωτική η χάραξη των γραμμών φόρτωσης και ο κύκλος γραμμής φόρτωσης ονομάζεται ακόμα σήμερα ***κύκλος του Plimsoll***, λόγω της δραστηριότητας που έδειξε ο Άγγλος βουλευτής Plimsoll για το θέμα αυτό, κατά την έκδοση του σχετικού νόμου.

Στη συνέχεια και άλλες ναυτικές χώρες εφάρμοσαν την υποχρεωτική χάραξη γραμμών φόρτωσης γύρω στις αρχές του 20ου αιώνα.

Το 1930 συνήλθε διεθνής σύσκεψη και υπογράφηκε η Δ.Σ.Γ.Φ. (Διεθνής Σύμβαση Γραμμών Φόρτωσης), η οποία ίσχυσε από το 1933.

Το 1966 υπό την αιγίδα του Διακυβερνητικού Ναυτιλιακού Συμβουλευτικού Οργανισμού (Intergovernmental Maritime Consultative Organization – IMCO) υπογράφηκε η ήδη εν ισχύει Δ.Σ.Γ.Φ. 1966.

22.2 Εφαρμογή

Η Δ.Σ.Γ.Φ. 1966, που στη συνέχεια αναφέρεται απλά ως σύμβαση, εφαρμόζεται σε πλοία που εκτελούν διεθνείς πλόες, δηλαδή για πλόες από χώρες στις οποίες αυτή εφαρμόζεται, σε λιμάνια εκτός της χώρας αντιστρόφως.

Από τις χώρες που έχουν προσυπογράψει τη σύμβαση εφαρμόζονται γενικά οι κανονισμοί της σύμβασης και για πλόες μέσα στα χωρικά ύδατα.

Η Σύμβαση δεν εφαρμόζεται σε: Πολεμικά πλοία, πλοία μήκους μικρότερου από 24 m, θαλαμηγούς αναψυχής, αλιευτικά και σε πλοία χωρητικότητας μικρότερης από 150 κόρους.

Για κάθε πλοίο εκδίδεται μετά από επιθεώρηση Διεθνές πιστοποιητικό γραμμών φόρτωσης που ισχύει μέχρι πέντε (5) χρόνια, στο οποίο φαίνεται το κατά περίπτωση Υ. Ε. που αντιστοιχεί προς το Υ. Ε. που χαράχθηκε στο πλοίο.

Κάθε χρόνο γίνεται επιθεώρηση κατά την οποία:

1) Εξακριβώνεται ότι δεν έγιναν μετασκευές που επηρεάζουν το ύψος εξάλων.

2) Επιθεωρούνται τα κιγκλιδώματα, οι θυρίδες εκροής, τα μέσα προσπέλασης χώρων διαμονής, η προστασία γενικά των ανοιγμάτων του σκάφους και κυρίως η στεγανότητα των μέσων κλεισίματος των ανοιγμάτων του κύριου (εκτεθείμενου) καταστρώματος και ελέγχεται η διατήρηση της ακριβούς θέσης της γραμμής Plimsoll.

22.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τον καθορισμό του Υ.Ε.

22.3.1 Γεωμετρία πλοίου

Δεν υπάρχουν ακριβείς επιστημονικές αρχές για τον καθορισμό του ορθού Υ.Ε. σε κάθε πλοίο. Αυτό καθορίζεται με βάση την εμπειρία της τελευταίας εκατονταετίας. Οι πρώτοι κανονισμοί αφορούσαν στον προσδιορισμό Υ.Ε. πλοίων μήκους μέχρι 350 ft και βασίστηκαν στην εμπειρία πλοίων μήκους μέχρι 300 ft.

Στους σχετικούς πίνακες προσδιορισμού του βασικού Υ.Ε. με βάση το μήκος του πλοίου γίνονταν κατά καιρούς τροποποιήσεις και επεκτάσεις, ώστε να καλύπτεται το αυξανόμενο μήκος των πλοίων. Ήδη οι πίνακες της σε ισχύ σύμβασης προβλέπουν βασικό Υ.Ε. για πλοία μήκους 1200 ft ή 365 m.

Οι πίνακες βασικού Υ.Ε. δίνουν το ύψος εξάλων ενός προτύπου πλοίου σε συνάρτηση με το μήκος του.

Το πρότυπο πλοίο της σύμβασης έχει:

1) Κανονικό (standard) συντελεστή εκτοπίσματος. Η τιμή του καθορίστηκε σε 0,68 για βύθισμα στα 0,85 D, όπου **D** = κοίλο.

2) Κανονικό (standard) λόγο μήκους προς κοίλο (ο λόγος αυτός είναι L/D = 15).

3) Κανονική (standard) σιμότητα, όπως καθορίζεται από τους κανονισμούς.

Το πρότυπο πλοίο εξασφαλίζει, στο καθοριζόμενο από τους πίνακες βασικό Υ.Ε., την επιθυμητή εφεδρική πλευστότητα.

Για τα πλοία, που έχουν διαφορετικά στοιχεία από τα παραπάνω προβλέπονται στους κανονισμούς τύποι διόρθωσης, με τους οποίους αυξομειώνεται το βασικό Υ.Ε., για να διατηρείται η επιθυμητή εφεδρική πλευστότητα.

Με βάση τα παραπάνω για τον καθορισμό του Υ.Ε. ενός πλοίου ακολουθείται η εξής διαδικασία, που βασίζεται μόνο στο σχήμα και στη γεωμετρία του πλοίου:

1) Με βάση το μήκος του πλοίου λαμβάνεται από τους πίνακες των κανονισμών της σύμβασης το βασικό Υ.Ε. του πρότυπου πλοίου.

2) Αυτό το βασικό Υ.Ε. διορθώνεται για τις αποκλίσεις του πλοίου απ' το πρότυπο.

Οι διορθώσεις μνημονεύονται παρακάτω ποιοτικά:

1) ***Συντελεστής εκτοπίσματος.*** Για συντελεστή εκτοπίσματος μεγαλύτερο από 0,68 το βασικό Υ.Ε. αυξάνεται.

2) ***Λόγος L/D.*** Όταν ο λόγος αυτός είναι μικρότερος από 15 το βασικό Υ.Ε. αυξάνεται, δηλαδή για κοίλο D μεγαλύτερο απ' αυτό που αντιστοιχεί στο μήκος του πλοίου, το Υ.Ε. αυξάνεται.

3) ***Σιμότητα.*** Μεγαλύτερη σιμότητα από την κανονική αυξάνει την εφεδρική πλευστότητα και επομένως επιφέρει μείωση του βασικού Υ.Ε., ενώ το αντίστροφο συμβαίνει για σιμότητα μικρότερη από την κανονική.

4) ***Στεγανές υπερκατασκευές.*** Αυξάνουν την εφεδρική πλευστότητα και επομένως ελαττώνουν το βασικό Υ.Ε. Οι κανονισμοί προβλέπουν τον τρόπο υπολογισμού της μείωσης του Υ.Ε., ενώ για πλοία μήκους 24 ως 100 m, τα οποία δεν έχουν υπερκατασκευές σε μήκος 0,35 του ολικού, προβλέπεται αύξηση του Υ.Ε.

Το Υ.Ε. που προκύπτει τελικά θεωρείται ότι δίνει την απαιτούμενη εφεδρική πλευστότητα και ασφαλές ύψος καταστρώματος εργασίας από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η σιμότητα και το κύρτωμα του ζυγού αυξάνουν την εφεδρική πλευστότητα, αλλά επιπλέον υποβοηθούν, ώστε να φεύγουν γρήγορα τα νερά και να στεγνώνουν τα καταστρώματα. Εντούτοις, ενώ στη Δ.Σ.Γ.Φ. 1930 προβλεπόταν διόρθωση του Υ.Ε. και για το κύρτωμα, στην νεότερη σύμβαση το κύρτωμα του ζυγού δεν λαμβάνεται υπόψη.

Τέλος σημειώνεται ότι ειδικοί κανονισμοί καθορίζουν το Υ.Ε. των Δ/Ξ και πλοίων που μεταφέρουν ξυλεία.

22.3.2 Αντοχή σκάφους

Οι κανονισμοί απαιτούν το σκάφος να έχει ικανοποιητική κατασκευαστική αντοχή για το βύθισμα που αντιστοιχεί στο καθοριζόμενο Υ.Ε.

Πλοία που κατασκευάζονται και διατηρούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις ενός αναγνωρισμένου Νηογνώμονα, θεωρούνται ότι έχουν επαρκή αντοχή.

Η αντοχή του σκάφους εξαρτάται αμέσως απ' το βύθισμα, οι δε Νηογνώμονες, όταν εγκρίνουν κατασκευαστικά σχέδια και εποπτεύουν την κατασκευή πλοίων, καθορίζουν και μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα του πλοίου από πλευράς αντοχής το οποίο αναγράφεται συνήθως στο σχέδιο της μέσης τομής του.

Αν για οποιοδήποτε λόγο ένα πλοίο σχεδιασθεί να λειτουργεί, λόγω μικρότερης αντοχής και χρήσης ανθεκτικών μελών (νομείς, ελάσματα ζυγά κ.λπ.), μικρότερων διαστάσεων, σε βύθισμα μικρότερο από κείνο που προκύπτει από την εφαρμογή του Δ.Σ.Γ.Φ., τότε αναγκαστικά το Υ.Ε. που καθορίζεται τελικά θα είναι μεγαλύτερο από αυτό που προκύπτει από τους κανονισμούς και ίσο με αυτό που αντιστοιχεί στο βύθισμα κατασκευαστικής αντοχής του πλοίου.

22.3.3 Συνθήκες προσδιορισμού Υ.Ε.

Είναι ζωτικής σημασίας το να υπάρχουν αποτελεσματικά μέσα προστασίας και στεγανότητας των ανοιγμάτων του σκάφους και των υπερκατασκευών, προστασίας του πληρώματος και γρήγορης απαγωγής των νερών από τα ακάλυπτα καταστρώματα. Οι κανονισμοί της σύμβασης που καλύπτουν το θέμα αυτό έχουν ενσωματωθεί στο Κεφάλαιο ΙΙ με την επωνυμία *«Συνθήκες Προσδιορισμού Ύψους Εξάλων»*.

Οι συνθήκες αυτές δεν πρέπει να εφαρμόζονται μία και μόνη φορά κατά τον αρχικό καθορισμό του Υ.Ε., αλλά να υπάρχει συνεχής επαγρύπνηση για τη διατήρησή τους σε ικανοποιητική κατάσταση.

Οι σχετικοί κανονισμοί προβλέπουν λεπτομέρειες κατασκευής και στεγανότητας για τα παρακάτω:

1) Στόμια κυτών και καλύμματα αυτών.

2) Πόρτες και ανοίγματα προς τους χώρους μηχανών, υπερκατασκευές και ακάλυπτα καταστρώματα.

3) Αεραγωγούς σε ελεύθερα καταστρώματα.

4) Εξαεριστηκά σε ελεύθερα καταστρώματα.

5) Φορτοθυρίδες περιβλήματος και παραφωτίδες.

6) Ευδιαίους (μπούνια), εισαγωγές και εξαγωγές θάλασσας.

7) Θυρίδες εκροής.

8) Μέσα προστασίας πληρώματος, όπως η αντοχή των υπερκατασκευών, τα κιγκλιδώματα και δρύφακτα, οι προσπελάσεις και τα συρματόσχοινα ασφάλειας.

Οι σχετικοί κανονισμοί προβλέπουν επίσης τον εφοδιασμό του πλοίου με στοιχεία ευστάθειας και άλλα στοιχεία, τα οποία δίνουν στον Πλοίαρχο την δυνατότητα να ρυθμίζει τη φόρτωση και τον ερματισμό του πλοίου κατά τρόπο, ώστε να μην δημιουργούνται απαράδεκτα μεγάλες τάσεις στο σκάφος.

22.3.4 Επιβατηγά πλοία

Πλοίο που μεταφέρει πάνω από 12 επιβάτες, όπως είναι γνωστό, θεωρείται ως επιβατηγό, γι' αυτό το ύψος εξάλων του εξαρτάται και από τους υπολογισμούς και τους συναφείς κανονισμούς υποδιαίρεσης και ευστάθειας, όπως αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 18 περί ΠΑΖΕΘ. Σε κάθε περίπτωση τα επιβατηγά πλοία οφείλουν να συμμορφώνονται και προς τις δύο συμβάσεις και επομένως υπερισχύει το μεγαλύτερο Υ.Ε. Συνήθως το Υ. Ε. που καθορίζεται βάσει των υπολογισμών υποδιαίρεσης είναι επαρκές και από πλευράς Δ.Σ.Γ.Φ.

22.3.5 Δεξαμενόπλοια

Για τον υπολογισμό του Υ.Ε., τα πλοία χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1) Τα Δ/Ξ, τα οποία κατασκευάσθηκαν για τη μεταφορά υγρών φορτίων (τύπος Α΄) και

2) τα άλλα φορτηγά (τύπος Β΄).

Σε ιδιαίτερους πίνακες καθορίζεται το βασικό Υ.Ε. για καθένα άπατους δύο τύπους, ανάλογα με το μήκος του πλοίου.

Το βασικό Υ.Ε. των Δ/Ξ είναι μικρότερο από το Υ.Ε. που αντιστοιχεί σε κοινό φορτηγό πλοίο του ίδιου μήκους Υ.Ε. γιατί:

1) Εξασφαλίζεται καλύτερα η στεγανότητα του ανοικτού καταστρώματος· τα ανοίγματα που προβλέπονται σε αυτό είναι μικρών διαστάσεων στεγανοί κάθοδοι.

2) Παρέχεται ψηλός βαθμός ασφάλειας όσον αφορά στην κατάκλυση, λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού στεγανών διαμερισμάτων και της μικρής διαχωρητικότητάς του, λαμβάνοντας υπόψη ότι η κατάκλυση με νερό ενός χώρου που είναι ήδη γεμάτος π.χ. με πετρέλαιο, λίγο αλλάζει τις συνθήκες πλευστότητας του πλοίου.

Σημείωση: Διαχωρητότητα ενός χώρου είναι το ποσοστό επί τοις εκατό του χώρου αυτού, που μπορεί να γεμίσει με νερό.

22.3.6 Πλοία που μεταφέρουν ξυλεία

Ξυλεία που στοιβάζεται σε ανοικτά καταστρώματα θεωρείται ότι προσφέρει πρόσθετη εφεδρική άντωση και προστασία από δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Γι' αυτό με ορισμένες προϋποθέσεις παρέχεται η δυνατότητα μείωσης του εξ υπολογισμού Υ.Ε. για τα πλοία που μεταφέρουν ξυλεία σε εκτεθειμένα καταστρώματα.

22.3.7 Κύκλος και γραμμές φόρτωσης

Μετά την εφαρμογή όλων των διορθώσεων στό βασικό Υ.Ε. των πινάκων προκύπτει το ελάχιστο Υ.Ε. θέρους σε θαλάσσιο νερό.

Από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί κρίθηκε ότι η ασφάλεια των πλοίων επηρεάζεται από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, οι οποίες εξαρτώνται από τη γεωγραφική περιοχή και την εποχή του έτους. Γι' αυτό έχουν καθορισθεί από τη σύμβαση οι ακόλουθες γραμμές φόρτωσης (σχ. 22.1).

1) *Γραμμή θέρους (S).* Αυτή που προκύπτει από τους υπολογισμούς.

2) *Τροπική γραμμή (T).* Πάνω από τη γραμμή θέρους και σε απόσταση 1/48 από το θερινό βύθισμα.

3) *Γραμμή χειμώνα (W).* Κάτω από τη γραμμή θέρους και σε απόσταση 1/48 του θερινού βυθίσματος.

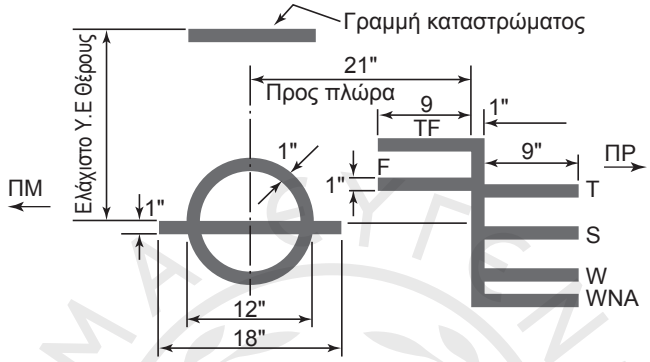
4) *Γραμμή χειμώνα Βόρειου Ατλαντικού (WNA).* Για πλοία μέχρι μήκους 100 m σε απόσταση 50 mm κάτω από τη γραμμή χειμώνα. Για τα υπόλοιπα πλοία η γραμμή χειμώνα.

5) *Γραμμή γλυκού νερού (F).* Καθορίζεται για περιοχές γλυκού νερού με μείωση του αντίστοιχου Υ.Ε. του θαλάσσιου νερού κατά Δ/40Τ, όπου Δ είναι το εκτόπισμα θέρους σε τόνους και Τ οι τόνοι ανά cm βυθίσματος.

Το Υ.Ε. δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 50 mm.

Οι διαστάσεις του κύκλου και των γραμμών φόρτωσης που φαίνονται στο σχήμα

22.1 είναι αυτές που προβλέπονται από τους κανονισμούς. Αντίστοιχο σχήμα χαράζεται και χρωματίζεται εμφανώς και στις δύο πλευρές του πλοίου. Οι κανονισμοί επιβάλλουν να φροντίζει ο Πλοίαρχος, ώστε να μην βυθίζεται στο νερό η αντίστοιχη για την περιοχή και την εποχή γραμμή φόρτωσης, οι δε λιμενικές αρχές μπορούν να επιβάλλουν στον Πλοίαρχο χρηματικές ποινές σε περίπτωση βύθισης της γραμμής φόρτωσης.



Σχ. 22.1
Γραμμή φόρτωσης

23

Καταμέτρηση πλοίων

23.1 Γενικά

Παλιότερα, αλλα ακόμα και σήμερα, η μεταφορική ικανότητα και το μέγεθος των πλοίων εκφράζονταν με διάφορους τρόπους. Στην Ευρώπη γύρω στο 13ο αιώνα τα λιμενικά τέλη σε ορισμένα λιμάνια χρεώνονταν με βάση τη χωρητικότητα του πλοίου σε βαρέλια κρασιού. Το βαρέλι κρασιού ονομαζόταν τότε Tun, από το οποίο προέκυψε η ειδική χρήση της λέξης Ton (τόνος) στην καταμέτρηση.

Στην Αγγλία ο πρώτος νόμος για την καταμέτρηση ψηφίσθηκε το 1654, και αργότερα, το 1854 ψηφίσθηκε, υστέρα από σύσταση ειδικής επιτροπής επί του θέματος, νέος νόμος καταμέτρησης. Γραμματέας της Επιτροπής αυτής ο George Moorson, από το όνομα του οποίου προήλθε και το ***σύστημα καταμέτρησης Moorson***, το οποίο αποτελεί τη βάση όλων των εν ισχύει συστημάτων καταμέτρησης πλοίων.

Η βασική ιδέα του συστήματος είναι ότι τα τέλη, τα οποία χρεώνονται στα πλοία για υπηρεσίες που προσφέρονται σε αυτά, πρέπει να είναι ανάλογα με τη δυνατότητα οικονομικής εκμετάλλευσής τους, η οποία υπολογίσθηκε ανάλογη με την εσωτερική χωρητικότητα των χώρων του πλοίου, που είναι διαθέσιμοι για μεταφορές φορτίου ή επιβατών.

Οι νόμοι των ναυτιλιακών χωρών που ισχύουν προβλέπουν ότι πριν από τη νηολόγηση ενός πλοίου αυτό πρέπει να καταμετρηθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς καταμέτρησης της χώρας.

Σκοπός της καταμέτρησης είναι ο καθορισμός, της εσωτερικής χωρητικότητας των χώρων του πλοίου που καταμετρούνται. Οι κανονισμοί καθορίζουν τους χώρους που πρέπει να καταμετρηθούν, τα όριά τους, τον τρόπο καταμέτρησης, τις μονάδες και άλλες λεπτομέρειες.

Από την καταμέτρηση προκύπτουν δύο χωρητικότητες:

1) Η ***ολική χωρητικότητα*** (Gross Register Tonnage), η οποία είναι άθροισμα του όγκου όλων των καταμετρούμενων χώρων του πλοίου.

2) Η ***καθαρή χωρητικότητα*** (Net Register Tonnage), η οποία προκύπτει με αφαίρεση από την ολική χωρητικότητα μερικών χώρων, όπως είναι οι χώροι διαμονής του πληρώματος, οι χώροι των μηχανών κ.λπ., για τους οποίους γίνεται λόγος λεπτομερώς στη συνέχεια.

Με βάση τη χωρητικότητα και ιδίως την καθαρή υπολογίζονται τα τέλη, τα δικαιώματα και οι εισφορές, όπως είναι τα λιμενικά, φαρικά, δεξαμενισμού, διόδια διωρύγων, φορολογία. Επιπλέον, με βάση τη χωρητικότητα ρυθμίζεται η σύνθεση του πληρώματος, η κλίμακα μισθολογίου κ.λπ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η οικονομική εκμετάλλευση γενικά του πλοίου επηρεάζεται σοβαρά από τη χωρητικότητα.

Σύμφωνα με την καταμέτρηση που έγινε με βάση τους κανονισμούς που ισχύουν εκδίδεται για κάθε πλοίο Πρωτόκολλο Καταμέτρησης, που περιέχει βασικά στοιχεία του πλοίου και κυρίως την ολική και καθαρή χωρητικότητά του.

23.2 Μονάδες και σχέσεις χωρητικότητας

Ως μονάδα χωρητικότητας χρησιμοποιείται ο κόρος (register ton).

Ένας (1) κόρος = 100 ft^3 = 2,83 m^3.

Η μονάδα αυτή είναι προφανώς μονάδα όγκου. Από την αγγλική ορολογία Register Ton και Ton (τόνος βάρος ή εκτοπίσματος) γίνεται μερικές φορές σύγχυση στον καθορισμό του μεγέθους των πλοίων. Έτσι στην ασαφή ερώτηση: ***«Πόσων τόνων είναι το πλοίο;»*** δίνεται μερικές φορές ή ασαφής απάντηση: ***«Το πλοίο είναι 1000 π.χ. τόνων»*** και παραμένει η απορία αν το πλοίο:

1) Είναι 1000 τόνων νεκρού βάρους (Dead Weight).

2) Είναι 1000 τόνων εκτοπίσματος πλήρους φόρτου.

3) Είναι 1000 κόρων ολικής ή καθαρής χωρητικότητας.

Δεν υπάρχει αριθμητική σχέση μεταξύ του εκτοπίσματος ή Dead Weight και της χωρητικότητας, από τα οποία το πρώτο εκφράζεται με μονάδες βάρους (τόνος) και η τελευταία εκφράζεται με μονάδες όγκου (κόρος).

Υπάρχουν εντούτοις στοιχεία σχέσεων των παραπάνω μεγεθών για όμοιους τύπους πλοίων, που χρησιμοποιούνται κατά τα προκαταρκτικά στάδια σχεδίασης ή για πρώτη προσέγγιση.

Οι σχέσεις και τα στοιχεία που ακολουθούν μπορούν να χρησιμοποιούνται για την κατά προσέγγιση εύρεση της χωρητικότητας:

1) Ολική χωρητικότητα = $\frac{C_{GT} \times L \times B \times D \times C_B}{100}$

2) Καθαρή χωρητικότητα = C_{NT} × ολική χωρητικότητα.

όπου: **L** το μήκος μεταξύ κατακόρυφων σε ft,

B το ολικό πλάτος σε ft,

D το κοίλο σε ft,

C_B ο συντελεστής γάστρας,

C_{GT} συντελεστής από όμοια πλοία και

C_{NT} συντελεστής από όμοια πλοία.

Δίνονται οι ακόλουθες τιμές των συντελεστών C_{GT} και C_{NT} για διάφορους τύπους πλοίων.

	C_{GT}	C_{NT}
Φορτηγά πλοία	0,95 – 1,35	0,50 – 0,70
Επιβατηγά πλοία	1,15 – 1,90	0,40 – 0,60
Δεξαμενόπλοια	0,85 – 1,25	0,45 – 0,75
Πλοία χύδην φορτίου (Bulk Carriers)	0,60 – 1,15	0,50 – 0,75

23.3 Ολική χωρητικότητα

23.3.1 Υπολογισμός ολικής χωρητικότητας

Ολική χωρητικότητα είναι ο εκφρασμένος σε κόρους όγκος των χώρων του πλοίου κάτω από το ανώτερο κατάστρωμα και των μονίμως κλειστών στεγασμένων χώρων (υπερκατασκευών) που βρίσκονται επάνω από το κατάστρωμα αυτό, με εξαίρεση μερικούς χώρους που μνημονεύονται στη συνέχεια.

Οι χώροι που καταμετρούνται είναι αναλυτικότερα οι εξής:

1) Ο χώρος κάτω από το κατάστρωμα καταμέτρησης. Κατάστρωμα καταμέτρησης είναι το ανώτατο πλήρες στεγανό κατάστρωμα, προκειμένου για πλοίο που έχει μέχρι δύο καταστρώματα. Προκειμένου για πλοίο με τρία ή περισσότερα καταστρώματα, ως κατάστρωμα καταμέτρησης λαμβάνεται το δεύτερο από τα κάτω.

2) Ο χώρος υποφραγμάτων (κουραδόρων) μεταξύ καταστρώματος καταμέτρησης και ανώτερου καταστρώματος.

3) Ο χώρος των κλειστών και στεγασμένων υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων, πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα.

4) Ο καθ' υπέρβαση χώρος στομίων κύτους, δηλαδή ο όγκος του χώρου των στομίων που εξέχει από το ανώτερο κατάστρωμα, αφού αφαιρεθεί από αυτόν το 0,5% της ολικής χωρητικότητας.

Ο χώρος κάτω από το κατάστρωμα καταμέτρησης αποτελεί συνήθως και ιδίως σε φορτηγά πλοία το μεγαλύτερο ποσοστό της χωρητικότητας του πλοίου. Ο τρόπος μέτρησης του προβλέπεται λεπτομερώς στους κανονισμούς και βασίζεται στους κανόνες του Simson, δηλαδή το πλοίο διαιρείται ανάλογα με το μήκος σε αριθμό ίσων μερών. Σε κάθε τομή μετριέται το βάθος (ή ύψος), το οποίο υποδιαιρείται σε 4 ή 6 ίσα μέρη και προκύπτουν αντίστοιχα 5 ή 7 πλάτη. Στη συνέχεια, υπολογίζεται το εμβαδόν κάθε τομής και με βάση το εμβαδό, ο όγκος και η χωρητικότητα του χώρου κάτω από το κατάστρωμα καταμέτρησης. Γενικά τα όρια των υψών, πλατών κ.λπ., είναι τα όρια του εσωτερικού χώρου, δηλαδή τα πλάτη μετριούνται από τις μέσα επιφάνειες των νομέων, το δε ύψος επάνω από τον εσωτερικό πυθμένα.

Με όμοιο τρόπο, εφαρμόζοντας τους κανόνες του Simson βρίσκεται ο όγκος των υποφραγμάτων. Ο όγκος των υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων βρίσκεται συνήθως με απλό πολλαπλασιασμό των τριών μέσων διαστάσεων, δηλαδή του μέσου μήκους, του μέσου ύψους και του μέσου πλάτους. Αν το σχήμα της υπόψη υπερκατασκευής δεν είναι κατά προσέγγιση ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο γίνεται χρήση των κανόνων του Simson.

23.3.2 Εξαιρούμενοι χώροι

Οι ακόλουθοι χώροι του πλοίου, αν και μόνιμα κλειστοί και στεγασμένοι, εξαιρούνται από την ολική χωρητικότητα του πλοίου, δηλαδή δεν περιλαμβάνονται σε αυτήν:

1) Κάτω από το κατάστρωμα καταμέτρησης, κατόπιν αίτησης του πλοιοκτήτη, η πρωραία και πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμισης, με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ερματισμό. Επίσης εξαιρούνται οι γωνιακές δεξαμενές έρματος των Επιβατηγών - Οχηματαγωγών.

2) Οι εξής χώροι επάνω ή κάτω από το ανώτερο κατάστρωμα:

α) Οι χώροι βοηθητικών μηχανημάτων, όπως είναι ο εργάτης αγκυρών, ο μηχανισμός πηδαλίου, τα ψυκτικά μηχανήματα, οι ηλεκτρογεννήτριες, τα μηχανήματα κλιματισμού, τα βοηθητικά καζάνια, τα αντλιοστάσια, τα πλυντήρια κ.λπ.

β) Το οιακιστήριο (ή χώρος πηδαλιουχίας).

γ) Το μαγειρείο και το αρτοποιείο.

δ) Τα αποχωρητήρια αξιωματικών, πληρώματος και επιβατών. Από τα αποχωρητήρια επιβατών εξαιρούνται μόνον ανά ένα για 50 επιβάτες και όχι αυτά που αποτελούν τμήμα ιδιαίτερης καμπίνας.

ε) Χώροι που προορίζονται για προφύλαξη από τις καιρικές συνθήκες επιβατών καταστρώματος, για μικρά πλοία και ταξίδια μικρών αποστάσεων.

στ) Φωταγωγοί και αεραγωγοί μηχανοστασίων και άλλων χώρων. Ειδικά οι φωταγωγοί και αεραγωγοί χώρων μηχανών μπορούν να καταμετρούνται για αύξηση του ολικού χώρου μηχανών όπως επεξηγείται παρακάτω.

ζ) Κατόπιν αίτησης του πλοιοκτήτη οι χώροι επιβατών σε επιβατηγά υπερωκέανεια πλοία που βρίσκονται πάνω από το πρώτο κατάστρωμα που βρίσκεται πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα.

23.3.3 Ανοικτοί χώροι

Χώροι υπεράνω ή επάνω στο ανώτερο κατάστρωμα, οι οποίοι είναι τελείως ανοικτοί τουλάχιστον προς μία κατεύθυνση, δηλαδή εκείνοι που δεν φέρουν εγκάρσια (προς πρώρα ή πρύμνα) ή πλευρική φρακτή χαρακτηρίζονται ως ανοικτοί και δεν περιλαμβάνονται στην ολική χωρητικότητα.

Επιπλέον αυτών που αναπτύχθηκαν μέχρι τώρα, υπερκατασκευές ή ακόμα ολόκληρο υπόφραγμα (κουραδόρος) σε όλο το μήκος του πλοίου, μπορούν με ορισμένες προϋποθέσεις να χαρακτηρισθούν ως ανοικτοί χώροι, δηλαδή να μην περιληφθούν στη χωρητικότητα, αν και στην ουσία είναι κλειστοί και στεγασμένοι. Βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ορισμένων ανοιγμάτων, τα οποία δεν φέρουν μόνιμα μέσα κλεισίματος, αλλά κλείνουν μόνο προσωρινά με φορητές σανίδες ή έλασμα.

Έτσι, υπερκατασκευές όπως το πρόστεγο, το μεσόστεγο ή το επίστεγο μπορούν να χαρακτηρίζονται ως ανοικτοί χώροι, εφόσον στη μία τουλάχιστον εκτεθειμένη στις καιρικές συνθήκες φρακτή υπάρχουν δύο ανοίγματα το καθένα πλάτους 3 ft και ύψους 4 ft τουλάχιστον, με κατώφλι ύψους όχι μεγαλύτερου των 2 ft. Αντί των δύο ανοιγμάτων μπορεί να υπάρχει ένα άνοιγμα διαστάσεων τουλάχιστον 4 ft πλάτους και ύψους 5 ft.

Τα ανοίγματα αυτά δεν πρέπει να κλείνουν με μόνιμα μέσα κλεισίματος, όπως είναι οι στεγανές πόρτες, αλλά επιτρέπεται να κλείνονται με φορητές σανίδες ή ελάσματα που προσαρμόζονται μέσα σε οδηγούς σχήματος Π ή συγκρατούνται με άγκιστρα.

Πολύ σημαντικός από πλευράς σχεδίασης και διαμόρφωσης του πλοίων είναι ο χαρακτηρισμός, με ορισμένες προϋποθέσεις, ως ανοικτού χώρου ολόκληρου υποφράγματος (κουραδόρου). Ο χώρος αυτός που χαρακτηρίζεται ως χώρος υποφράγματος κάτω από ανοικτό προστατευτικό κατάστρωμα (open shelter deck), έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά και ανταποκρίνεται στις ακόλουθες προϋποθέσεις:

1) Βρίσκεται πάνω από το κύριο κατάστρωμα του πλοίου, καλύπτεται από πλήρες προστατευτικό κατάστρωμα και φέρει τα συνηθισμένα ανοίγματα, όπως είναι τα στόμια κυτών, οι αναφωτίδες μηχανοστασίου κ.λπ.

2) Φέρει, συνήθως στο πρυμναίο κατάστρωμα, στόμιο που αποκαλείται στόμιο καταμέτρησης, μήκους τουλάχιστο 4 ft, πλάτους τουλάχιστον ίσο προς το πλάτος του γειτονικού κανονικού στομίου κύτους και ύψος τοιχωμάτων στομίων όχι μεγαλύτερο από ένα ft. Το στόμιο καταμέτρησης επιτρέπεται να καλύπτεται μόνο με απλές φορητές ξύλινες σανίδες που στερεώνονται με καννάβινα σχοινιά.

3) Κάτω από το στόμιο καταμέτρησης σχηματίζεται μεταξύ δύο εγκάρσιων φρακτών του υποφράγματος το καλούμενο ***φρεάτιο καταμέτρησης***. Ο χώρος αυτός φέρει σε κάθε πλευρά θυρίδα εκροής και ευδιαίο (μπούνι). Σε κάθε μία από τις δύο εγκάρσιες φρακτές κατασκευάζονται ανά δύο ανοίγματα όπως αυτά που περιγράφονται στην παράγραφο 23.3.3 για υπερκατασκευές, που κλείνουν με προσωρινά μέσα.

Εφόσον ο χώρος του υποφράγματος ανταποκρίνεται σε όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις, δεν περιλαμβάνεται στη χωρητικότητα, επειδή θεωρείται ως ανοικτός.

23.4 Καθαρή χωρητικότητα

23.4.1 Γενικά

Καθαρή χωρητικότητα είναι η χωρητικότητα, η οποία προκύπτει μετά την αφαίρεση από την ολική ορισμένων χώρων, οι οποίοι θεωρείται ότι δεν είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμοι και είναι γενικά απαραίτητοι γι' αυτήν την ίδια τη λειτουργία του πλοίου και τη διαμονή του πληρώματός του. Οι χώροι αυτοί ονομάζονται ***εκπιπτόμενοι χώροι*** και για να αφαιρεθούν πρέπει να έχουν αρχικά περιληφθεί στην καταμέτρηση της ολικής χωρητικότητας.

23.4.2 Εκπιπτόμενοι χώροι εκτός από τους χώρους πρόωσης

Οι εκπιπτόμενοι χώροι καταμετρούνται με τις συνηθισμένες μεθόδους και καθένας από αυτούς πρέπει να έχει διαστάσεις ανάλογες προς τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται.

Οι εκπιπτόμενοι χώροι είναι οι εξής:

1) Οι χώροι διαμονής Πλοιάρχου, αξιωματικών και πληρωμάτων, όπως είναι οι καμπίνες, τα εστιατόρια, τα καπνιστήρια, τα διανομεία, τα μαγειρεία, οι χώροι υγιεινής, τα γραφεία, οι διάδρομοι που έχουν σχέση με τους χώρους διαμονής κ.λπ.

2) Οι αποθήκες και οι ψυκτικοί θάλαμοι εξυπηρέτησης του πληρώματος.

3) Το διαμέρισμα ασυρμάτου ή ραδιοτηλεφώνου.

4) Το δωμάτιο χαρτών.

5) Το διαμέρισμα γυροπυξίδας.

6) Ο χώρος του εργάτη της άγκυρας και το φρεάτιο των αλυσίδων.

7) Ο χώρος μηχανήματος πηδαλίου.

8) Οι αποθήκες υλικών ναυκλήρου.

9) Ο χώρος βοηθητικού καζανιού, εφόσον δεν συνδέεται με την προωστήρια εγκατάσταση, τις κύριες αντλίες και τον εργάτη αγκυρών.

10) Ο χώρος των αντλιών.

11) Οι δεξαμενές θαλάσσιου έρματος. Σημειώνεται ότι οι δεξαμενές έρματος διπύθμενων δεν μπορούν να αφαιρεθούν αν από την αρχή δεν καταμετρηθούν στην ολική χωρητικότητα.

12) Ο χώρος που προβλέπεται για τυχόν εγκατάσταση μηχανισμού μείωσης διατοιχισμών.

23.4.3 Έκπτωση χώρων μηχανών πρόωσης

Η μεγαλύτερη και σπουδαιότερη έκπτωση είναι αυτή που προκύπτει από τους χώρους πρόωσης, αφού ο χώρος που εκπίπτει είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τον πραγματικό χώρο.

Στους χώρους μηχανών πρόωσης περιλαμβάνονται οι χώροι που καταλαμβάνονται από τις κύριες μηχανές και τους λέβητες, καθώς και αυτοί που είναι απόλυτα αναγκαίοι για τη λειτουργία της προωστήριας εγκατάστασης. Δηλαδή:

1) Ο χώρος του κυρίως μηχανοστασίου και του λεβητοστασίου.

2) Ο χώρος μεταξύ της άνω οροφής των προαναφερθέντων χώρων (1) και του άνω καταστρώματος, εφόσον περικλείει μηχανήματα και φωταγωγούς.

3) Ο χώρος επάνω από το ανώτερο κατάστρωμα, εφόσον χρησιμοποιείται όπως στην αμέσως παραπάνω.

4) Ο χώρος της σήραγγας (τούνελ) του ελικοφόρου άξονα και της σήραγγας διαφυγής πληρώματος από τους χώρους μηχανών.

5) Ο χώρος φωταγωγών και αεραγωγών (engine casing) ύστερα από αίτηση του πλοιοκτήτη με σκοπό την αύξηση του ποσοστού του όγκου που καταλαμβάνεται από τους χώρους μηχανών και εφόσον έχει περιληφθεί στην ολική χωρητικότητα.

Ως εκπιπτόμενη χωρητικότητα του χώρου προωστηρίου εγκατάστασης λαμβάνεται όγκος σημαντικά μεγαλύτερος και ως εξής:

1) Όταν η χωρητικότητα των χώρων μηχανών είναι μικρότερη από το 13% της ολικής χωρητικότητας, εκπίπτονται τα 32/13 της πραγματικής χωρητικότητας των χώρων μηχανών.

2) Όταν η χωρητικότητα των χώρων μηχανών είναι ίση ή μεγαλύτερη από το 13% και μικρότερη από το 20% της ολικής χωρητικότητας, εκπίπτεται το 32% της ολικής χωρητικότητας.

3) Όταν η χωρητικότητα των χώρων μηχανών είναι μεγαλύτερη από το 20% της ολικής χωρητικότητας, εκπίπτεται το 32% της ολικής χωρητικότητας ή ύστερα από αίτηση του πλοιοκτήτη η χωρητικότητα του χώρου μηχανών προσαυξημένη κατά τα 3/4 της.

23.5 Γραμμή χωρητικότητας (tonnage mark)

Για να αυξηθεί η ασφάλεια των πλοίων έχει καταβληθεί πρόσφατα σε διεθνή κλίμακα προσπάθεια υπό την αιγίδα του IMCO, να καταργηθούν οι ανοικτοί, αλλά προσωρινά κλειστοί χώροι, ενώ από πλευράς καταμέτρησης να μην θίγονται ουσιαστικά τα συμφέροντα των πλοιοκτητών. Ήδη από μερικές χώρες (π.χ. Η.Π.Α.) οι

χώροι που κλείνονται με προσωρινά μέσα και ο χώρος κάτω από το προστατευτικό κατάστρωμα με εφαρμογή των νέων κανονισμών έγιναν ασφαλέστεροι, γιατί κλείστηκαν με κανονικά και συνηθισμένα μέσα.

Η εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου προβλέπει τη χάραξη της γραμμής χωρητικότητας, στην πλευρά του πλοίου και σε ορισμένη απόσταση κάτω από το δεύτερο κατάστρωμα, που δίνεται από τους κανονισμούς. Η γραμμή χωρητικότητας δεν μπορεί να χαραχθεί πάνω από τις γραμμές φόρτωσης.

Οι κανονισμοί εξαιρούν (θεωρούν ως ανοικτούς) τους χώρους μεταξύ του ανώτατου συνεχούς καταστρώματος και του δεύτερου καταστρώματος, καθώς και τυχόν χώρους υπερκατασκευής, εφόσον η γραμμή καταμέτρησης δεν βυθίζεται στο νερό.

Τα πλοία που καταμετρούνται με αυτόν τον τρόπο έχουν δύο ζεύγη χωρητικότητας (ολικής και καθαρής), η δε επιλογή της χωρητικότητας που ισχύει κάθε φορά για τη χρέωση τελών και δικαιωμάτων εξαρτάται απ' τη βύθιση ή όχι της γραμμής καταμέτρησης, δηλαδή:

1) Όταν η γραμμή καταμέτρησης δεν βυθίζεται στο νερό, ισχύει το μικρότερο ζεύγος χωρητικότητας (καθαρής και ολικής).

2) Όταν η γραμμή καταμέτρησης βυθίζεται στο νερό ισχύει το μεγαλύτερο ζεύγος χωρητικότητας.

Το αποτέλεσμα είναι η κατασκευή ασφαλέστερων πλοίων και η δίκαιη και ανάλογα με τη χρήση του πλοίου χρέωση τελών και δικαιωμάτων.

23.6 Κανονισμοί καταμέτρησης άλλων χωρών

Σήμερα κάθε χώρα έχει δικούς της κανονισμούς καταμέτρησης, ενώ καταβάλλονται συνεχείς προσπάθειες να διαμορφωθεί διεθνής σύμβαση για ενιαία καταμέτρηση των πλοίων. Οι κανονισμοί που εφαρμόζονται από την Ελλάδα, τις ΗΠΑ, την Αγγλία και άλλες χώρες διαφέρουν στις λεπτομέρειες.

Ειδικοί κανονισμοί εφαρμόζονται από την Αίγυπτο και τον Παναμά όταν εκδίδεται πρωτόκολλο καταμέτρησης που ισχύει για τη χρέωση των τελών διέλευσης από τις αντίστοιχες διώρυγες. Τα πλοία που διέρχονται από τις διώρυγες του Σουέζ και του Παναμά πρέπει να είναι εφοδιασμένα με το αντίστοιχο πρωτόκολλο καταμέτρησης (βλ. § 23.7).

23.7 Νέο Νομοθετικό διάταγμα για την καταμέτρηση

Στην Ελλάδα εκδόθηκε πρόσφατα Νομοθετικό διάταγμα, με το οποίο εφαρμόζονται νέοι κανονισμοί καταμέτρησης, σύμφωνοι προς τις συστάσεις του IMCO, και καθιερώνεται η χρήση δύο ζευγών χωρητικότητας για κάθε πλοίο, καθώς και η γραμμή χωρητικότητας.

Ο τρόπος υπολογισμού της ολικής χωρητικότητας και της καθαρής διαφέρει μόνο σε λεπτομέρειες από εκείνον που περιγράφεται στις προηγούμενες παραγράφους, εκτός από την εξαίρεση των ανοικτών χώρων της υποπαραγράφου 23.3.3. Οι νέοι κανονισμοί θεωρούν τους χώρους αυτούς ως «κλειστούς», εκτός αν υπάρχουν

ανοίγματα που καταλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό του μήκους ή πλάτους μιας φρακτής με τελικό σκοπό την επίτευξη ασφαλέστερων πλοίων.

Σημαντική διαφορά προς τους προηγούμενους κανονισμούς σε συνδυασμό με την ουσιαστική κατάργηση των ανοικτών χώρων, αποτελεί η καθιέρωση μειωμένης και εναλλακτικής χωρητικότητας, καθώς και της γραμμής χωρητικότητας (tonnage mark).

Αυτά εφαρμόζονται σε πλοία με δύο η περισσότερα πλήρη καταστρώματα όταν:

1) Το Υ.Ε. που καθορίστηκε είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο επιτρεπόμενο, σύμφωνα με τη Δ.Σ.Γ.Φ.

2) Οι θέσεις των γραμμών φόρτωσης δεν έχουν χαραχθεί ψηλότερα από τις θέσεις που αντιστοιχούν στις θέσεις, οι οποίες θα προέκυπταν, αν το δεύτερο κατάστρωμα λαμβάνονταν ως κατάστρωμα εξάλων κατά τους υπολογισμούς.

Στην περίπτωση αυτή μπορεί να ζητηθεί ο υπολογισμός μειωμένης ολικής και καθαρής χωρητικότητας, η δε μείωση προκύπτει ως εξής:

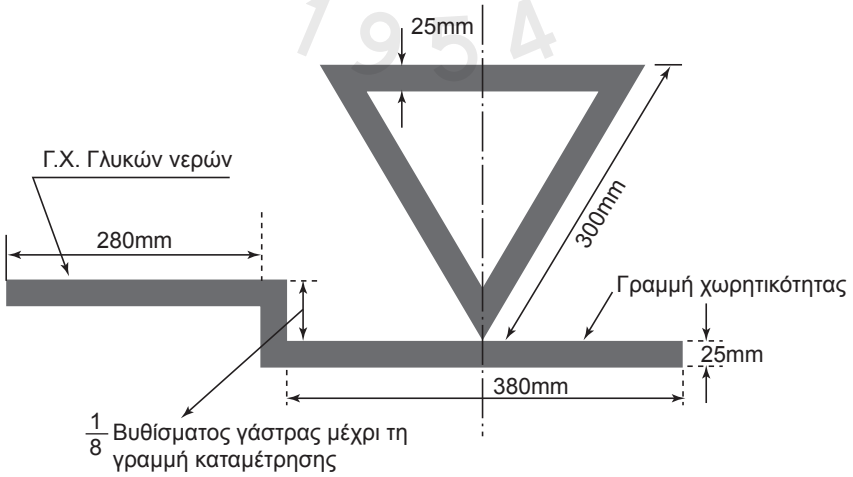
1) Αντί για το ανώτερο κατάστρωμα παίρνουμε το δεύτερο για τον υπολογισμό της χωρητικότητας.

2) Ο χώρος μεταξύ ανώτερου και δεύτερου καταστρώματος δεν καταμετριέται εξαιρούμενος από την ολική χωρητικότητα.

Όσες φορές καθορίζεται η παραπάνω μειωμένη ολική και καθαρή χωρητικότητα, χαράζεται και τις δύο πλευρές, η γραμμή χωρητικότητας σε θέση που καθορίζεται από πίνακες σε συνάρτηση με το μήκος του πλοίου και τον λόγο L/D (μήκος/κοίλο).

Έτσι με αίτηση του πλοιοκτήτη το πλοίο μπορεί να έχει δύο ζεύγη χωρητικοτήτων, το κανονικό και το μειωμένο. Στην περίπτωση αυτή το πλοίο θεωρείται ότι έχει το ζεύγος της μειωμένης ολικής και καθαρής χωρητικότητας, όταν βρίσκεται σε τέτοια κατάσταση φόρτου, ώστε η γραμμή χωρητικότητας να μην βυθίζεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ θεωρείται ότι έχει το κανονικό ζεύγος χωρητικότητας, όταν η γραμμή χωρητικότητας βυθίζεται στην θάλασσα.

Στο σχήμα 23.1 φαίνεται το σχήμα και οι διαστάσεις της γραμμής χωρητικότητας.



Σχ. 23.1

23.8 Η Διεθνής Σύμβαση 1969 καταμέτρησης της χωρητικότητας των πλοίων

Ο Διεθνής Διακυβερνητικός Συμβουλευτικός Οργανισμός (IMCO) ήδη από το 1959 αποφάσισε την καθιέρωση ενιαίου συστήματος καταμέτρησης. Για το σκοπό αυτό έγινε 10ετής προετοιμασία και στις 27 Μαΐου 1969 πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο Διεθνής Διάσκεψη με αντικείμενο την απλούστευση, διασαφήνιση και ενοποίηση των συστημάτων καταμετρήσεων, με ταυτόχρονη διατήρηση του αριθμού που εκφράζει τη χωρητικότητα των πλοίων που υπάρχουν, όσο γίνεται πιο κοντά προς τα τρέχοντα μεγέθη.

Η Διεθνής Διάσκεψη κατέληξε στη Σύμβαση του 1969 για την καταμέτρηση της χωρητικότητας των πλοίων, η οποία:

1) ***Καθιερώνει*** ενιαία καταμέτρηση των όγκων των χώρων, ανεξάρτητα από τη χρήση τους (δηλ. τη χωρητικότητα κάτω από το κατάστρωμα δεξαμενών και τα καταστρώματα) και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται κάθε πιθανότητα λάθους από την ερμηνεία της χρήσης των χώρων.

2) ***Διατηρεί*** αποτελέσματα για την ολική χωρητικότητα των πλοίων κοντά στα αποτελέσματα των εξαγόμενων με βάση τις προηγούμενες μεθόδους, ενώ ταυτόχρονα ***απλουστεύει*** τους υπολογισμούς και την ερμηνεία των κανονισμών.

3) ***Μειώνει*** τα αποτελέσματα για την καθαρή χωρητικότητα σε σύγκριση προς τα αντίστοιχα με βάση τις προηγούμενες μεθόδους. Το ποσοστό της μείωσης εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου (βλ. σημείωση 1).

Στη Σύμβαση του 1969 (Κανονισμός No 324) τα μεγέθη ***ολική και καθαρή χωρητικότητα*** εμφανίζονται ως εξής:

1) ***Ολική χωρητικότητα (GT: Gross Tonnage).*** Η ολική χωρητικότητα (GT) είναι ευθέως ανάλογη του ολικού όγκου V όλων των κλειστών χώρων του πλοίου, ο δε συντελεστής αναλογίας είναι και αυτός συνάρτηση τούτου.

2) ***Καθαρή χωρητικότητα (NT: Net Tonnage).*** Η καθαρή χωρητικότητα (NT) δίνεται ως μία συνάρτηση των παρακάτω παραγόντων:

α) Του λόγου d/D, όπου **d** το βύθισμα και **D** το κοίλο του σκάφους στο μέσο.

β) Του όγκου V_C των χώρων φορτίου.

γ) Του αριθμού N_1 των επιβατών των καμπίνων με όχι περισσότερα από 8 κρεβάτια.

δ) Της ολικής χωρητικότητας GT (βλ. και σημείωση 2).

Σημείωση (1)

– Η αριθμητική σχέση που δίνει την ολική χωρητικότητα σε m^3 είναι η:

$$GT = K\,V$$

όπου: $K_1 = 0{,}2 + 0{,}02 \log_{10} V$

Σημείωση (2).

– Η αντίστοιχη σχέση για την καθαρή χωρητικότητα σε m^3 είναι:

$$NT = K_2 \times V_C \times \left(\frac{4d}{D}\right)^2 + K_3\left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

όπου: α) Ο λόγος 4d/D είναι μικρότερος ή ίσος με μονάδα.
β) Ο όρος $K_2\ V_2\ (4d/D)^2$ είναι ίσος ή μεγαλύτερος προς 0,25 GT.
γ) Η καθαρή χωρητικότητα NT δεν λαμβάνεται μικρότερη από 0,30 της ολικής GT.
δ) Ο παράγοντας $K_2 = 0,2 + 0,02 \log_{10} V_c$.

ε) Ο παράγοντας $K_3 = 1,25 \times \frac{GT + 10.000}{10.000}$

στ) Ο ολικός αριθμός των επιβατών $N_1 + N_2$ εμφανίζεται στα πιστοποιητικά του πλοίου και αν είναι μικρότερος από 13, τότε τα N_1 και N_2 λαμβάνονται ίσα με μηδέν.

Η έναρξη ισχύος της Σύμβασης ορίσθηκε σε 2 χρόνια μετά την επικύρωση από 25 κυβερνήσεις, οι οποίες θα αντιπροσωπεύουν τα 65% του παγκόσμιου εμπορικού στόλου.

Η Σύμβαση του 1969 αφορά σε όλα τα πλοία που εκτελούν διεθνείς πλόες και των οποίων η έναρξη κατασκευής θα έχει γίνει μετά την έναρξη της ισχύος της σύμβασης.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η Σύμβαση του 1969 έλυσε το πρόβλημα της απλούστευσης της μέτρησης της χωρητικότητας, ενώ δίνει τα ***ίδια περίπου αποτελέσματα ολικής χωρητικότητας*** με τις ισχύουσες μεθόδους, ***αλλά μικρότερα για την καθαρή χωρητικότητα.*** Επειδή πολλά τέλη κ.λπ., τα οποία καταβάλλουν οι πλοιοκτήτες είναι συνάρτηση της καθαρής χωρητικότητας, η νέα Σύμβαση είναι προς ωφέλεια των εφοπλιστών, αλλά ζημιώνει τους οργανισμούς λιμανιών και διωρύγων (Suez, Panama). Είναι πιθανό για μεν τα λιμάνια, ο υπολογισμός των τελών να γίνεται με βάση την ολική χωρητικότητα, για δε τις διώρυγες Suez και Panama η χρησιμοποίηση των αντίστοιχων ομώνυμων μεθόδων υπολογισμού χωρητικότητας, όπως γίνονταν μέχρι τώρα. Ένα άλλο εύκολο μέτρο τέλος είναι ο καθορισμός νέων τιμολογίων.

Ευρετήριο

A

αγκόνας, bracket 8
    ζυγού, beam bracket 8
άγκυρα, anchor 6
αδράνεια, inertia 26
αεριοπροωθητήρας, jet propulsor 97
αεριοστρόβιλοι, gas turbine 91, 93
αερίων αδρανών, συσκευές παραγωγής, inert gas generators 183
αίθουσα αναψυχής, recreation room 6
ακμή, edge
    ακολουθούσα, following edge 95
    οδηγός, leading edge 95
ακροπρυμναία στηρίγματα ελικοφόρου άξονα, V brackets 10
ακροπρυμναίος aftermost 9
ακροπρωραίος, foremost 9
ακροφύσιο, nozzle 93
αλυσίδα, chain 6
ανάδυση, emmersion 127
ανάποδα, astern 100, 101
αναπόδιση, reversing 91
αναρρόφηση, suction 107
αναστροφή, reversing 100, 103, 123
ανατροπή, capsizing 37
άνοδος, anode 192
αντιδιατοιχιστική δεξαμενή, stabilizing tank, tank stabilizer 132
αντιδιατοιχιστικό πτερύγιο, stabilizing fin 131
αντίδραση, reaction 93
αντιδραστήρας πυρηνικής ενέργειας, nuclear reactor 91
αντίσταση, resistance 75
    αέρα, air resistance 83
    δινών (στροβιλισμών), eddy - making resistance 83
αντίσταση στην πρόωση, propulsion resistance 76, 84
    κυματισμού, wave making resistance 77, 78
    τριβής, frictional (skin) resistance 77
αντίσταση υδραυλική, hydraulic resistance 83
αντίσταση υπόλοιπη, residuary resistance 83
αντλία, pump 6
    πυρκαγιάς, fire pump 219
    ραντισμού, sprinkler pump 217
αντλιοστάσιο, pump room 6
αντοχή, strength 8, 135
    (καταπόνηση πλοίου), ships strength 135
αντοχή εγκάρσια, transverse strength 8
άντωση, buoyancy (B) 11
άξονας, axis, shaft 94
    ελικοφόρος, propeller shaft 91
απάντληση, pumping out 74
αποθήκη, store 7
    διατομών, steel section store 155
απόκλιση, deflection, variation 45
απολεσθείσα άντωση, lost buoyancy 73
απόπλους, departure 66
απόρριψη (φορτίου), damping 74
αποσκευή, baggage, luggage 14
αποχωρισμός separation 108
αριστερόστροφο, left hand drive 94
ασταθές, unstable 37
ασυνέχεια, discontinuity 147
ασύρματος, wireless 222, 238
    εφεδρικός, emergency wireless 222
ασφάλεια πλοίου, ships safety 203
ατμομηχανή, steam engine 90
ατμοστρόβιλος, steam turbine 90, 91

Β

Βάθος, depth 77
βάκτρο, piston rod 101, 102
βαλβίδα, valve 101, 102
βαλβίδα ολισθαίνουσα, sliding valve 101
βάρος weight 11, 13
  βοηθητικών μηχανημάτων, auxilliary machinery weight 13
  μόνιμο ή ίδιο, light weight, permanent weight 13
  νεκρό ή πρόσθετο, deadweight 13
  ολικό, total weight 90
  προωστηρίου σκεύους main machinery weight 13
βάρους κατανομή, weight distribution 43
βάρους κέντρο, centre of gravity 14
βασική γραμμή κατασκευής baseline 1
βέλος κάμψης, bending deflection 138
βήμα, pitch 96
  μερικό, partial pitch 106
  μεταβλητό, variable pitch 96
  ρυθμιζόμενο, controlable pitch 96
βήμα σταθερό, constant pitch 96
βιβλιοθήκη, library 6
βλάβη, damage 71, 72, 74
βοηθητικός χώρος, auxilliary space 7
βρεχόμενη επιφάνεια, wetted area, wetted surface 4
βύθιση, sinkage, submersion 68, 69
  παράλληλη, parallel sinkage 70
βύθισμα, draught, draft (D) 2
  αρχικό, initial draught 58, 70
  επιτρεπόμενο, permissible draught 13
  επιτρεπόμενο μέγιστο, maximum permissible draught 13
  κατασκευής, draught moulded (D_{mld}) 2
  μέσο, mean draught (D_{mean}) 2
  πρυμναίο, draught after (D_A) 2
  πρωραίο, draught forward (D_F) 2
  τελικό, final draught 58, 70

Γ

Γάστρα, underwater portion of hull 4
γεννήτρια, generator 96
γραμμή φόρτωσης, load line 228
  γλυκού νερού, fresh (F) water load line 232
  φόρτωσης θέρους, summer (S) load line 232
  φόρτωσης τροπική, tropical (T) load line 232
  φόρτωσης χειμώνα, winter (W) load line 232
  φόρτωσης χειμώνα Βορείου Ατλαντικού, winter North Atlantic (WNA) load line 232
γυροσκοπική σταθεροποίηση, Gyroscopic stabilization 133
γωνία, angle 37
  εγκάρσιας κλίσης, angle of heel 37
  έκπτωσης, drift angle 112
  πηδαλίου, rudder angle 112

Δ

δακτυλίδι, ring 101
δεξαμενή (πλοίων), dock 45
  (υγρών), tank (liquid) 6
  διπυθμένου, double bottom tank (DB) 4,8
  έρματος, ballast tank 8
  ζυγοστάθμισης peak tank, trimming tank 6
  καυσίμου, fuel tank 8
  κύτους, deep tank (DT) 4
  μόνιμη, drydock 151
  πλωτή, floating dock 152
  πρυμναία, after peak 6
  πρωραία, fore peak 6
  φορτίου, cargo tank 7
δεξαμενισμός, docking, drydocking 77
  προτύπων, model tank, towing tank 87
δεξιόστροφος, right hand drive 94
διάβρωση, corrosion 193
  ηλεκτροχημική, electrochemical corrosion 192

χημική, chemical corrosion 192
διαγωγή, trimm 2, 6
αρχική, initial trim 55
κρίσιμη, critical trimm 73
πρυμναία, trimm aft, trim by the stern 2
πρωραία, trimm forward, trimm by the bow 2
ελική, final trimm 55
διαγωγής μεταβολή, change of trim 55, 58
διαγωγής ροπή μεταβολής moment to change trimm (MCT) 59
διαδοκίδα, deck stringer 8
διαμέρισμα, compartment 6
διάμετρος τακτική, tactical diameter 112
διάμηκες, longitudinal 55
διαμήκης κλίση, longitudinal inclination trimm 55
δίαρμα, distance 190
κράτησης πρόσω, breaking distance in advance 190
δίαρμα κρατήσης ανάποδα, breaking distance in reverse 190
διαρροή, leak, leakage 74
διάσταση γραμμική, linear dimension 85
πλοίου, ships dimmensions 1
διατοιχισμός, rolling 125
βεβιασμένος, forced rolling 129
σύγχρονος, synchronous rolling (resonance) 129
διατοιχισμού φυσική περίοδος natural rolling period 126
διαφράγματα (μπουλμέτες), bulkheads 9
δίκτυο, net, network 13
σωληνώσεων, piping 13
διπύθμενο, double bottom 8
δοκιμή (πλοίου), ships trial 188
αγκύρων, anchoring trial 188, 190
αναπόδισης, astern trial 190
ελιγμών, z-manoeuvre trial, zig - zag trial 188
ελικτικών ιδιοτήτων, turning trial 188
κατανάλωσης καυσίμου, fuel consumption trial 188
πηδαλίου, rudder trial 188
ταχύτητας, speed trial 188
δοκός, beam 8
ομοιόμορφα φορτιζόμενη, uniformly loaded beam 139
πακτωμένη, built in beam 139
δρύφακτο, bulwark 8
δύναμης ζεύγος, force couple 36
δύναμη, force 36
τέμνουσα, shearing force 145
ώσης, thrust 90, 95, 98

E

έδρα νομέα, floor 8
ειδικό βάρος, specific weight 12
εκκρεμές, pendulum 44
έκπτωση, drifting 112, 114, 125
εκτόπισμα, displacement 12
άφορτο, light displacement 13
έμφορτο, loaded displacement 13
πλήρους φόρτου, full load displacement 13
εκτοπίσματος καμπύλη, displacement curve 44
έλασμα, plate 7, 124, 137
ζωστήρα, sheer strake 8
πάχος, plate thickness 2
τρόπιδας, keel plate 7
υδρορρόης, stringer plate 8
ελασματουργείο, plateshop 151
ελαστικότητα, elasticity 138
ελεύθερη επιφάνεια, free surface 49
ελεύθερης επιφάνειας επίδραση, free surface effect 49
έλικας κλωβός,screw aperture, propelle aperture 9
έλικα propeller, screw 93
μεταβλητού βήματος, variable· pitch propeller

πρωραία, bow thruste 121
ρυθμιζόμενου βήματος controable pitch propeller (C.P.P.) 93, 94, 100
σταθερού βήματος, constant pitch propeller 93
εμβαδό, area 16, 20
έμβολο, piston 101, 102
εμπόρευμα, cargo 225
ενδιαιτήματα, accommodations 6
πληρώματος, crew spaces, crew accommodations 6
ενίσχυση, support, strengthening 9
έξαλα, dead work, upper works 2
εξάλων ύψος, freeboard (FB) 2
εξάντληση, pumping out 74
εξαρτισμός, equipment, rigging equipment 13
εξωτερικό περίβλημα, shell, shell plating 7
επιβραδύνω, retard, delay, (brake) 75
επιθεώρηση, survey, inspection 206
ειδική, special survey 206
ετήσια, annual survey 206
λεβήτων, boilers survey 207, 211
πλήρης complete survey 210
συνεχής, continuous survey 206
επίπεδο, plane 1
βασικό κατασκευής principal design plane 1
διάμηκες, longitudinal plane 2
διάμηκες συμμετρίας, longitudinal plane of symmetry 1, 3
εγκάρσιο, transverse plane 3, 4
κατασκευής design plane 1
μέσης τομής midship crossectional plane 1
οριζόντιο, horizontal plane 3
συμμετρίας plane of symmetry 1
επίπλωση, furniture 13
επίστεγο, poop 4
επιφάνεια, area, surface 4
βρεχόμενη, wetted area 4
διαχωριστική, separation layer 75
ελικοειδής helical surface 96
ώσης (πτερυγίου έλικας), pressure face 94
επιταχύνω, accelerate 77, 93
έρμα, ballast 8
στερεό μόνιμο, solid ballast 13
υγρό, liquid ballast 13
ερματισμός, ballasting 43
εστιατόριο, restaurant, dinning room 6
εσωτερικός πυθμένας (διπύθμενο), double bottom 8
ευλογίαση, pitting 194
ευστάθεια, stability 37
αρχικό, initial stability 37
διαμήκης, longitudinal stability 55
διαμήκης, μοχλοβραχίονας, longitudinal stability lever 56
δυναμική, dynamic stability 48
εγκάρσια, transverse stability 35
στατική, statical stability 48
ζεύγος, stability couple 38
μοχλοβραχίονας, righting arm, stability lever 46
όριο, range of stability 46
πείραμα, inclining experiment
ευσταθές, stable 43
εφαρμογείο, fittershop 152
εφελκυσμός, tension 138
εφόδιο, store, provision 13

Z

ζεύγος, couple 36, 91
πηδαλίου, rudder couple 110
στρέψης, turning couple 91, 110
ζυγό, beam 2, 8

H

ηλεκτρική εγκατάσταση, electric power installation 210
ηλεκτρικός κινητήρας, electric motor 92
ηλεκτρολύτης, electrolyte 192

ηλεκτροστάσιο, electric power room 6

Θ

θάλαμος, room 7
ασυρμάτου, wireless room 7
ραδιοτηλεφώνου, radio room 7
χαρτών, chart room 7
θερμική μηχανή, heat engine 13
θόρυβος, noise 90
θορύβου επίπεδο, noise level 90
θύρα, door 215
γιγγλυμωτή, hinged or swing door 215
ολισθαίνουσα, sliding door 215
στεγανή, watertight door 215
θυρόπλοιο, caissoon, gate vessel 151

Ι

ιξώδες, viscosity 76
ιπποδύναμη, horse power (HP) 84
άξονα, shaft horse power 87
απωλειών, horse power losses 87
έλικας, propeller horse power 87
πραγματική, effective (actual) horse power 87
πρόωσης, propulsion horse power 87
ρυμούλκυσης, effective (actual) horse power 87
ίσαλος, water line (WL) 1
έμφορτη, load water line (LWL) 1
κατασκευής, design water line (DWL) 1
ισάλου επιφάνεια, water plane area (WPA) 1, 6
ισαπέχων, equidistant 25, 27
ισορροπία, equilibrium, balance 35
αδιάφορος, neutral equilibrium 36
ασταθής,unstable equilibrium 36
ευσταθής, stable equilibrium 36
ισαπόσταση, equidistance 21
ιστίο, sail 91
ισχίο (γοφός), ships quarter 4
ισχύς πρόωσης, propulsion power 76

Κ

καθέλκυση, launching 151, 153, 154
κάθοδος, cathode 192
καλαμίνα, millscale 192
καμπίνα, stateroom, cabin 6
καμπύλη, curve 1, 44, 46, 161
εγκαρσίων τομών, bonjean curve 64
εκτοπίσματος, displacement curve 44, 61
επιτρεπόμενου και κατακλύσιμου μήκους, floodable and permissible length curve 71, 215
καμπτικών ροπών, bending moment diagram 146
κατανομής άντωσης, sectional area curve 146
στατικής ευστάθειας, statical stability curve 46
φόρτισης, loading curve 145
κάμψη, bending 138, 140
κανόνας, rule 20
του τραπεζοειδούς, trapezoid rule 20
του Simson, Simson's rule 20
κατακόρυφος, vertical 32
κατάκλυση, flooding 71
κατακόρυφη θέση, vertical position 32
καταμέτρηση πλοίων, tonnage measurement 234
πιστοποιητικού, tonnage certificate 234
κατανάλωση, consumption 91
καυσίμου, fuel consumption 91
καταπέλτης, ramp 161, 166
κατανομή, distribution 43
καπνιστήριο, smoking room 6
κατάσταση αναχώρησης (απόπλου), departure condition 67
κατάσταση άφιξης (κατάπλου), arrival condition 67
κατάστρωμα, deck 2, 8
ανώτατο, uppermost deck 2
ανώτατο συνεχές, uppermost continuous deck 2

συνεχές continuous deck 2
καταστρώματα ενδιάμεσα, tweendecks 8
καταστρώματος κύρτωμα, deck camber 3
σιμότητα, deck sheer 2
καύσιμο, fuel 13
κέντρο, centre (C) 11, 13, 14
άντωσης centre of buoyancy (CB, B) 32, 33
βάρους, centre of gravity (CG, G) 65
επιφάνειας centre of area 26
πλευστότητας, centre of flotation (CF, F) 26
κλίση, inclination 36
εγκάρσια, transverse inclination, heel 42
κιγκλίδωμα, railing 8
κινητήρας, motor 92
κίων, bollard, pillar, stanchion 9
κοίλο, depth moulded ($D_m|_d$) 2
κολόνες, pillars 9
κόπωση, fatigue 144
κόστος, cost 90
αρχικό, initial cost 90
επισκευής repair costs 90
καυσίμων, fuel costs 90
λειτουργίας, operation costs 90
συντήρησης, maintainance costs 90
κοχλίας screw 96
κραδασμός, vibration 107
κόρος register ton 235
κύκλος του Plimsol, Plimsol disc 228
κυλικείο, pantry 6
κύλινδρος, cylinder 90, 91, 101
κύμα, wave 77, 78
πρύμνης, stern wave 78
πρώρας, bow wave 78
κύματος αποκλίνον σύστημα, divergent wave system 78
εγκάρσιο σύστημα, transverse wave system 78
κοιλία (κοίλο) wave trough 83
κορυφή, wave crest 76
μήκος, wave length 82
περίοδος, wave period 129
σχηματισμός wave formation 80
σύστημα, wave system 76
συχνότητα, wave frequency 129
ύψος (εύρος), wave height 81, 83
κυρτό της γάστρας, round of bilge 8
κύρτωμα καταστρώματος, camber 3
κύτος (αμπάρι) hold, cargo hold 6
κώπη, oar, paddle 90

Λ

λέβητας, boiler 6
λεβητοστάσιο, boiler room 6
λειότητα, smoothness 76
λειτουργία, operation, functioning 90
λειτουργίας αξιοπιστία, operation reliability 90
ευκαμψία, operation flexibility 90
λέμβος, boat 220, 221
σωσίβια, life boat 220, 221
λίμπρα (λίβρα), pound (lb) 12
λιπαντικό, lubricant 13
λιπαντικό λάδι, lubricating oil 13
λωρός, stringer 8

Μ

μαγειρείο, galley 7
μαλακό (πλοίο), tender 126
μάσκα (παρειά), forward quarter 4
μειωτήρας στροφών, reduction gear 91
μέση τομή, midship section 2
μέσης τομής επιφάνεια, midship area 64
περίγραμμα, midship outline 64
μεσόστεγο, bridge 4
μετακεντρική ακτίνα, metacentric radius 39
μετακεντρική ακτίνα εγκάρσια, transverse metacentric radius 40
μετακεντρικό ύψος, metacentric height (GM) 38
ύψος εγκάρσιο, transverse metacentric height 38
μετάκεντρο, metacentre (M) 37

αρχικό, initial metacentre 38
εγκάρσιον, transverse metacentre 40
μετατόπιση, transfer shift, shifting 112
διαμήκης, transfer (shift) alongside 41
εγκάρσια, transfer (shift) across 41
κάθετος, transfer (shift) vertically 41
μετρικό σύστημα, metric system 12
μετρικός τόνος, metric ton (MT) 12
μήκος, length (L) 2
μήκος μεταξύ καθέτων, length between perpendiculars (LBP) 2
ολικό, length over all (LOA) 2
μηχανή εσωτερικής καύσεως, internal combustion engine 91
μηχάνημα, machinery, engines 6
βοηθητικό, auxilliary machinery 6
μηχανημάτων χώροι, machinery space 6
μηχανοστάσιο, engine room 6
μηχανουργείο, machineshop 152
μόριο, molecule, particle 76
μόρια γειτνιάζοντα, neighboring molecules76
μορφοδοκός, profile beam 135
μοχλοβραχίονας, leverarm, lever 28, 66, 67
ανατροπής, capsizing lever 37
διαμήκης, longitudinal lever 56
επαναφοράς, righting lever (GZ) 37
ευστάθειας, stability lever 46
κατακόρυφος, vertical lever 67
μοχλός, lever 28

N

Ναυπηγικές γραμμές (γραμμές σκάφους), ships lines 3
ναυπηγική, naval architecture 14
κλίνη, building bath 148, 149
ναυσιπλοία, navigation 7
ναυσιπλοίας ασφάλεια, navigation safety 223
ναυτιλία, shipping 12
νεκρό (πρόσθετο) βάρος, dead weight 13
νερό, water 14
νηογνώμονας, classification society 201, 204

Ξ

ξυλεία, timber 136
ξυλουργείο, woodshop 152

O

όγκος, volume 11
ολίσθηση, sliding slip 97
πραγματική, real slip 97
συντελεστής, slip ratio 97
φαινομενική, apparent slip 97
ομόρρους, wake 76
πρυμναίος stern wake 76
τριβής, boundary layer, friction wake 76
ορθοστάτης, upright (support) 9
οριακή γραμμή, margin line 71
οριακό στρώμα, boundary layer 76
ουδέτερος άξονας, neutral axis 139
ουδέτερη επιφάνεια, neutral area 139

Π

ΠΑΣΕΘ, SOLAS 212
παλινδρομική ατμομηχανή, steam reciprocating engine 90
πανιά, sail 90
παραμόρφωση, deflection, deformation 138
παρατροπίδια, side keel 8, 130
παρειά (μάσκα), forward quarter 4
παρίσαλος, water line (WL) 1
πέδιλο, shoe 101
ολισθαίνον, sliding shoe 101
πείρος, crank pin 101
περιαυχένιο, flange 103
περίβλημα, shell 7
περίγραμμα, outline 64
μέσης τομής midship outline 64
πλάγιας όψης, ships profile 64
περίζωμα, fender 2
περιθώριο, margin 72
πηδάλιο, rudder 6, 109
ζυγοσταθμημένο, balanced rudder 109

ημιζυγοσταθμημένο, semibalanced rudder 109
μη ζυγοσταθμημένο, unbalanced rudder 109, 110
πηδαλίου άξονας rudder axis 6, 109
κέντρο πιέσεως rudder centre pressure 111
πτερύγιο, rudder fin 111
ροπή στρέψης rudder turning moment 110
πηδαλιούχηση, steering 111
πιστοποιητικό νηογνώμονα, classification certificate 203
πλαστικό, plastic 136
πλάτος, beam (breadth) (B) 2
επί των νομέων, beam (breadth) moulded 2
πλάτος κατασκευής, beam (breadth) moulded 2
πλευρά, side 2
πλευστότητα, buoyancy, flotation 12
αρνητική, negative buoyancy 12
επίκτητος, acquired buoyancy 12
εφεδρική, reserve buoyancy 12
θετική, positive buoyancy 12
μηδενική, neutral buoyancy 12
φυσική, natural buoyancy 12
πλευστότητας κέντρο, centre of flotation (CF) 26
πλήμνη, hub 94
πλοηγός, pilot 224
πλοίο, ship, vessel, boat 1
αλιευτικό, trawler, fishing boat 160
αντιτορπιλλικόν, destroyer 16
διπλέλικον, tween screw ship 10
εμπορευματοκιβωτίων, containership 166
μεταφοράς μεταλλευμάτων, ore carrier 180
μεταφοράς μεταλλευμάτων-ξηρού χύδην φορτίου-πετρελαίου, ore bulk – OIL:OBO 180
μεταφοράς ξυλείας, timber carrier
μεταφοράς τροχοφόρων, Roll -on, Roll - off (Ro - Ro)166
μεταφοράς υγροποιημένων αερίων, LNG, liquefied gas carrier 182, 183
μεταφοράς φορτηγίδων, lash 159
μεταφοράς υγροποιημένων αερίων παραγώγων πετρελαίου, LPG, liquefied petroleum gas carriers 183,186
μεταφοράς χύδην φορτίου bulk carriers 169
νεοκατασκευασθέν, newbuilding (ship) 188
παγοθραυστικό, icebreaker 160
πετρελαιοφόρο, oil tanker 181
πολεμικό, warship 13
ποντοπόρο, oceangoing ship 160
πορθμείο, ferry 159
ρυμουλκό, tug 160
τουριστικό, cruiser ship 159
υπερωκεάνειο, ocean passenger liner 159
φορτηγό, cargo ship 160
ψυγείο, refrigerated cargo vessel 160
πλοιοκτήτης, shipowner 159
πλυντήριον, laundry 7
ποδόστημα, stern post, rudder post 9
ποντόνιο, pontoon 144
προεξοχή πληροφοριών αξόνων, shaft bossing 10
προνευστασμός, pitching 125
προσάραξη, grounding, stranding 71
πρόστεγο (καμπούνι) forecastle 4
πρόσω, ahead 100, 101
πρότυπο, model 86
πρόωση, propulsion 75
πρόωσης αντίσταση, resistance to propul sion 75
ισχύς, propulsion power 75
- πηδαλιούχησης σύστημα, rudder propeller system 103
προωστήρας κατακόρυφου άξονα, vertical axis propulsor 93

προωστήρας προβολής, jet propulsor 93
προωστήρια εγκατάσταση, propulsion installation (plant) 6, 90
προχώρηση, advance 112
πρυμναία κάθετος (όρθια), after perpendicular 1
πρύμνη, stern, after end 4
πρύμνηθεν, aft 66
πρώρα, bow, stem 4
πρώραθεν, forward 63
πρωραία κάθετος (όρθια), forward perpendicular (FP) 1
πτερύγιο, fin, wing, blade 109
πυθμένας, bottom, bilge 8
πυθμένας εσωτερικός double bottom (DB) 8
πυκνότητα, density 76
πυροσβεστήρας, fire extinguisher 219
φορητός, portable fire extinguisher 219

P

ραδιοτηλέφωνο, radio 222
εφεδρικό, emergency radio 222
ρευματικές γραμμές, stream lines 83
ρίζα, root 95
ροή, flow 76
είδος, type of flow 76
μικρή, mixed flow 76
νηματική, laminar flow 76
στροβιλώδης, turbulent flow 76
ροπή, moment 26, 36
αδράνειας, second moment of area, moment of inertia 26
ανατροπής, capsizing moment 37
αντίστασης διατομής δοκού, section modulus 140
βάρους, weight moment 26
δύναμης, force moment 26
επαναφοράς (ανορθωτική), righting moment 36
επιφάνειας, area moment 26
κάμψης, bending moment 138
κατακόρυφος vertical moment 67
μεταβολής διαγωγής moment to change trimm (MCT) 60
ρυμούλκηση, towing 85
ρυμουλκώ, tow 85
ρύπανση, fouling 92
ρύπανση γάστρας bottom fouling 92

Σ

σαλόνι, lounge, reception room, balroom 6
σιμότητα, sheer 2
καταστρώματος, deck sheer 2
σιτηρά, grain 224
σιτηρά χύμα, grain in bulk 224
σιτηρών διάγραμμα φόρτωσης, grain loading diagram 225
μεταφορά (φόρτωση), grain loading 224
σκληρό (πλοίο), stiff 126
σπηλαίωση, cavitation 107
σταθερός, constant 77
στάθμη, level 72
νερού, water level 45
σταθμίδα, girder, keelson 8
κεντρική, centre girder (keelson) 8
πλευρική, side girder (keelson) 8
σταθμός ελέγχου πυρκαγιάς, fire control station 219
σταυρός (κεφαλή), cross head 101
στεγανό διαμέρισμα, watertight compartment 8
σύγκρουσης, collision bulkhead 6
στεγανός, watertight (WT) 8
στεγανού φρακτή, watertight bulkhead 9
στείρα, stem, stem post 9
στερεώνω, secure 45
στρέψη, torsion, turning 91, 92
στρέψης ζεύγος, torsion couple 91
στρεψίμετρο, torsionmeter 87
στροβιλοηλεκτρική πρόωση, turbo electric propulsion 91

στροβιλοκίνητη πρόωση, turbine propulsion 91
στρόβιλος, turbine 91
αναπόδισης, reversing turbine 91
στρώμα, layer 76
οριακό, περιφερειακό, boundary layer 76
συγκόλληση, welding 135, 136
σύμβαση, convention 53, 71
σύμβαση διεθνής, international convention 71
συμπεριφορά, behaviour 12
συνάρτηση, function 46, 59, 60
συνισταμένη, resultant 14
συντελεστής, coefficient 15
απόδοσης πρόωσης, propulsive efficiency coefficient 88
εντοπίσματος ή γάστρας, block coefficient (C_B) 15
ισάλου, water line coefficient (C_w) 16
μέσης τομής, midship section coefficient (0_μ) 17
μετάδοσης κίνησης, transmission coefficient 88
πρισματικός, prismatic coefficient (C_p) 16
σχήματος, coefficient of form 15
συντήρηση, maintenance 77
συντονισμός, resonance 129
συρματόσχοινο, wire rope 42
σύστημα αγγλικό, british (imperial) units system 12
μέτρησης, units system 13
μετρικό, metric system 13
σφαίρα, sphere 35
σχεδία σωσίβιος, liferaft 221
άκαμπτος, rigid liferaft 221
πνευστή, inflatable liferaft 221
σχεδίαση, design 1
σταδίου, design stage 1
σχοινί, rope 45
σωληνουργείο, pipeshop 152
σώμα, body 11
στερεό, solid body 11

T

τακτική διάμετρος, tactical diameter 112
ταλάντωση, oscillation, vibration 80
ταλάντωση βεβιασμένη, forced vibration 129
τάση, stress 137
διάτμησης, shearing stress 138
εφελκυσμού, tensile stress 137
θλίψης, compressive stress 138
τοπική, local stress 143
συγκέντρωση, stress concentration 147
ταχύτητα, velocity, speed 75
αντίστοιχος, corresponding speed 86
ευθύγραμμος, linear velocity 75
περιστροφής, speed of revolution 91
σταθερά, constant velocity 75
τεταγμένη, ordinate 21
τομή, section, crossection 1
τομή μέση, midship section 2, 7
τόνος, ton 18
ανά μονάδα βύθισης, tons per inch immersion (TPI) or per centimeter (TPC) immersion 18
τραπέζιο (τραπεζοειδές τετράπλευρον), trapezoid 20
τριβή, friction 76
εσωτερική, internal friction 76
τρόπιδα, keel 8
τροχός (πλοίου), paddle wheel 93
τύπος του αγγλικού Ναυαρχείου, admiralty formula 88

Y

υδροστατικές καμπύλες, hydrostatic curves 61
υδροστατική πίεση, hydrostatic pressure 11
υδροστατικό, hydrostatic 11
διάγραμμα, hydrostatic diagram, hydro-

static curves 61
ύδωρ γλυκύ, fresh water (FW) 13
θαλάσσιο, sea water (SW) 13
πόσιμο, fresh (drink) water 13
τροφοδοτικό, feed water 13
υπερκατασκευή, superstructure 4
στεγανή, watertight superstructure 230
υπερστέγασμα, deck errection (house) 4
υπερφόρτωση, overloading 92
υπερωκεάνειο, ocean passenger liner 159, 237
υποδιαίρεση, subdivision 71, 226
ύφαλα, quickwork 4
ύψος εξάλων (Y.E.), free board, (F.B.) 2

Φ

φελλός, cork 12
φέτα, slice 18
φορτίο, cargo, charge 7
εκρηκτικών υλών, explosives cargo 225
επικινδύνων εμπορευμάτων, dangerous cargo 225
φρακτή, bulkhead 9
διαμήκης, longitudinal bulkhead 9
εγκάρσια, transverse bulkhead 9
στεγανή, watertight bulkhead 9
φρεάτιο αλυσίδων, chain locker 6

Χ

χάλυβας, steel 135
ναυπηγικός ελατός, ships steel, mild steel 135
χρώμα, paint 77
χυτεύω, cast 106
χυτήριο, foundry 152
χυτοχάλυβα cast steel
χωρητικότητα καθαρά, net register tonnage (NRT) 234
ολική, gross register tonnage (GRT) 234
πλοίων, tonnage 234
χώρος, space, room, area, region 6
βοηθητικός, auxiliary space 7
ναυσιπλοΐας, navigation room 7
υγιεινής, sanitary space 7
υψηλής πίεσης, high pressure region 83
χαμηλής πίεσης low pressure region 83
χαρτών, chart room 7

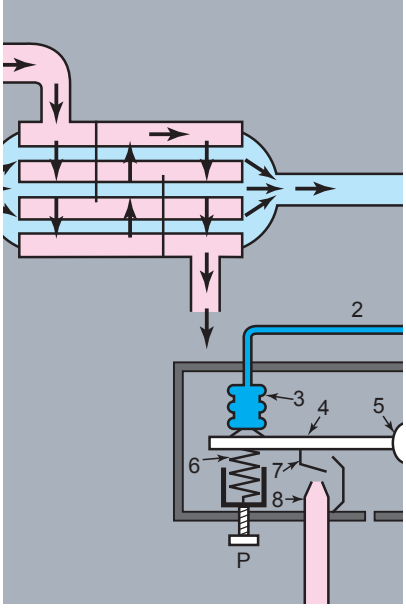
Ψ

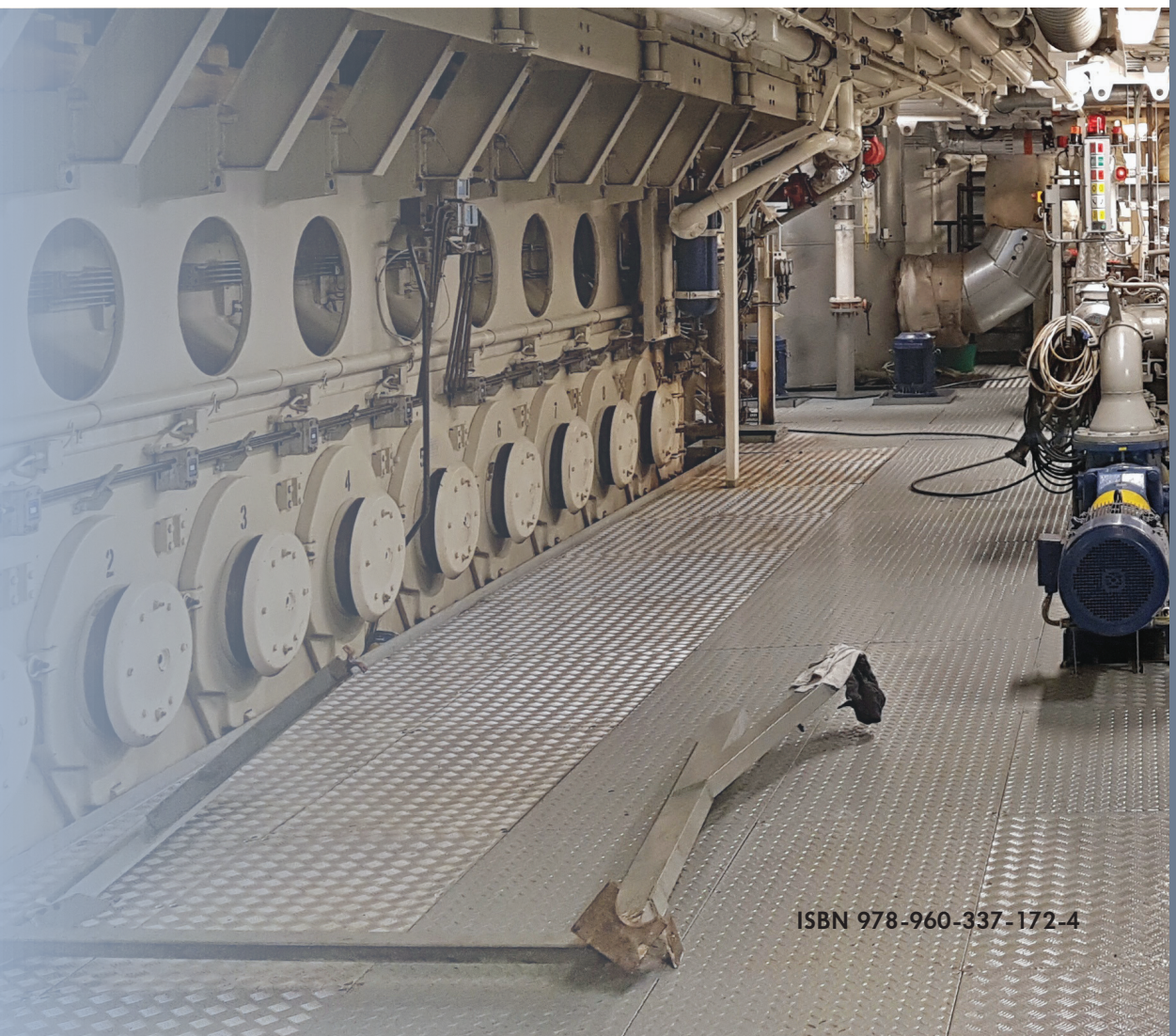
ψευδάργυρος, zinc 196

Ω

ωθηση, thrust 75, 123
ώση έλικα, propeller thrust 99

Το βιβλίο αυτό περιέχει τις βασικές γνώσεις της Μηχανολογίας του πλοίου, που χρειάζονται στον πλοίαρχο του Εμπορικού Ναυτικού για την επιτυχή εκπλήρωση της αποστολής του. Με πληθώρα σχημάτων, διαγραμμάτων και εικόνων, οι σπουδαστές θα βοηθηθούν ακόμη περισσότερο στην αντιμετώπιση των τεχνικών ζητημάτων που θα παρουσιαστούν κατά τη σταδιοδρομία τους.





ISBN 978-960-337-172-4