ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΧΟΛΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΝΑΥΠΗΓΙΑ

ΙΩΑΝΝΗ ΕΜ. ΚΟΛΛΙΝΙΑΤΗ

γ΄ έκδοση

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ

Α.Δ.Σ.Ε.Ν.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΝΑΥΠΗΓΙΑ

ΙΩΑΝΝΗ ΕΜ. ΚΟΛΛΙΝΙΑΤΗ

Πλοιάρχου (Μ) Π.Ν.

Διπλωματούχου Ναυπηγού (Μ.Ι.Τ.)

ΑΘΗΝΑ

2020

Α′ ΕΚΔΟΣΗ 1982

Β′ ΕΚΔΟΣΗ 1991

Γ′ ΕΚΔΟΣΗ 2020

ISBN: 978-960-337-164-9

Copyright © 2020 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 137 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.
Αντώνιος Βουτσινάς, Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαιδ., Υπ. Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.
Κωνσταντίνος Σουφλέρης, Τμηματάρχης ΔΕΚΝ Α΄.
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.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται στους σπουδαστές των ΑΔΣΕΝ.

Τη βάση για την συγγραφή του απετέλεσε η ύλη που καθορίζεται από το αναλυτικό πρόγραμμα του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας για την ειδικότητα των Πλοιάρχων. Κατά την συγγραφή καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια, ώστε η ύλη να ταξινομηθεί και να διαταχθεί κατά τρόπο που να επιτρέπει την προοδευτική εξοικείωση του αναγνώστη με το θέμα.

Στα κεφάλαια που αναφέρονται σε θέματα στατικής και ευστάθειας δεν δόθηκε μεγάλη έκταση, γιατί αποτελούν το σημαντικότερο μέρος του βιβλίου του Ιδρύματος Ευγενίδου με τον τίτλο «Ευστάθεια - Φόρτωση». Το περιεχόμενό της περιορίσθηκε λοιπόν σε όσες γνώσεις είναι απαραίτητες για τον σπουδαστή, ώστε να παρακολουθήσει χωρίς δυσκολία το μάθημα.

Βασική επιδίωξη για τα υπόλοιπα κεφάλαι είναι να καλύψουν κυρίως τις γνώσεις της ναυπηγικής που ενδιαφέρουν τον χειριστή του πλοίου. Επίσης γίνεται σχετικά ικανοποιητική αναφορά σε θέματα νομοθεσίας και κανονισμών που ενδιαφέρουν τον Πλοίαρχο.

Πιστεύεται ότι το βιβλίο θα αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα όχι μόνο στους σπουδαστές των σχολών αλλά και σε πιο εξειδικευμένο προσωπικό της ναυτιλιακής κοινωνίας.

Ο συγγραφέας επιθυμεί να εκφράσει θερμές ευχαριστίες στον Καθηγητή της Θεωρία Πλοίου του Ε.Μ.Π. κ. Θεόδωρο Λουκάκη, ο οποίος με τις εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις του συνετέλεσε στην καλύτερη παρουσίαση πολλών βασικών ιδεών, καθώς και στον Υποναύαρχο (ε.α.) Εμ. Ζωγραφάκη για τη συμφωνία του να χρησιμοποιηθούν αρκετά από τα επιτυχημένα σχήματα από το βιβλίο του.

Ο συγγραφέας

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
1954

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ► ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ► Αποστολή - Γενικά χαρακτηριστικά πλοίων - Κίνδυνοι και προστασία

1.1 Πλοία και πλωτά ναυπηγήματα. 1
1.2 Αποστολή του πλοίου. 1
1.3 Γενικά χαρακτηριστικά πλοίων. 2
1.3.1 Επιχειρησιακά χαρακτηριστικά. 2
1.3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου − Σχεδίαση. 2
1.4 Κίνδυνοι και προστασία. 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ► Κατάταξη

2.1 Γενική κατάταξη πλοίων. 4
2.2 Κατάταξη πλοίων ανάλογα με τον προορισμό (Ειδική κατάταξη). 4
2.2.1 Πολεμικά πλοία. 4
2.2.2 Εμπορικά πλοία. 5
2.2.3 Φορτηγά πλοία. 5
2.2.4 Επιβατικά πλοία. 7
2.2.5 Πλοία ειδικού προορισμού. 8
2.2.6 Ειδικοί τύποι πλοίων. 9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ► Ονοματολογία – Διαστάσεις πλοίων

3.1 Γενικά. 10
3.2 Ονοματολογία − Διαστάσεις. 10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ► Βάρος – Άνωση – Πλευστότητα και ευστάθεια πλοίου

4.1 Στατική θεώρηση του πλοίου. 19
4.2 Βάρος ή εκτόπισμα. 19
4.3 Άντωση − Αρχή του Αρχιμήδη. 20
4.4 Πλευστότητα − Εφεδρική Πλευστότητα. 21
4.5 Εκτίμηση του βάρους του πλοίου. 21
4.6 Γεωμετρικά στοιχεία της γάστρας. 22
4.7 Στοιχεία εγκάρσιας ευστάθειας του πλοίου. 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ► Η αντοχή του πλοίου

5.1 Γενικά. 26
5.2 Κριτήριο κατασκευαστικής αστοχίας του πλοίου. 27
5.3 Στοιχεία από την αντοχή των υλικών. 27

5.3.1 Ορισμοί. 27
5.3.2 Ισορροπία δοκού....28
5.3.3 Τάσεις εφελκυσμού και θλίψης, λόγω κάμψης της δοκού. 33
5.3.4 Διατμητικές τάσεις σε δοκούς που κάμπτονται. 43
5.4 Η μελέτη της αντοχής του πλοίου ως δοκού. 46
5.4.1 Γενικά. 46
5.4.2 Δυνάμεις βάρους. 46
5.4.3 Δυνάμεις άντωσης. 48
5.4.4 Καμπύλη φορτίσης. 50
5.4.5 Καμπύλες τέμνουσας δύναμης και ροπής κάμψης. 51
5.5 Εύρεση των τάσεων. 52
5.6 Συνθήκες υπολογισμού της αντοχής του πλοίου. 53
5.7 Σημασία των υπολογισμών. 53
5.8 Προσεγγιστικός τρόπος εκτίμησης της μέγιστης ροπής κάμψης. 54
5.9 Απαιτήσεις Νηογνωμόνων για την αντοχή του πλοίου. 54
5.10 Εγκάρσια αντοχή. 55
5.11 Άλλες καταπονήσεις κατά την κίνηση του πλοίου. 55
5.12 Τοπική αντοχή. 55
5.13 Συσκευές υπολογισμού κόπωσης. 56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ► Αντίσταση και πρόωση

6.1 Γενικά. 58
6.2 Φύση της αντίστασης. 59
6.3 Συνιστώσες της αντίστασης. 60
6.3.1 Γενικά. 60
6.3.2 Αντίσταση τριβής. 61
6.3.3 Αντίσταση κύματος πρόωσης. 61
6.3.4 Αντίσταση σχήματος. 62
6.3.5 Αντίσταση δινών. 62
6.3.6 Αντίσταση προεξοχών. 62
6.3.7 Αντίσταση αέρα. 62
6.4 Σημασία των αριθμών Reynolds και Froude. 63
6.4.1 Στοιχεία από τη διαστατική ανάλυση. 63
6.4.2 Σημασία του αριθμού Reynolds. 65
6.4.3 Σημασία του αριθμού του Froude. 66
6.4.4 Σημασία του αριθμού $V/\sqrt{L}$ 66
6.5 Υπολογισμός αντίστασης με πείραμα σε μοντέλο του πλοίου. 71
6.5.1 Υπολογισμός αντίστασης. 71
6.5.2 Στοιχεία δεξαμενών προτύπων. 74
6.6 Μεθοδικές σειρές αντίστασης. 75
6.7 Εύρεση ισχύος μηχανής. 77
6.7.1 Ισχύς ρυμούλκησης. 77
6.7.2 Προσδινόμενη στην έλικα ισχύς. 77
6.7.3 Ισχύς μηχανής. 78
6.8 Η μορφή του πλοίου και η αντίσταση. 79
6.9 Συστήματα πρόωσης. 80

6.9.1 Είδη προωστηρίων μηχανών. 80
6.9.2 Είδη συστημάτων μετατροπής της ισχύος μηχανής σε προωθητική. 81
6.10 Στοιχεία από τη γεωμετρία της έλικας σταθερού βήματος – ολίσθηση....82
6.11 Έλικες μεταβλητού βήματος. 85
6.12 Έλικες μέσα σε σήραγγα. 85
6.13 Σπηλαίωση. 86
6.14 Σύγκριση του βαθμού απόδοσης διαφόρων τύπων ελίκων. 86
6.15 Σχέσεις ταχύτητας − ιπποδύναμης − κατανάλωσης − στροφών....88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ► Συμπεριφορά πλοίου σε κυματισμό

7.1 Γενικά. 92
7.2 Τα μειονεκτήματα από τις κινήσεις του πλοίου. 93
7.3 Ο σχηματισμός του κύματος. 94
7.4 Στατιστική παρουσίαση της θαλασσοταραχής. 96
7.5 Δυνάμεις που επενεργούν στο πλοίο σέ κατάσταση θαλασσοταραχής. 96
7.6 Κινήσεις του πλοίου σε ήρεμο νερό χωρίς αντίσταση. 102
7.6.1 Διατοιχισμός. 102
7.6.2 Προνευτασμός. 104
7.6.3 Ταλάντωση εμβάπτισης. 104
7.6.4 Πρόσθετη μάζα. 105
7.6.5 Συνδυασμός προνευτασμού και ταλαντώσεων εμβάπτισης. 105
7.6.6 Διατοιχισμός με αντίσταση σε ήρεμο νερό. 106
7.7 Κινήσεις πλοίου σε κανονικά κύματα. 107
7.7.1 Διατοιχισμός. 108
7.7.2 Ταλαντώσεις εμβάπτισης. 111
7.7.3 Προνευτασμός. 111
7.7.4 Συνδυασμός προνευτασμού και ταλαντώσεων εμβάπτισης. 112
7.7.5 Επίδραση της πορείας και ταχύτητας του πλοίου στις κινήσεις σε κυματισμό. Περίοδος συνάντησης. 112
7.8 Στατιστική εξέταση των κινήσεων του πλοίου σε μη κανονικά κύματα. 116

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ► Βασικά σχέδια και μελέτες για την κατασκευή πλοίου

8.1 Κατάταξη σχεδίων και μελετών. 118
8.2 Σχέδια και μελέτες που ισχύουν για όλα τα πλοία. 120
8.2.1 Σχέδιο γραμμών 120
8.2.2 Σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου. 120
8.2.3 Σχέδια γενικής διάταξης. 122
8.2.4 Υδροστατικό διάγραμμα. 122
8.2.5 Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας. 124
8.2.6 Σχέδιο αναπτύγματος ελασμάτων. 125
8.2.7 Κατασκευαστικό σχέδιο μέσης τομής. 125
8.2.8 Κατασκευαστικές πλάγιες όψεις και καταστρώματα. 125
8.2.9 Σχέδια συσχετισμού ταχύτητας − στροφών − ιπποδύναμης − κατανάλωσης. 125
8.3 Σχέδια και μελέτες για επιβατικά πλοία. 127
8.3.1 Γενικά. 127

8.3.2 Σχέδια προστασίας από πυρκαγιά. 127
8.3.3 Μελέτη κατάκλυσης. 127
8.3.4 Μελέτη ευστάθειας στην άθικτη κατάσταση....129
8.3.5 Μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη....129
8.4 Σχέδια και μελέτες ειδικά για φορτηγά πλοία....130
8.4.1 Γενικά. 130
8.4.2 Εγχειρίδιο ευστάθειας. 131
8.4.3 Μελέτες φόρτωσης σιτηρών. 131

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ► ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ► Υλικά κατασκευής του πλοίου και των συστημάτων του - Δοκιμές υλικών

9.1 Γενικά 132
9.2 Μηχανικές ιδιότητες των υλικών και τρόποι πειραματικής διαπίστωσής τους. 132
9.2.1 Το πείραμα εφελκυσμού. 133
9.2.2 Το πείραμα κάμψης....135
9.2.3 Δοκιμή κρούσης. 135
9.2.4 Μη καταστροφικές δοκιμές. 135
9.3 Χάλυβες που χρησιμοποιούνται στα πλοία. 136
9.4 Προδιαγραφές Νηογνωμόνων για κοινούς χάλυβες. 137
9.5 Μορφές με τις όποιες χρησιμοποιείται ο χάλυβας στα πλοία....137
9.6 Κράματα αλουμινίου. 140
9.7 Υλικά σωληνώσεων. 141
9.8 Ξυλεία....141
9.9 Πλαστικά υλικά. 145
9.10 Υλικά για χρήση σε εσωτερικούς χώρους − Θερμομονωτικά υλικά....145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ► Γενική κατασκευαστική δομή του πλοίου

10.1 Στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής. 147
10.1.1 Γάστρα. 147
10.1.2 Νομείς και ενισχύσεις. 148
10.1.3 Τμηματα στα όποια μπορεί να διαιρεθεί το κυρίως σκάφος....150
10.1.4 Υπερκατασκευές....150
10.1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή της μεταλλικής κατασκευής. 150
10.2 Σκοπός των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής. 151
10.3 Η διάταξη των ενισχύσεων. 152
10.3.1 Πλοία με εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης....153
10.3.2 Πλοία με διάμηκες σύστημα ενίσχυσης. 154
10.3.3 Μικτό σύστημα. 155
10.4 Αρχές που επηρεάζουν την εκλογή του συστήματος ενίσχυσης. 155
10.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων ενίσχυσης....156

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ► Λεπτομερής ανάπτυξη κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου

11.1 Κατασκευαστική διαμόρφωση του πυθμένα. 157
11.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή του πυθμένα. 157

11.1.2 Το εσωτερικό του πυθμένα. 157
11.1.3 Εξωτερική διαμόρφωση του πυθμένα. 161
11.2 Κατασκευή του καταστρώματος. 162
11.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή του καταστρώματος. 162
11.2.2 Τυπική διαμόρφωση του καταστρώματος. 162
11.2.3 Ανοίγματα κύτους. 165
11.3 Κατασκευή πλευρών. 166
11.3.1 Παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση των πλευρών. 166
11.3.2 Νομείς. 167
11.4 Κατασκευή των φρακτών. 168
11.4.1 Στοιχεία που επηρεάζουν τη μορφή των φρακτών. 168
11.4.2 Ενισχύσεις φρακτών. 170
11.5 Υπερκατασκευές 171
11.6 Διαμόρφωση πλώρης 172
11.7 Διαμόρφωση πρύμνης. 173
11.8 Άλλα κατασκευαστικά στοιχεία του πλοίου. 173
11.8.1 Δρύφρακτο ή παραπέτο. 173
11.8.2 Βάση μηχανής. 174
11.8.3 Σήραγγα άξονα. 175
11.9 Κατασκευαστική δομή πλοίων ειδικού προορισμού. 176

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ ► ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΥ ΧΩΡΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 ► Γενική διάταξη πλοίου

12.1 Γενικά. 177
12.2 Η επίδραση του είδους του φορτίου στη γενική διάταξη του πλοίου. 178
12.3 Στοιχειώδης περιγραφή γενικής διάταξης πλοίων κατά τύπους. 180
12.3.1. Περιγραφή φορτηγού γραμμής 180
12.3.2. Περιγραφή πλοίου RO/RO-μεταφοράς Ε/Κ 180
12.3.3 Φορτηγιδοφόρο πλοίο (Lash) 183
12.3.4 Δεξαμενόπλοιο (Δ/Ξ). 185
12.3.5 Πλοίο μεταφοράς οχημάτων-φορτίου «χύδην» 187
12.3.6 Πλοίο μεταφοράς φορτίου «χύδην» (Bulk carrier). 187
12.3.7 Πλοίο τύπου Oil Bulk On (O.B.O). 190
12.4 Μερικές λεπτομέρειες από τη γενική διάταξη των καταστρωμάτων. 194
12.4.1 Αρίθμηση νομέων. 194
12.4.2 Τυπική γενική διάταξη πλώρης. 195
12.4.3 Ανοίγματα κύτους. 198

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 ► Λεπτομέρειες εσωτερικής γενικής διάταξης πλοίου

13.1 Γενικά. 203
13.2 Δεξαμενές. 203
13.3 Καταμετρικά, εξαεριστικά και πληρώσεις δεξαμενών. 206
13.4 Χώροι φορτίου 208
13.5 Χώροι πρόωσης. 208

13.6 Χώροι ενδιαίτησης. 212
13.7 Διαμερίσματα χειρισμών και ελέγχου. 212
13.8 Αποθήκες και ψυκτικοί θάλαμοι. 212
13.9 Αντλιοστάσια δεξαμενοπλοίων. 213

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ ► ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 ► Πηδάλια

14.1 Γενικά για τη στροφή του πλοίου. 216
14.2 Χαρακτηριστικά του πηδαλίου. 218
14.2.1 Μέγεθος επιφάνειας πηδαλίου. 218
14.2.3 Μορφή της επιφάνειας του πηδαλίου και στήριξή του στο πλοίο. 219
14.2.4 Μορφή της τομής του πηδαλίου. 219
14.2.5 Ζυγοστάθμιση πηδαλίου. 219
14.2.6 Θέση του πηδαλίου σε σχέση με το πλοίο. 220
14.3 Οι καταπονήσεις του πηδαλίου. 221
14.3.1 Κέντρο πίεσης. 221
14.3.2 Ροπή στρέψης πηδαλίου. 222
14.3.3 Ροπή κάμψης. 223
14.4 Απαιτήσεις Νηογνωμόνων. 223
14.5 Κατασκευαστική μορφή πηδαλίου. 224
14.6 Ειδικοί τύποι πηδαλίων. 224

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 ► Άγκυρες – Συστήματα πρόσδεσης

15.1 Τύπος αγκυρών. 227
15.2 Μέγεθος άγκυρας και αλυσίδας. 228
15.2.1 Εύρεση βάρους άγκυρας και μεγέθους αλυσίδας με υπολογισμό. 229
15.2.2 Απαιτήσεις Νηογνωμόνων σχετικά με τα συστήματα πρόσδεσης και αγκυροβολίας. 231
15.3 Διάταξη εξοπλισμού πρόσδεσης του πλοίου. 233

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 ► Συστήματα φορτοεκφόρτωσης

16.1 Γενικά. 234
16.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή των μέσων φορτοεκφόρτωσης. 234
16.2.1 Οικονομικοί παράγοντες. 234
16.2.2 Χρόνος παραμονής του πλοίου στο λιμάνι. 235
16.3 Μέθοδοι φορτοεκφόρτωσης. 235
16.3.1 Για δεξαμενόπλοια. 235
16.3.2 Για πλοία μεταφοράς φορτίου «χύδην» (Bulk carriers). 236
16.3.3 Για πλοία γενικού φορτίου. 236
16.4 Στοιχειώδης περιγραφή φορτωτήρων. 236

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 ► Άξονες και αντίστοιχα στηρίγματα και σύστημα στεγανότητας

17.1 Γενικά. 239
17.2 Αξονικό σύστημα μονέλικου εμπορικού πλοίου. 242

17.3 Αξονικό σύστημα διπλέλικου πλοίου. 242
17.4 Συστήματα στεγανότητας άξονα....242

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 ► Δίκτυα – Σωληνώσεις

18.1 Γενικά. 243
18.2 Δίκτυο κύτους ερματισμού. 243
18.3 Δίκτυο πυρκαγιάς. 244
18.4 Δίκτυο υγιεινής. 245
18.5 Δίκτυο πόσιμου. 245
18.6 Δίκτυο μετάγγισης πετρελαίου. 246

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19 ► Συστήματα απόσβεσης διατοιχισμού

19.1 Γενικά. 247
19.2 Κατάταξη συστημάτων απόσβεσης διατοιχισμου. 248
19.3 Στοιχειώδης περιγραφή παθητικών συστημάτων απόσβεσης διατοιχισμού. 248
19.3.1 Παθητικές δεξαμενές. 248
19.3.2 Παρατροπίδια. 249
19.4 Στοιχειώδης περιγραφή ενεργών συστημάτων απόσβεσης του διατοιχισμού. 250

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ ► ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΛΑΒΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20 ► Προστασία από πυρκαγιά

20.1 Γενικά. 252
20.2 Κατασκευαστικές απαιτήσεις για προστασία πυρκαγιάς. 253
20.3 Ανίχνευση πυρκαγιάς. 253
20.4 Μέσα και συστήματα καταπολέμησης της πυρκαγιάς. 254
20.4.1 Αντλίες και δίκτυο πυρκαγιάς. 254
20.4.2 Λήψεις πυρκαγιάς − Σωληνώσεις − Ακροσωλήνια. 254
20.4.3 Λήψη ξηράς. 254
20.4.4 Φορητοι πυροσβεστήρες. 254
20.4.5 Μόνιμα μέσα κατάσβεσης στα κύτη. 255
20.4.6 Μόνιμα συστήματα κατάσβεσης σε λεβητοστάσια. 255
20.4.7 Μόνιμα μέσα κατάσβεσης σε χώρους με μηχανές εσωτερικής καύσης. 255
20.4.8 Στολές πυροσβέστη. 255
20.5 Έξοδοι διαφυγής. 255
20.6 Ειδικές διατάξεις μηχανοστασίου. 256
20.7 Ειδικές απαιτήσεις για επιβατικά πλοία. 256
20.8 Πετρελαιοφόρα. 256

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21 ► Προστασία από διαρροή

21.1 Γενικά. 258
21.2 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης φορτηγών πλοίων. 259
21.3 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης επιβατικών πλοίων. 260

21.4 Πρακτικά μέτρα προστασίας από ενδεχόμενη διαρροή 262

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22 ► Καταπολέμηση πυρκαγιάς

22.1 Γενικά για τη φωτιά. 264
22.1.1 Θερμοκρασία έναυσης 264
22.1.2 Αιτία των εκρήξεων 264
22.1.3 Μη παροχή καύσιμης ύλης 265
22.1.4 Αφαίρεση θερμότητας 265
22.1.5 Έλεγχος της παροχής αέρα 265
22.1.6 Τύποι πυργαγιών 265
22.2 Μέσα καταπολέμησης πυρκαγιάς. 265
22.3 Τα συστήματα αερισμού-εξαερισμού και εξάντλησης και η πυρκαγιά. 266
22.3.1 Συστήματα αερισμού-εξαερισμού. 266
22.3.2 Συστήματα εξάντλησης. 267
22.4 Ηλεκτρικά συστήματα και πυρκαγιά. 267
22.5 Κατάσβεση πυρκαγιάς. 267
22.6 Προληπτικά μέτρα. 268

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23 ► Αντιμετώπιση διαρροής

23.1 Γενικά. 270
23.2 Επακόλουθα διαρροής. 271
23.3 Προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση διαρροής. 272
23.4 Εκτίμηση κατάστασης μετά τη διαρροή. 273
23.5 Επιλογή διορθωτικών μέτρων. 274
23.6 Εφαρμογή διορθωτικών μέτρων. 276
23.7 Πρακτικά μέτρα για την αντιμετώπιση διαρροής. 276

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 24 ► Προστασία από προσάραξη

24.1 Γενικά. 280
24.2 Δυνατότητα επανάπλευσης. 280
24.3 Η αντοχή πλοίου κατά την προσάραξη. 281
24.4 Η ευστάθεια του πλοίου κατά την προσάραξη. 281

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ ► ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 25 ► Σύμβαση για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα

25.1 Γενικά. 284
25.2 Διάρθρωση των κανονισμών της SOLAS 1974. 285
25.3 Γενικές διατάξεις της SOLAS. 286
25.4 Στεγανή υποδιαίρεση και ευστάθεια − Μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις [SOLAS-Κεφάλαιο II (1)]. 287
25.5 Προστασία από πυρκαγιά − Ανίχνευση και κατάσβεσή της. [SOLAS-Κεφάλαιο II (2)]. 288

25.6 Σωστικά μέσα (SOLAS-Κεφάλαιο III).....289
25.7 Ραδιοτηλεφωνία και ραδιοτηλεγραφία (SOLAS-Κεφάλαιο IV).....289
25.8 Ασφάλεια ναυσιπλοΐας (SOLAS-Κεφάλαιο V).....289
25.9 Μεταφορά σιτηρών (SOLAS-Κεφάλαιο VI).....289
25.10 Μεταφορά επικίνδυνων φορτίων (SOLAS-Κεφάλαιο VII).....290
25.11 Πυρηνοκίνητα πλοία (SOLAS-Κεφάλαιο VIII).....290

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 26 ► Κανονισμοί γραμμής φόρτωσης

26.1 Η διεθνής σύμβαση για τη γραμμή φόρτωσης.....291
26.2 Γενικά − Ορισμοί (Κεφάλαιο I της ΔΣ).....291
26.3 Συνθήκες προσδιορισμού ύψους εξάλων (Κεφάλαιο II της ΔΣ).....294
26.4 Υπολογισμός ύψους (Κεφάλαιο III της ΔΣ).....295
26.5 Ειδικές απαιτήσεις για πλοία μεταφοράς ξυλείας (Κεφάλαιο IV της ΔΣ).....295

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 27 ► Κανονισμοί μέτρησης χωρητικότητας

27.1 Γενικά - Ορισμοί.....296
27.2 Εύρεση ολικής χωρητικότητας.....297
27.3 Εύρεση καθαρής χωρητικότητας.....298
27.4 Νέοι Κανονισμοί καταμέτρησης.....299
27.5 Η Διεθνής Σύμβαση 1869 για την καταμέτρηση πλοίων.....299

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 28 ► Κανονισμοί πρόληψης από ρύπανση και άλλοι κανονισμοί

28.1 Ανάγκη για την πρόληξη της ρύπανσης − Ιστορικά.....302
28.2 Ορολογία σχετική με τη ρύπανση.....303
28.3 Συνοπτικές απαιτήσεις της σύμβασης του 1973.....303
28.4 Συνοπτικές απαιτήσεις της Σύμβασης (TSPP) του 1978.....305
28.5 Αλλοι κανονισμοί.....307

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 29 ► Κανονισμοί νηογνωμόνων

29.1 Προέλευση και στόχοι των νηογνωμόνων.....308
29.2 Χαρακτηρισμός πλοίων σύμφωνα με τους κανονισμούς των νηογνωμόνων (ταξινόμηση).....308
29.3 Ετήσια έκδοση κανονισμών και κανόνων.....310
29.4 Κανονισμοί του Lloyds Register of Shipping.....310
29.5 Κανόνες του Lloyds Register of Shipping.....311
29.6 Άλλες δραστηριότητες των νηογνωμόνων.....311

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ ► ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 30 ► Στοιχεία από τη σχεδίαση και κατασκευή του πλοίου

30.1 Γενικά.....313
30.2 Χάραξη γραμμών στη σάλα.....314
30.3 Κοπή και μορφοποίηση τεμαχίων.....314
30.4 Προκατασκευή και ανέγερση.....315

30.5 Εξοπλισμός. 315
30.6 Βαφή του πλοίου. 316
30.7 Η καθέλκυση του πλοίου. 316
30.8 Συμπλήρωση του εξοπλισμού στη θάλασσα. 317

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 31 ► Στοιχειώδης περιγραφή ναυπηγείου

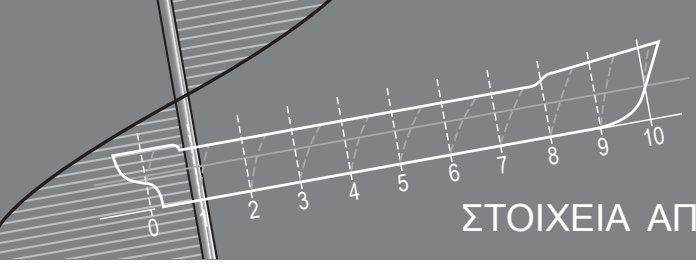
31.1 Γενικά. 318
31.2 Τμήματα ενός ναυπηγείου. 318
31.3 Οργάνωση ναυπηγείου. 320
31.4 Στοιχεία από τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις συγχρόνων ναυπηγείων. 320

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 32 ► Παρακολούθηση κατασκευής – Δοκιμές παραλαβής

32.1 Γενικά. 323
32.2 Επίβλεψη εργασιών μεταλλικής κατασκευής. 323
32.3 Δοκιμές διαμερισμάτων. 325
32.4 Γενικές παρατηρήσεις για την επίβλεψη της κατασκευής του πλοίου. 325
32.5 Δοκιμές «εν όρμω». 325
32.6 Δοκιμές στη θάλασσα − Γενικά. 326
32.7 Στοιχεία από τις διαδικασίες δοκιμών στη θάλασσα. 327
32.8 Παράδοση του πλοίου. 331

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 33 ► Η συντήρηση του πλοίου

33.1 Γενικά 332
33.2 Στοιχεία σχετικά με το μηχανισμό της διάβρωσης. 332
33.2.1 Προστασία από τη διάβρωση. 333
33.2.2 Καθοδική προστασία. 335
33.3 Ρύπανση των υφάλων του σκάφους. 336
33.4 Αναφορές επιθεώρησης χρωματισμού 336
Παράρτημα 339



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
Αποστολή - Γενικά χαρακτηριστικά πλοίων - Κίνδυνοι και προστασία

1.1 Πλοία και πλωτά ναυπηγήματα

Οι διάφορες πλωτές κατασκευές μπορούν γενικά να διακριθούν σε πλοία και πλωτά ναυπηγήματα. Η διάκριση μεταξύ των δύο δεν είναι σαφής. Στα επόμενα η θεώρηση μιας πλωτής κατασκευής ως πλωτού ναυπηγήματος ή πλοίου θα βασισθεί αποκλειστικά στην αυτοτέλεια της κίνησής του. Ειδικότερα θα θεωρήσουμε ότι πλοίο είναι κάθε πλωτή κατασκευή που έχει δικό της σύστημα πρόωσης. Αντίθετα όλα τα υπόλοιπα μη αυτοπροωθούμενα κατασκευάσματα θα θεωρηθούν ως πλωτά ναυπηγήματα.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό πλοία είναι τα φορτηγά, τα πολεμικά και οι αυτοπροωθούμενες φορτηγίδες. Πλωτά ναυπηγήματα είναι οι ρυμουλκούμενες φορτηγίδες, τα πλωτά γεωτρύπανα και οι σημαντήρες.

1.2 Αποστολή του πλοίου

Η γενική αποστολή των πλοίων είναι η μεταφορά εμπορευμάτων, επιβατών ή του εξοπλισμού τους από τόπο σε τόπο διαμέσου υδάτινου δρομολογίου. Ο ορισμός αυτός είναι αρκετά γενικός και καλύπτει τόσο τα εμπορικά πλοία (φορτηγά και επιβατικά) όσο και τα πολεμικά, καθώς επίσης και τα πλωτά μηχανήματα.

Πράγματι ένα πολεμικό πλοίο δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένας φορέας (πλατφόρμα) μεταφοράς των όπλων του όπως και ένα πλωτό μηχάνημα (πλωτός γερανός ή βυθοκόρος) είναι πάλι μία πλατφόρμα μεταφοράς του αντίστοιχου μηχανήματος.

Η ειδική αποστολή ενός πλοίου περιγράφει τη συγκεκριμένη ανάγκη που πρόκειται να καλύψει και πιθανόν να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής του πλοίου, ως αποτέλεσμα πιθανής μεταβολής των συνθηκών και μεθόδων της εκμετάλλευσής του.

Κάθε πλοίο είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε να μπορεί να πραγματοποιεί με τη μεγαλύτερη δυνατή αποδοτικότητα την αποστολή του. Γι' αυτό άλλωστε υπάρχει και τόση ποικιλία στη μορφή των πλοίων. Αυτό όμως δεν αποκλείει καθόλου το ενδεχόμενο το πλοίο κατά τη διάρκεια της ζωής του να χρησιμοποιηθεί και σε δραστηριότητες που αποκλίνουν από την αρχική αποστολή του, αλλά όχι με την αρχική αποδοτικότητα. Εξάλλου δεν αποκλείεται ένα πλοίο να έχει, από την αρχική του σχεδίαση, περισσότερες από μία αποστολές.

Στην περίπτωση αυτή η κυριότερη αποστολή χαρακτηρίζεται ως ***πρωτεύουσα,*** ενώ οι υπόλοιπες ως ***δευτερεύουσες.***

1.3 Γενικά χαρακτηριστικά πλοίων

1.3.1 Επιχειρησιακά χαρακτηριστικά

Τα στοιχεία του πλοίου που σχετίζονται με την εκμετάλλευσή του ονομάζονται ***επιχειρησιακά χαρακτηριστικά.***

Συνοπτικά τα επιχειρησιακά χαρακτηριστικά ενός πλοίου είναι:

1) Πρωτεύουσα αποστολή.
2) Δευτερεύουσα αποστολή.
3) ***Ικανότητες*** που περιλαμβάνουν τα παρακάτω:
   α) ***Ταχύτητα (μέγιστη*** και ***υπηρεσιακή)*** σε προκαθορισμένες καταστάσεις φόρτωσης.
   β) ***Φορτίο,*** δηλαδή το είδος και η ποσότητα του φορτίου που θα μεταφέρει το πλοίο.
   γ) ***Ακτίνα ενέργειας***, δηλαδή η απόσταση που μπορεί να διανύσει το πλοίο με προκαθορισμένη ταχύτητα χωρίς να χρειαστεί ανεφοδιασμό σε καύσιμα.
   δ) ***Αυτονομία***, που είναι ο χρόνος που μπορεί να παραμείνει το πλοίο μακριά από το λιμάνι, χωρίς να χρειαστεί ανεφοδιασμό.
4) ***Περιοχή λειτουργίας*** μέσα στην οποία θα χρησιμοποιηθεί το πλοίο.
5) ***Διαστάσεις*** σε συνάρτηση με την περιοχή λειτουργίας (προσέγγιση του πλοίου σε συγκεκριμένα λιμάνια, περιορισμοί ναυτιλιακής φύσης, όπως είναι η διέλευση του πλοίου από στενά ή αβαθή),
6) ***Ειδικοί νομικοί περιορισμοί***, όπως είναι η σχεδίαση, η κατασκευή, η χρησιμοποίηση με βάση κανονισμούς ενός συγκεκριμένου νηογνώμονα ή η ικανοποίηση συγκεκριμένων κανονισμών ασφάλειας.
7) ***Εθνικότητα*** (σημαία), που καθορίζει σε γενικές γραμμές το νομικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα πρέπει να κατασκευασθεί και να χρησιμοποιηθεί ένα πλοίο.

1.3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου – Σχεδίαση

Με βάση τα επιχειρησιακά χαρακτηριστικά του πλοίου καθορίζονται και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Σχεδίαση του πλοίου ονομάζεται ο καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών του, ώστε αυτό να έχει τα επιθυμητά επιχειρησιακά χαρακτηριστικά και να μπορεί να πραγματοποιήσει την αποστολή του με τον καλύτερο τρόπο.

1.4 Κίνδυνοι και προστασία

Το πλοίο ως κατασκευή με ειδικό προορισμό, που κινείται σε περιβάλλον έντονα επηρεαζόμενο από τις καιρικές συνθήκες, αντιμετωπίζει κινδύνους, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι:

1) Σύγκρουση με άλλο πλοίο.
2) Προσάραξη η πρόσκρουση στην ξηρά.
3) Ανατροπή.
4) Διαρροή και ανατροπή η βύθιση.

5) Πυρκαγιά.

6) Έκρηξη.

7) Θραύση λόγω ανεπάρκειας αντοχής.

Όπως είναι φανερό θα πρέπει να ληφθούν προσεκτικά μέτρα, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο, τόσο οι κίνδυνοι να συμβεί ατύχημα όσο και οι επιπτώσεις στην περίπτωση που θα συμβεί. Στην περίπτωση αυτή στόχος θα πρέπει να είναι καταρχάς η προστασία των επιβατών και του πληρώματος και στη συνέχεια η διάσωση του πλοίου και του φορτίου του.

Λόγω της σοβαρότητας των ναυτικών ατυχημάτων, τα θέματα της ασφάλειας των πλοίων δεν καλύπτονται μόνο μέσα στα στενά πλαίσια του πλοιοκτήτη η του μελετητή. Το σύνολο των θεμάτων ασφάλειας καλύπτεται από κανονισμούς, όπως είναι οι νομοθετημένοι κανονισμοί της χώρας Εθνικότητας του πλοίου ή οι κανονισμοί του Νηογνώμονα και μερικές φορές των χωρών σε λιμάνια των οποίων προσεγγίζει το πλοίο.

Οι παραπάνω κανονισμοί, που είναι νομικά και τεχνικά κείμενα, έχουν πολύ σημαντική επίπτωση στη διαμόρφωση των τεχνικών χαρακτηριστικών (σχεδίαση) του πλοίου.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Κατάταξη

2.1 Γενική κατάταξη πλοίων

Τα πλοία μπορούν να καταταγούν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους με διάφορους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι ***τρόποι κατάταξης*** είναι:

1) ***Ανάλογα με το υλικό κατασκευής,*** σε ξύλινα, πλαστικά, χαλύβδινα, μεικτής κατασκευής, πλοία από τσιμέντο κ.λπ..

2) ***Ανάλογα με το είδος της πρόωσής τους,*** σε ιστιοφόρα, ατμοκίνητα (με παλινδρομικές μηχανές ή ατμοστρόβιλους), ντηζελοκίνητα, πλοία κινούμενα με πυρηνική ενέργεια ή με αεριοστρόβιλο, πλοία μικτής πρόωσης, όπως είναι ο συνδυασμός αεριοστρόβιλου και μηχανής Diesel κλπ.

3) ***Ανάλογα με την περιοχή λειτουργίας.*** Τα ταξίδια που πραγματοποιούν τα πλοία διακρίνονται σε:

α) Διεθνή μεγάλης απόστασης.
β) Διεθνή μικρής απόστασης.
γ) Ταξίδια ακτοπλοΐας.
δ) Ταξίδια μικρής ακτοπλοΐας.
ε) Ταξίδια περιορισμένης έκτασης.
στ) Τοπικά ταξίδια.

Ανάλογα με το ταξίδι που πραγματοποιούν μπορούν να χαρακτηρισθούν και τα πλοία π.χ. μικρής ακτοπλοΐας.

2.2 Κατάταξη πλοίων ανάλογα με τον προορισμό (ειδική κατάταξη)

Η πιο ορθολογιστική κατάταξη των πλοίων είναι με βάση τον προορισμό τους. Γενικά μπορούμε να κατατάξουμε τα πλοία σε πολεμικά, εμπορικά και πλοία αναψυχής.

2.2.1 Πολεμικά πλοία

Διακρίνονται σε:

1) ***Πλοία μάχης*** · σε αυτά περιλαμβάνονται τα αεροπλανοφόρα, καταδρομικά, αντιτορπιλικά, φρεγάτες, κορβέτες, πυραυλάκατοι, τορπιλάκατοι, αρματαγωγά, οχηματαγωγά, αποβατικά, περιπολικά, ναρκαλιευτικά, ναρκοθέτιδες και υποβρύχια.

2) ***Βοηθητικά***, όπως είναι τα πετρελαιοφόρα, πλωτά συνεργεία, συνοδά (tenders) πυραυλακάτων, τορπιλακάτων και υποβρυχίων, ρυμουλκά, μεταγωγικά και πλωτά νοσοκομεία. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επίσης και πλοία που δεν χρη-

σιμοποιούνται για πολεμικούς σκοπούς, ελέγχονται όμως από το Πολεμικό Ναυτικό, όπως είναι τα πλοία φάρων, τα υδρογραφικά, τα ρυμουλκά κ.ά..

2.2.2 Εμπορικά πλοία

Διακρίνονται σε:

1) ***Φορτηγά πλοία*** · στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πλοία γενικού ή ξηρού φορτίου, υγρού η στερεού φορτίου χύδην, ψυγεία, πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (E/K) (containers) κ.ά..

2) ***Επιβατικά πλοία*** · σ' αυτά περιλαμβάνονται τα επιβατικά, τα επιβατικά–οχηματαγωγά και τα κρουαζιερόπλοια.

3) ***Πλοία ειδικού προορισμού***, όπως είναι τα αλιευτικά, πλοία εναπόθεσης καλωδίων, εκπαιδευτικά, ναυαγοσωστικά, παγοθραυστικά, ρυμουλκά κ.ά.

Στην παραπάνω κατάταξη δεν έχουν συμπεριληφθεί τα ***αερόστρωμνα*** οχήματα (hovercrafts) τα οποία χρησιμοποιούνται σε πολύ περιορισμένη έκταση τόσο ως φορτηγά όσο και ως επιβατικά και τα ***υδροπτέρυγα*** (hydrofoils), τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως ως επιβατικά.

2.2.3 Φορτηγά πλοία

1) Πλοία γενικού ή ξηρού φορτίου

Μία γενική κατάταξη των φορτηγών πλοίων, ανάλογα με τον τρόπο εκμετάλλευσής τους, είναι σε ***πλοία τακτικών γραμμών*** (cargo liners) και σε ***ελεύθερα φορτηγά*** (tramps). Τα πρώτα εκτελούν τακτικά δρομολόγια, ενώ τα δεύτερα παραλαμβάνουν φορτίο από οποιοδήποτε λιμάνι και το μεταφέρουν σε οποιοδήποτε άλλο.

Αν και τα πλοία γενικού ή ξηρού φορτίου ανήκουν συνήθως στην κατηγορία των πλοίων τακτικής γραμμής, τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και ως ελεύθερα φορτηγά.

Ξηρά η γενικά φορτία θεωρούνται κατά κύριο λόγο τα βιομηχανικά και βιοτεχνικά είδη και τα είδη διατροφής, αλλά συχνά και οι γεωργικές και ορυκτές πρώτες ύλες.

Τα ***βασικά χαρακτηριστικά*** των κλασικών Cargo Liners είναι:

1) ***Deadweight*** 20.000 τόνοι περίπου.

2) ***Ταχύτητα*** μεταξύ 15 και 20 knots.

3) ***Σύστημα πρόωσης*** συνήθως ντηζελοκίνητα.

4) ***Διαμόρφωση κύτους.*** Μεγάλα κύτη με μεγάλα ανοίγματα, ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του μικρού συντελεστή στοιβασίας των γενικών φορτίων.

5) ***Αυτάρκεια*** σε μέσα φορτοεκφόρτωσης.

Ειδικοί εξελιγμένοι τύποι πλοίων τακτικών γραμμών είναι:

1) ***Τα πλοία μεταφοράς E/K***, το μέγεθος των οποίων φθάνει μέχρι 40.000 τόνους Deadweight και η ταχύτητα τους μέχρι και 30 knots.

2) ***Τα πλοία Roll-on/Roll-off***, που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά E/K σε τροχούς.

3) ***Τα πλοία μεταφοράς φορτίου σε φορτηγίδες***, όπως είναι τα τύπου Lash (Lighter Aboard Ship).

4) ***Τα αμιγή φορτηγά οχηματαγωγά***, που χρησιμοποιούνται για μεταφορά φορτωμένων φορτηγών αυτοκινήτων.

2) Πλοία μεταφοράς υγρών φορτίων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κυρίως τα δεξαμενόπλοια (Δ/Ξ) (tankers) αλλά και τα πρόσφατα κατασκευαζόμενα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων Liquified Natural Gases - LNG). Τα Δ/Ξ διακρίνονται σε πλοία που μεταφέρουν βαρύ πετρέλαιο (crude oil) και σε πλοία μεταφοράς προϊόντων του πετρελαίου ***(product carriers).*** Μια βασική διαφορά στον τομέα εκμετάλλευσης του Δ/Ξ από το φορτηγό πλοίο είναι ότι το πρώτο επιστρέφει πάντοτε στο λιμάνι φόρτωσης κενό. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στη σχεδίαση των Δ/Ξ έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα φόρτωσης και άλλων φορτίων χύδην (κυρίως στο ταξίδι επιστροφής). Τέτοια πλοία είναι τα πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος/πετρελαίου (Ore/Oil Carriers) και τα πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος/φορτίου χύδην/πετρελαίου (Ore/Bulk/Oil Carriers, - OBO'S).

Μια σχεδιαστική ιδιομορφία των Δ/Ξ, που αργότερα ίσχυσε και σε άλλους τύπους πλοίων, είναι η εγκατάσταση του μηχανοστασίου στην πρύμνη, απαραίτητη κυρίως για τη μη διακοπή της συνέχειας των δεξαμενών και για την απλούστευση των δικτύων πετρελαίου.

Άλλα ειδικά προβλήματα των πετρελαιοφόρων είναι προβλήματα ευστάθειας, λόγω της ύπαρξης ελεύθερων επιφανειών στις δεξαμενές, της ρύπανσης του περιβάλλοντος σε περίπτωση διαρροής πετρελαίου, θέρμανσης των δεξαμενών για να είναι δυνατή η ευκολότερη άντληση του πετρελαίου και η αντοχή και ελικτικότητας που είναι κυρίως αποτέλεσμα του μεγάλου μεγέθους των πλοίων αυτού του τύπου.

Η οικονομική εκμετάλλευση των Δ/Ξ οδήγησε, την περασμένη δεκαετία, στην κατασκευή πλοίων πολύ μεγάλου μεγέθους, τα Super Tankers, με Deadweight της τάξης του μισού εκατομμυρίου τόνων. Αυτό δημιούργησε μία υπερπροσφορά μεταφορικής ικανότητας που σε συνδυασμό με την αλματώδη αύξηση της τιμής του πετρελαίου επέφερε ελάττωση της ζήτησης και διακοπή της κατασκευής πετρελαιοφόρων μεγάλου μεγέθους.

Τα σύγχρονα Δ/Ξ έχουν Deadweight μεταξύ 60.000 και 250.000 τόννων άλλα υπάρχει και σημαντικός αριθμός ακόμη μεγαλύτερων πλοίων. Η ταχύτητα των Δ/Ξ κυμαίνεται μεταξύ 14 και 16 knots, ενώ η πρόωση τους επιτυγχάνεται συνήθως με μηχανή Diesel, αλλά μερικές φορές και με ατμοστρόβιλο.

Τα πλοία μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου είναι μικρότερα σε μέγεθος και έχουν διάταξη που επιτρέπει την ταυτόχρονη μεταφορά πολλών τύπων προϊόντων πετρελαίου.

Τέλος τα πλοία ***μεταφοράς υγροποιημένων αερίων*** που ονομάζονται LPG'S (Liquified Petroleum Gases) όταν μεταφέρουν αέρια πετρελαίου και LNG'S (Liquified Natural Gases) όταν μεταφέρουν ***υγροποιημένα φυσικά αέρια***, χαρακτηρίζονται από την ανάγκη ύπαρξης ειδικών δεξαμενών με επαρκή αντοχή, μόνωση και

ειδικό σύστημα ψύξης του περιεχόμενου υγροποιημένου φορτίου. Η μετάφορά του φορτίου σε υγροποιημένη κατάσταση γίνεται για να αποφεύγεται η αύξηση της πίεσής του και επομένως η ανάγκη αύξησης υπερβολικά της αντοχής των αντίστοιχων δεξαμενών.

3) Πλοία μεταφοράς ομοειδών στερεών φορτίων (Bulk Carriers)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πλοία μεταφοράς ομοειδών φορτίων ***χύδην*** που, ανάλογα με το είδος του μεταφερόμενου φορτίου, χαρακτηρίζονται ως μετάλλευματοφόρα, πλοία μεταφοράς σιτηρών, πλοία μεταφοράς άνθρακα και πλοία γενικής χρήσης.

Η σύγχρονη τάση στον τομέα της μεταφοράς ομοειδών φορτίων είναι η κατασκευή των γενικής χρήσης πλοίων, δηλαδή πλοίων με χαρακτηριστικά τέτοια που καθιστούν δυνατή τη μεταφορά οποιουδήποτε φορτίου ***χύδην,*** χωρίς να είναι απαραίτητες, κυρίως για λόγους ευστάθειας, ειδικές κατά περίπτωση εσωτερικές διαρρυθμίσεις των κυτών. Το Deadweight αυτών των πλοίων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 50.000 και 80.000 τόνων και η ταχύτητα τους μεταξύ 16 και 18 knots.

4) Πλοία–ψυγεία

Είναι πλοία που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά κρέατος, γαλακτοκομικών προϊόντων, ψαριών και νωπών φρούτων και διακρίνονται βασικά σε πλοία μεταφοράς κρέατος και πλοία μεταφοράς φρούτων.

Τα πλοία ψυγεία είναι μέσου Deadweight της τάξης των 5.000 τόνων και χαρακτηρίζονται από το ότι τα κύτη τους είναι εξοπλισμένα με ειδικά συστήματα ψύξης και εξαερισμού.

Η διατηρούμενη στα κύτη θερμοκρασία εξαρτάται από τα μεταφερόμενα φορτία. Από αυτήν τη θερμοκρασία εξαρτάται ο βαθμός θερμικής μόνωσης των χώρων φορτίου.

Τα πλοία ψυγεία αναπτύσουν υψηλή ταχύτητα (πάνω από 18 knots).

2.2.4 Επιβατικά πλοία

Επιβατικά πλοία, σύμφωνα με τους κανονισμούς, θεωρούνται εκείνα που μεταφέρουν πάνω από δώδεκα (12) επιβάτες. Γενικά διακρίνονται σε αποκλειστικά επιβατικά πλοία, επιβατικά-οχηματαγωγά και πλοία θαλάσσιου τουρισμού (κρουαζιερόπλοια).

1) Αποκλειστικά επιβατικά πλοία

Τα πλοία αυτά προορίζονται για την πραγματοποίηση της θαλάσσιας συγκοινωνίας και ο ρόλος τους έχει περιορισθεί σημαντικά από την τεράστια ανάπτυξη των αεροπορικών συγκοινωνιών.

Είναι πλοία που χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλές ταχύτητες και από την ανάγκη ύπαρξης χώρων και ξενοδοχειακού εξοπλισμού για μεγάλο αριθμό επιβατών. Η σχεδίασή τους έχει αισθητά επηρεασθεί, όπως άλλωστε και των άλλων τύπων επιβατικών πλοίων, από την ανάγκη ικανοποίησης αυστηρών κανονισμών που σχε-

τίζονται με την ασφάλεια των επιβατών. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς τους κανονισμούς είναι εκείνοι που καλύπτουν την πυρασφάλεια, τη στεγανή υποδιαίρεση και την ευστάθεια.

2) Επιβατικά–οχηματαγωγά

Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή επιβατικού πλοίου, που χρησιμοποιείται στις σύγχρονες ελληνικές συγκοινωνίες.

Εκτός από τον ξενοδοχειακό εξοπλισμό και την υψηλή ταχύτητα διαθέτουν και ελεύθερα καταστρώματα για τη μεταφορά επιβατικών και φορτηγών αυτοκινήτων. Τα καταστρώματα αυτά είναι ανοικτά, όταν πρόκειται για πλοία που εκτελούν δρομολόγια σε κλειστές περιοχές, και κλειστά όταν πρόκειται για πιο απομακρυσμένα δρομολόγια.

Ειδικά προβλήματα των επιβατικών οχηματαγωγών είναι η ανάγκη προστασίας του χώρου οχημάτων από πυρκαγιά και η στερέωση των οχημάτων για το ενδεχόμενο μετακίνησης τους σε θαλασσοταραχή.

3) Πλοία θαλάσσιου τουρισμού (κρουαζιερόπλοια)

Τα πλοία αυτά έχουν την ίδια περίπου σχεδίαση με τα αποκλειστικώς επιβατικά πλοία, με τη διαφορά ότι έχουν μεγαλύτερη πολυτέλεια, ανέσεις και εκτεταμένους χώρους ψυχαγωγίας.

2.2.5 Πλοία ειδικού προορισμού

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν πολλοί ειδικοί τύποι εμπορικών πλοίων, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι τα αλιευτικά και τα ρυμουλκά.

1) Αλιευτικά πλοία

Τα αλιευτικά πλοία έχουν μήκος που κυμαίνεται από 30 ως και 100 m και συνήθως, εκτός από τον αλιευτικό εξοπλισμό έχουν και δυνατότητες κατάψυξης και αποθήκευσης του αλιεύματος.

Χαρακτηρίζονται από την ανάγκη εξοπλισμού τους με σύγχρονα όργανα εντοπισμού της περιοχής που είναι κατάλληλη για αλιεία (βαθύμετρα-ραντάρ) και με μεγάλου μεγέθους βαρούλκα, απαραίτητα για την αλιεία. Ειδικά επιτυχημένα πλοία είναι εκείνα στα οποία η αλιεία γίνεται από την πρύμνη (stern-trawlers).

2) Ρυμουλκά–Ναυαγοσωστικά

Είναι πλοία που χρησιμοποιούνται κοντά ή μέσα το λιμάνι για επιβοήθηση των χειρισμών άλλων πλοίων ή στην ανοικτή θάλασσα για παροχή βοήθειας σε πλοία που αντιμετωπίζουν δυσχέρειες. Τα ναυαγοσωστικά (σε σχέση με τα ρυμουλκά) έχουν και άλλα συστήματα, όπως πυροσβεστικά μέσα, αντλίες για άντληση νερού, αεροσυμπιεστές κ.λπ. που καλύπτουν κυρίως τις ανάγκες παροχής βοήθειας σε πλοία που κινδυνεύουν.

Η πιο σημαντική κατασκευαστική ιδιομορφία των ρυμουλκών είναι ότι πρέπει να έχουν πολύ καλή ευστάθεια και δυνατότητα είτε να ταξιδεύουν ελεύθερα με μεγάλη σχετικά ταχύτητα (της τάξης των 12 knots) είτε να μπορούν να δημιουργούν μεγάλη ώση η έλξη σε μικρή ταχύτητα.

Αυτό δημιουργεί ειδικές απαιτήσεις στο σύστημα πρόωσης και στη σχεδίαση της έλικάς τους.

2.2.6 Ειδικοί τύποι πλοίων

Στην κατηγορία αύτη θα περιγράψουμε συνοπτικά τα αερόστρωμνα και τα υδροπτέρυγα σκάφη.

1) Αερόστρωμνα οχήματα (Hovercraft)

Τα αερόστρωμνα οχήματα κινούνται πάνω σε στρώμα αέρα που δημιουργείται από ειδικούς ανεμιστήρες. Για τη δημιουργία αυτού του στρώματος γύρω από το πλοίο υπάρχει ένα ειδικό παραπέτασμα.

Η κίνηση του πλοίου πάνω σε στρώμα από αέρα παρέχει τη δυνατότητα αύξησης της ταχύτητας (μέχρι και 80 knots) χωρίς την ανάγκη υπερβολικής αύξησης της ιπποδύναμης. Το παραπέτασμα μπορεί να είναι κατασκευασμένο χωρίς δυνατότητα παραμόρφωσης ή να είναι εύκαμπτο. Όταν υπάρχει εύκαμπτο παραπέτασμα είναι δυνατόν το όχημα να ταξιδεύει και σε ομαλή παραλία (που έχει μικρές εξάρσεις). Τότε το όχημα λέγεται ***αμφίβιο.***

Τα αερόστρωμνα οχήματα χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μεταφορά επιβατών. Πρόσφατα όμως μελετάται η χρήση τους και για τη μεταφορά φορτίων σε περιπτώσεις όπου η υψηλή ταχύτητα της μεταφοράς αποτελεί σπουδαίο πλεονέκτημα εκμετάλλευσης.

2) Υδροπτέρυγα (Hydrofoils)

Είναι πλοία των οποίων η στήριξη δεν βασίζεται στην άντωση άλλα σε υδροδυναμικής προέλευσης δυνάμεις. Οι δυνάμεις αυτές δημιουργούνται από ειδικές πτέρυγες που είναι βυθισμένες στο νερό. Έτσι η γάστρα του πλοίου βγαίνει έξω από το νερό, η αντίσταση ελαττώνεται και επομένως είναι δυνατή η ανάπτυξη μεγάλης ταχύτητας με μικρή ισχύ μηχανών.

Τα υδροπτέρυγα σκάφη χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1) Σε πλοία με *πτέρυγες που διαπερνούν την επιφάνεια* (Surface Piercing Foils).

2) Σε πλοία με *πλήρως βυθισμένες πτέρυγες* (Fully Submerged Foils).

Αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως, σήμερα σε εμπορικές εφαρμογές ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, γιατί είναι απλούστερα και φθηνότερα.

Τα υδροπτέρυγα της δεύτερης κατηγορίας έχουν σοβαρά ***πλεονεκτήματα***, το κυριότερο από τα οποία είναι ότι δεν επηρεάζονται αισθητά από τον κυματισμό.

Το ***μειονέκτημά*** τους είναι ότι χρειάζονται ειδικά συστήματα έλεγχοι και γι' αυτό είναι πολύ δαπανηρά στην κατασκευή και στη συντήρησή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ονοματολογία – Διαστάσεις πλοίων

3.1 Γενικά

Στη σχεδίαση, κατασκευή και εκμετάλλευση του πλοίου χρησιμοποιούνται ειδικοί όροι και ονόματα για τα διάφορα στοιχεία ή χώρους. Επίσης, εξαιτίας του ειδικού σχήματος του πλοίου, υπάρχει ένας αυστηρά καθορισμένος τρόπος με τον οποίο πρέπει να μετράμε τις διαστάσεις του. Η ορθή και με ακρίβεια μέτρηση των διαστάσεων ενός πλοίου έχει ιδιαίτερα πρακτική σημασία, γιατί πολλά στοιχεία που αφορούν στη χρησιμοποίησή του και προκύπτουν από νομοθετημένους κανονισμούς, βρίσκονται συχνά σε συνάρτηση με τις διαστάσεις του. Στο παρακάτω κεφάλαιο έχουν συμπεριληφθεί αλφαβητικά τα σημαντικότερα στοιχεία της ονοματολογίας του πλοίου. Ειδικοί όροι που αναφέρονται σε στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου δεν περιλαμβάνονται εδώ, αλλά επεξηγούνται στο ειδικό για την κατασκευή κεφάλαιο.

3.2 Ονοματολογία – Διαστάσεις

Σε αρκετούς από τους παρακάτω ορισμούς χρησιμοποιούμε (σε συσχετισμό με το περίβλημα του πλοίου) μια ιδεατή επιφάνεια που ονομάζουμε ***επιφάνεια αναφοράς*** (molded surface).

Το σχέδιο γραμμών του πλοίου, όπως θα δούμε στα επόμενα, απεικονίζει την επιφάνεια αναφοράς του πλοίου σε διάφορες όψεις. Τα ***μεγέθη αναφοράς,*** όπως το μήκος ή το πλάτος, ορίζονται πάντοτε με βάση την επιφάνεια αναφοράς του πλοίου. Η επιφάνεια αυτή ορίζεται, στα μεταλλικά πλοία, από την εξωτερική επιφάνεια των νομέων κατασκευής, ενώ στα ξύλινα, από την εξωτερική επιφάνεια του περιβλήματος.

1) ***Ακροπρυμναία στηρίγματα άξονα.*** Είναι τα στηρίγματα των ελικοφόρων αξόνων του πλοίου τα οποία συνοδεύονται από ειδική τοπική διαμόρφωση των υφάλων στο σημείο που ο άξονας διαπερνά το σκάφος (bossings). Στην περίπτωση που η μορφή του πλοίου επιβάλλει, ώστε οι ελικοφόροι άξονες να έχουν μεγάλο μήκος έξω από το πλοίο, υπάρχουν και άλλα στηρίγματα (του τμήματος του άξονα που βρίσκεται μέσα στο νερό) που λέγονται ***έδρανα V*** και ***Ω*** (struts).

2) ***Αντλιοστάσιο (Pump-room).*** Είναι ο χώρος του Δ/Ξ μέσα στον οποίο υπάρχουν οι αντλίες για τη μετάγγιση και για την εκφόρτωση του φορτίου

3) ***Άφορτο πλοίο (Light ship).*** Το βάρος του πλοίου όπως παραδίνεται από το

ναυπηγείο με όλη την κατασκευή του συμπληρωμένη και με υγρά στην κανονική στάθμη λειτουργίας στους λέβητες, στις μηχανές και στα μηχανήματα, αλλά ***χωρίς*** πλήρωμα, εφόδια, πετρέλαιο, λάδι λίπανσης, πόσιμο και τροφοδοτικό νερό και φορτίο. Εκφράζεται σε μετρικούς η αγγλικούς τόνους.

4) ***Άφορτη ίσαλος (Light Waterline – LWL).*** Η ίσαλος στην οποία πλέει το άφορτο πλοίο.

5) ***Βασική γραμμή αναφοράς (Base Line).*** Στο σχέδιο γραμμών του πλοίου βασική γραμμή είναι η ευθεία που προκύπτει από την προβολή του βασικού επιπέδου αναφοράς (βλ. αριθμό 6) πάνω στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας (βλ. αριθμό 21) ή πάνω σε ένα επίπεδο κάθετο προς αυτό, όπως είναι το επίπεδο οποιασδήποτε εγκάρσιας τομής (σχ. 3.1).

6) ***Βασικό επίπεδο αναφοράς.*** Είναι το επίπεδο αναφοράς για κατακόρυφες μετρήσεις, όπως το βύθισμα, που στις περισσότερες περιπτώσεις εφάπτεται στην επάνω όψη του ελάσματος της επίπεδης τρόπιδας.

7) ***Βοηθητικοί χώροι (Auxiliary Spaces).*** Χώροι του πλοίου που δεν είναι απόλυτα ζωτικοί για την εκπλήρωση της αποστολής του.

8) ***Βρεχόμενη επιφάνεια (Wetted Surface).*** Είναι η επιφάνεια του τμήματος του πλοίου που βρίσκεται σε επαφή με το νερό (κατάσταση ηρεμίας). Εκφράζεται σε τετραγωνικά μέτρα ή τετραγωνικά πόδια και μεταβάλλεται όταν μεταβάλλονται τα βυθίσματα του πλοίου.

9) ***Βύθισμα (Draft).*** Η απόσταση μεταξύ του βασικού επιπέδου αναφοράς και μιας ισάλου (σχ. 3.1). Μετριέται κάθετα προς το βασικό επίπεδο αναφοράς και εκφράζεται σε μέτρα ή πόδια.

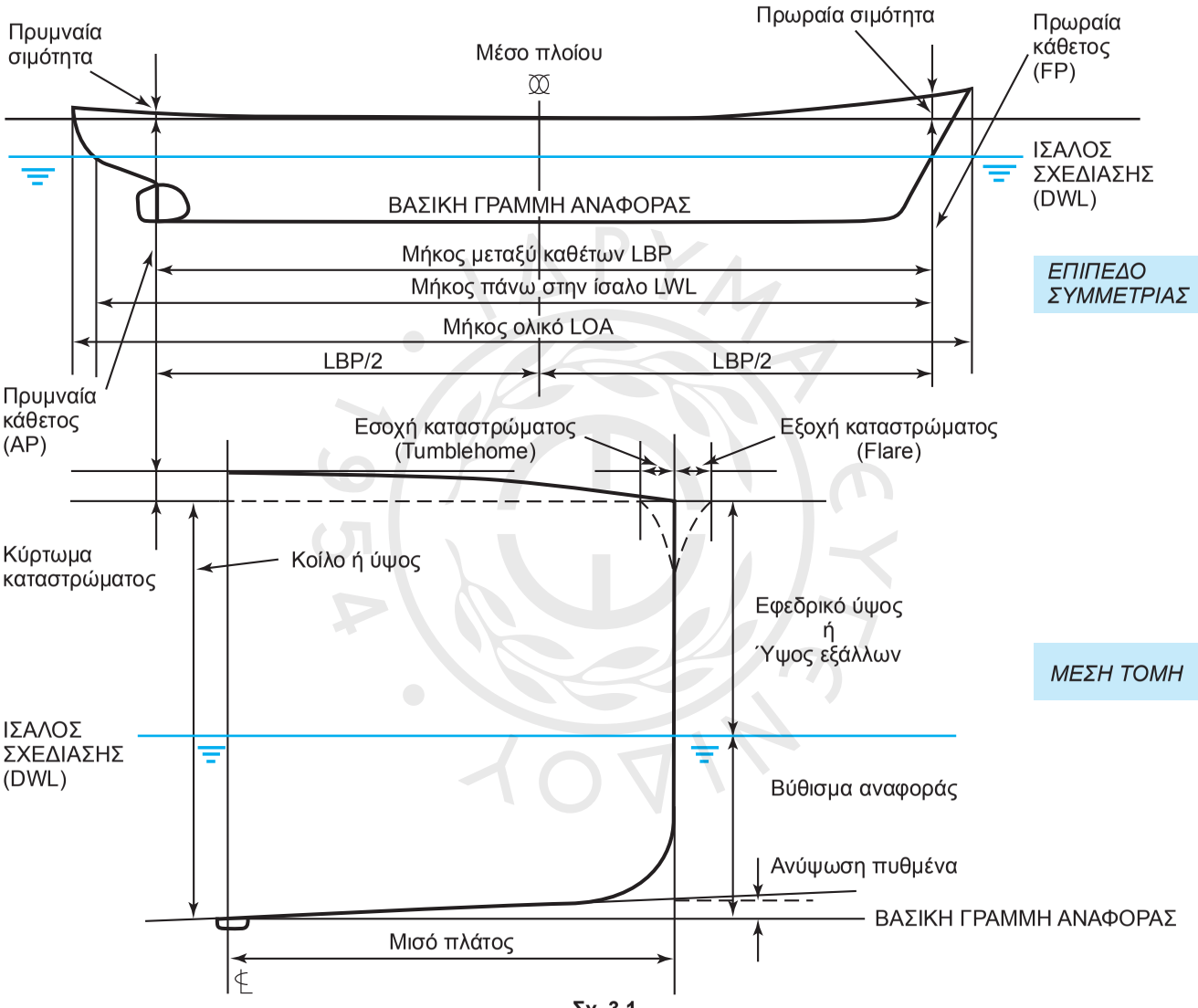
10) ***Βύθισμα αναφοράς (Moulded Draft).*** Το βύθισμα που αντιστοιχεί στην ίσαλο σχεδίασης του πλοίου (βλ. παρακάτω αριθμό 34).

11) ***Βύθισμα μέσο (Mean Draft).*** Το βύθισμα που μετριέται στο μέσο της απόστασης ανάμεσα στις καθέτους. Αν το πλοίο δεν έχει υποστεί κάμψη, είναι ίσο με το ημιάθροισμα πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος.

12) ***Βύθισμα πρυμναίο (Aft Draft).*** Το βύθισμα που μετριέται πάνω στην πρυμναία κάθετο.

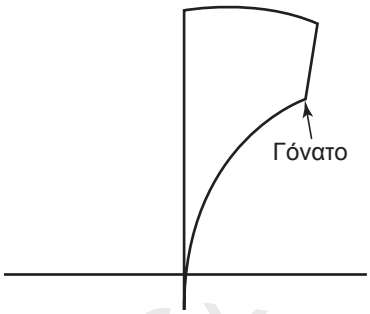
13) ***Βύθισμα πρωραίο (Forward Draft).*** Το βύθισμα που μετριέται πάνω στην πρωραία κάθετο.

14) ***Γάστρα.*** Ο όγκος των υφάλων του κυρίως σκάφους χωρίς να περιλαμβάνονται οι διάφορες ***προεξοχές,*** όπως άξονες παρατροπίδια κ.λπ. που βρίσκονται μέσα στο νερό. Στην πράξη ο όρος γάστρα χρησιμοποιείται και για να εκφράσει το τμήμα του πλοίου που περιλαμβάνεται μεταξύ του περιβλήματος κι ενός συνεχούς υδατοστεγανού καταστρώματος που βρίσκεται έξω από το νερό όταν το πλοίο βρίσκεται σε οριζόντια θέση (Hull).



Σχ. 3.1
Ονοματολογία και διαστάσεις πλοίου.

15) ***Γόνατο (Chine).*** Είναι το σημείο στο οποίο διακόπτεται η ομαλότητα της καμπύλης μιας εγκάρσιας τομής (σχ. 3.2).



Σχ. 3.2
Γόνατο εγκάρσιας τομής.

16) ***Γραμμή φόρτωσης (Loadline).*** Ένα ειδικό σημείο που χαράσσεται στις πλευρές του πλοίου και δείχνει το μέγιστο σημείο που επιτρέπεται να φθάσει η ίσαλος σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών.

17) ***Δεξαμενές (Tanks).*** Χώροι του πλοίου με προορισμό και εξοπλισμό που επιτρέπει την αποθήκευση υγρών (νερό, πετρέλαιο ή λάδι λίπανσης).

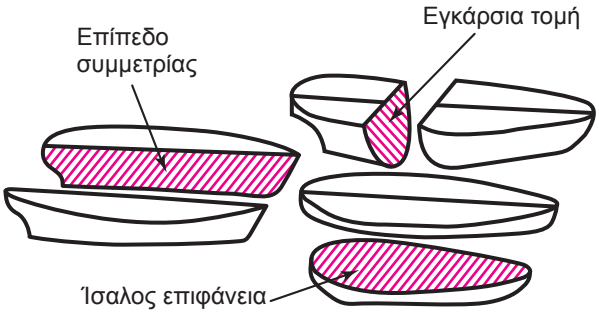
18) ***Δεξαμενές φορτίου (Gargo Tanks).*** Δεξαμενές για τη μεταφορά φορτίου σε Δ/Ξ (πετρελαιοφόρα, υδροφόρες κλπ.).

19) ***Δεξαμενές ζυγοστάθμισης (Ballast Tanks).*** Δεξαμενές που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του μέσου βυθίσματος και της διαγωγής του πλοίου στις διάφορες καταστάσεις φόρτωσης. Για τον σκοπό αυτό οι δεξαμενές ζυγοστάθμισης άλλοτε γεμίζονται με θαλάσσιο νερό (υγρό έρμα) και άλλοτε είναι κενές.

20) ***Διαγωγή (Trim).*** Είναι η διαφορά μεταξύ πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος. Όταν τα βυθίσματα είναι ίσα, λέμε το πλοίο είναι ***ισοβύθιστο*** (Evenkeel). Όταν το πρυμναίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο έχομε ***διαγωγή προς πρύμα*** (Trim by stern), ενώ όταν το πρωραίο είναι μεγαλύτερο ***διαγωγή προς πρώρα*** (trim by bow).

21) ***Διάμηκες επίπεδο συμμετρίας (Centerline Plane).*** Επίπεδο κάθετο προς την ίσαλο που περιέχει τη στείρα, την τρόπιδα και το ποδόστημα. Χωρίζει το πλοίο σε δύο τμήματα που σε συνήθη πλοία είναι εξωτερικά όμοια. Κοιτάζοντας από την πρύμνη προς την πλώρη τα δύο αυτά τμήματα του πλοίου χαρακτηρίζονται σαν δεξιό και αριστερό τμήμα (σχ. 3.3).

22) ***Διαστάσεις (Dimensions).*** Μεγέθη (μήκη) που χαρακτηρίζουν πολύ χονδρικά τη μορφή και το μέγεθος του πλοίου. Η μέτρησή τους γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο που καθορίζεται στον ορισμό της κάθε διάστασης.



Σχ. 3.3
Χαρακτηριστικές τομές πλοίου.

23) ***Εκτόπισμα (Displacement).*** Είναι το βάρος του νερού (σε μετρικούς ή σε αγγλικούς τόνους) που εκτοπίζουν τα ύφαλα του πλοίου. Είναι ίσο με το βάρος του πλοίου.

24) ***Εκτόπισμα άφορτο (Light Ship Displacement).*** Το εκτόπισμα του άφορτου πλοίου.

25) ***Εκτόπισμα έμφορτο (Full Load Displacement).*** Το εκτόπισμα του πλοίου όταν πλέει στο μεγαλύτερο βύθισμα που επιτρέπεται.

26) ***Ενδιαιτήματα (Living-Quarters).*** Χώροι του πλοίου που προορίζονται για την παραμονή του πληρώματος. Στα επιβατικά πλοία έχουμε και ενδιαιτήματα επιβατών (Passenger Spaces).

27) ***Έξαλα.*** Το μέρος του πλοίου που βρίσκεται έξω από το νερό.

28) ***Εξομάλυνση γραμμών πλοίου (Lines Fairing).*** Διαδικασία (πριν από τη κατασκευή του πλοίου) που εξασφαλίζει την ομαλή μορφή των εξωτερικών γραμμών και των επιφανειών του σκάφους.

29) ***Εφεδρικό ύψος ή ύψος εξάλων (Freeboard).*** Η απόσταση μεταξύ της ισάλου και μιας γραμμής παράλληλης προς αυτήν που φέρεται από την πλευρά του ανώτερου υδατοστεγανού καταστρώματος στη θέση της μέσης τομής (σχ. 3.1).

30) ***Ηλεκτροστάσιο (Generator Room).*** Χώρος μέσα στον οποίο είναι εγκαταστημένες οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Μπορεί να είναι ανεξάρτητο διαμέρισμα άλλα σε μερικές περιπτώσεις και κοινό με το μηχανοστάσιο.

31) ***Θεωρητικοί νομείς (Sections).*** Νοητές τομές της επιφάνειας αναφοράς του πλοίου με εγκάρσια (κάθετα πάνω στο διάμηκες) επίπεδα που δείχνονται στο σχέδιο γραμμών και χρησιμοποιούνται για την παράσταση της γεωμετρίας του περιβλήματος. Συνήθως βρίσκονται σε ισαποστάσεις δηλαδή χωρίζουν το πλοίο σε κομμάτια ίσου μήκους.

32) ***Ίσαλος (Waterline).*** Η τομή που προκύπτει από την επιφάνεια της θάλασσας με το πλοίο (σχ. 3.3).

33) ***Ίσαλος έμφορτη (Load Waterline – LWL).*** Η ίσαλος που αντιστοιχεί στο μέγιστο βύθισμα που επιτρέπεται να πλέει το πλοίο.

34) ***Ίσαλος σχεδίασης (Designed Waterline – DWL).*** Η ίσαλος στην οποία, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που γίνονται κατά τη σχεδίαση του πλοίου, θα πλέει το έμφορτο πλοίο (σχ. 3.1).

35) ***Ίσαλος ζώνη.*** Μια περιοχή στο περίβλημα του πλοίου που περιλαμβάνεται (περίπου) μεταξύ των ισάλων που αντιστοιχούν στο άφορτο και στο (πλήρως) έμφορτο πλοίο.

36) ***Ισχύο ή γοφός.*** Το τμήμα της πλευράς του πλοίου ανάμεσα στην πρύμνη και το μέσο του.

37) ***Κάθετοι (Perpendiculars).*** Κατακόρυφες γραμμές που φέρονται από συγκεκριμένα σημεία της πλώρης και της πρύμνης. Ειδικότερα η κάθετος που περνάει από το σημείο τομής της πλώρης και της ισάλου σχεδίασης λέγεται ***Πρωραία Κάθετος*** (Forward Perpendicular – FP).

Εξάλλου η ***Πρυμναία Κάθετος*** (After Perpendicular – AP) περνά από το σημείο τομής της ισάλου σχεδίασης και της πρυμναίας όψης του άξονα του πηδαλίου (σχ. 3.1). Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως στα πολεμικά πλοία, η πρυμναία κάθετος περνά από το σημείο τομής της ισάλου σχεδίασης και της πρύμνης.

38) ***Καταμέτρηση πλοίου (Admeasurement).*** Μετρήσεις και υπολογισμοί για την εύρεση της χωρητικότητας του πλοίου (βλ. παρακάτω, αριθμό 77).

39) ***Κέντρο βάρους (Center of Gravity).*** Το σημείο στο οποίο επενεργεί η συνισταμένη όλων των βαρών που συνθέτουν το πλοίο, καθώς και εκείνων που μεταφέρονται από αυτό.

40) ***Κέντρο όγκου ή κέντρο άντωσης (Center of Buoancy).*** Είναι το κέντρο όγκου των υφάλων του πλοίου. Λέγεται και κέντρο άντωσης γιατί εκεί επενεργεί η δύναμη της άντωσης.

41) ***Κλίμακες βυθισμάτων (Draft Scales).*** Είναι κλίμακες χαραγμένες στην πλώρη και στην πρύμνη (μερικές φορές και στο μέσο του πλοίου) πάνω στις οποίες διαβάζουμε τα βυθίσματα.

42) ***Κοίλο ή Ύψος (Depth or Height).*** Η απόσταση ανάμεσα στη βασική γραμμή και μία παράλληλη προς αυτήν που περνά από την πλευρά του ανώτερου συνεχούς υδατοστεγανού καταστρώματος στη μέση τομή (σχ. 3.1).

43) ***Κύρτωμα καταστρώματος (Camber).*** Μήκος που χρησιμοποιείται για να δείξει την καμπυλότητα που παρουσιάζει ένα κατάστρωμα κατά το εγκάρσιο, και εκφράζεται ως η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δύο παραλλήλων προς τη βασική

γραμμή που φέρονται από το μέσο και την πλευρά του καταστρώματος (στη μέση τομή). Συνήθως το κύρτωμα του καταστρώματος είναι ίσο με το 1/50 του πλάτους (σχ. 3.1).

44) ***Κύτη (Holds).*** Χώροι που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίου (αμπάρια).

45) ***Λεβητοστάσιο (Boiler Room).*** Χώρος του πλοίου στο οποίο είναι εγκατεστημένοι οι λέβητες.

46) ***Μέση τομή (Midship Section).*** Εγκάρσια τομή (σχ. 3.1) που αντιστοιχεί στο μέσο της απόστασης ανάμεσα στις κάθετες.

47) ***Μήκος πάνω στην ίσαλο (Length on the Waterline – LWL).*** Το μήκος πάνω στην ίσαλο σχεδίασης ενός πλοίου (σχ. 3.1). Μετριέται σε μέτρα ή πόδια.

48) ***Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars – LBP).*** Το μήκος μεταξύ της πρωραίας και πρυμναίας καθέτου ενός πλοίου (σχ. 3.1). Μετριέται σε μέτρα ή πόδια.

49) ***Μήκος ολικό (Length Overall – LOA).*** Το μήκος μεταξύ των ακραίων σημείων ενός πλοίου (σχ. 3.1). Μετριέται σε μέτρα η πόδια.

50) ***Μηχανοστάσιο (Engine Room).*** Ο χώρος μέσα στον οποίο βρίσκονται οι προωστήριες μηχανές του πλοίου.

51) ***Όγκος εκτοπίσματος (Volume of Displacement).*** Ο όγκος των υφάλων του πλοίου.

52) ***Παράλληλο μέσο τμήμα (Parallel Middle Body).*** Τμήμα του πλοίου κοντά στη μέση τομή όπου η μορφή των εγκάρσιων τομών του παραμένει αμετάβλητη.

53) ***Παραπέτο (Bulwark).*** Παραπέτασμα πάνω στο ανώτερο κατάστρωμα για να εμποδίζει την είσοδο νερού από τα κύματα.

54) ***Παρειά η μάσκα.*** Το τμήμα των πλευρών του πλοίου που βρίσκεται ανάμεσα στην πλώρη και το μέσο του.

55) ***Παρίσαλος (Waterline).*** Οποιαδήποτε τομή του πλοίου με επίπεδα παράλληλα προς εκείνο της ισάλου σχεδίασης.

56) ***Πλάτος (Beam or Breadth).*** Το μέγιστο πλάτος μετρούμενο κάθετα προς το επίπεδο συμμετρίας στην εξωτερική πλευρά του νομέα (εσωτερικά του ελάσματος του περιβλήματος). Το πλάτος εκφράζεται σε μέτρα ή πόδια και εμφανίζεται συνήθως στη μέση τομή (σχ. 3.1).

57) ***Πλάτος μέγιστο (Breadth Extreme).*** Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των πλευρών του πλοίου που μετριέται κάθετα προς το επίπεδο συμμετρίας. Στη μέτρηση του μέγιστου πλάτους λαμβάνουμε υπόψη και το πάχος του ελάσματος, καθώς και τα περιζώματα, εάν υπάρχουν.

58) ***Ποδόστημα (Stern Post).*** Είναι η ακροπρυμναία κατασκευή του πλοίου.

59) ***Προεξοχή ελικοφόρου άξονα (Shaft Bossing).*** Είναι η κατασκευή που περιβάλλει το ακροπρυμναίο στήριγμα του στροφαλοφόρου άξονα (βλ. αριθμό 1).

60) ***Πρυμναία κάθετος (After Perpendicular)*** (βλ. αριθμό 37).

61) ***Πρυμναίο βύθισμα (After Draft)*** (βλ. αριθμό 12).

62) ***Πρωραία κάθετος (Forward Perpendicular)*** (βλ.αριθμό 37).

63) ***Πρωραίο βύθισμα (Forward Draft)*** (βλ. αριθμό 13).

64) ***Σιμότητα κατατρώματος (Sheer).*** Χρησιμοποιείται για να δείξει την καμπυλότητα ενός καταστρώματος κατά το διάμηκες. Εκφράζεται ως ***πρωραία*** και ***πρυμναία*** σιμότητα (σε μέτρα ή πόδια) που δείχνουν αντίστοιχα την ανύψωση του καταστρώματος στην πρωραία και πρυμναία κάθετο (σχ. 3.1).

65) ***Στείρα (Stem Post).*** Είναι η ακροπρυμναία κατασκευή του πλοίου.

66) ***Συντελεστές γάστρας (Form Coefficients).*** Αδιάστατοι συντελεστές που προκύπτουν από συνδυασμούς των βασικών διαστάσεων με τον όγκο των υφάλων, την επιφάνεια της ισάλου και την επιφάνεια της μέσης τομής και δείχνουν προσεγγιστικά τη μορφή της γάστρας.

67) ***Συντεταγμένες κέντρου βάρους (Coordinates of Center of Gravity).*** Οι αποστάσεις του κέντρου βάρους του πλοίου από τους άξονες ενός συστήματος συντεταγμένων, σταθερά προσαρμοσμένου στο πλοίο.

68) ***Συντεταγμένες κέντρου όγκου (Coordinates of Center of Volume).*** Οι αποστάσεις του κέντρου όγκου του πλοίου από τους άξονες ενός συστήματος συντεταγμένων, σταθερά προσαρμοσμένου στο πλοίο.

69) ***Σχέδιο γραμμών (Lines Plan).*** Ειδικό σχέδιο με το οποίο περιγράφεται η μορφή του περιβλήματος του πλοίου.

70) ***Σχέδιο εγκάρσιων τομών (Body Plan).*** Το τμήμα του σχεδίου γραμμών που δείχνει τη μορφή των θεωρητικών νομέων.

71) ***Υπερκατασκευή (Superstructure).*** Κάθε κατασκευή πάνω από το ανώτερο συνεχές υδατοστεγανό κατάστρωμα του πλοίου που εκτείνεται σε όλο το πλάτος του άλλα όχι σε όλο το μήκος.

72) ***Υπερστέγασμα (Deck Erection).*** Κάθε κατασκευή πάνω από το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα του πλοίου που εκτείνεται σε μέρος του πλάτους και μέρος του μήκους.

73) ***΄Υφαλα.*** Το μέρος του πλοίου που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού.

74) ***Φρακτές (Bulkheads).*** Διαφράγματα (μπουλμπέδες) που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των διαμερισμάτων μεταξύ τους. Διακρίνονται σε ***στεγανές*** και ***μη στεγανές.***

75) ***Φρεάτιο αλυσίδας (Chain-Locker).*** Χώρος στην πλώρη του πλοίου που χρησιμοποιείται για να συγκεντρώνεται η αλυσίδα της άγκυρας.

76) ***Χώροι ναυσιπλοΐας (Navigation Spaces).*** Χώροι που χρησιμοποιούνται για χειρισμούς του πλοίου ή που περιέχουν ναυτιλιακά όργανα.

77) ***Χωρητικότητα πλοίου (Tonnage).*** Αριθμός που εκφράζει το αποτέλεσμα της μέτρησης του όγκου των στεγασμένων χώρων του πλοίου με βάση ειδικούς κανονισμούς. Εκφράζεται σε ***κόρους*** και διακρίνεται σε ***ολική*** και ***καθαρή***.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Βάρος – Άντωση – Πλευστότητα και ευστάθεια πλοίου

4.1 Στατική θεώρηση του πλοίου

Κατά τη στατική θεώρηση του πλοίου, δηλαδή κατά τη μελέτη των στοιχείων της ισορροπίας του πάνω στην επιφάνεια του νερού όταν δεν υπάρχουν δυνάμεις μεταβαλλόμενες με τον χρόνο, όπως το κύμα ή ο άνεμος, λαμβάνονται υπόψη το βάρος και οι δυνάμεις υδροστατικής προέλευσης. Η δύναμη που τείνει να μετακινήσει το πλοίο προς τα κάτω, είναι η συνισταμένη του συνόλου των βαρών, μονίμων ή μεταβλητών, τα οποία συνθέτουν το πλοίο. Στο σύνολο των βαρών συμπεριλαμβάνεται και το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου. Τη δύναμη αυτή θα πρέπει να ισορροπήσει η κατακόρυφη συνιστώσα του συνόλου των υδροστατικών πιέσεων που ενεργούν πάνω στα ύφαλα του πλοίου. Το σημείο εφαρμογής της δύναμης του βάρους ονομάζεται ***κέντρο βάρους του πλοίου.***

4.2 Βάρος ή εκτόπισμα

Ειδικά στο πλοίο, το σύνολο των βαρών ονομάζεται ***βάρος εκτοπίσματος*** ή απλώς ***εκτόπισμα*** και διακρίνεται σε:

1) ***Έμφορτο,*** που είναι το συνολικό βάρος του πλοίου όταν πλέει στη βαθύτερη επιτρεπόμενη ίσαλο και

2) ***άφορτο (Light Ship)***, που είναι το βάρος του πλοίου όταν είναι έτοιμο και με υγρά στα μηχανήματα στην κανονική στάθμη λειτουργίας, αλλά χωρίς καύσιμα, λιπαντικά, τροφοδοτικό και πόσιμο νερό, εφόδια, χρώματα και γενικά χωρίς καταναλώσιμες ύλες, πλήρωμα, αποσκευές φορτίο και επιβάτες.

Άλλοι ορισμοί σχετικοί με το βάρος του πλοίου είναι:

1) Το ***Deadweight.*** Περιλαμβάνει τα καύσιμα και λιπαντικά, το τροφοδοτικό και πόσιμο νερό, τα εφόδια, τα χρώματα και γενικά τις καταναλώσιμες ύλες, το πλήρωμα και τις αποσκευές του, τους επιβάτες και τις αποσκευές τους και κυρίως το μεταφερόμενο φορτίο.

2) Το ***ωφέλιμο φορτίο.*** Περιλαμβάνει τους επιβάτες και τις αποσκευές τους, καθώς και το μεταφερόμενο φορτίο. Αν λάβουμε υπόψη τον μεγάλο αριθμό των βαρών που συνθέτουν το άφορτο πλοίο, είναι φανερή η δυσκολία με την οποία μπορούμε να το εκτιμήσουμε με ακρίβεια. Για τον λόγο αυτό η εκτίμηση του βάρους του άφορτου πλοίου γίνεται επανειλημμένα και σε διάφορες φάσεις της σχεδίασης και κατασκευής του με ολοένα και μεγαλύτερη ακρίβεια. Η τελική όμως και πιο σωστή εύρεση

του βάρους γίνεται όταν το πλοίο είναι έτοιμο να πλεύσει στο νερό με υπολογισμό της άντωσής του, όπως θα επεξηγηθεί στα επόμενα.

4.3 Άντωση – Αρχή του Αρχιμήδη

Όπως είναι γνωστό, πάνω στα διάφορα στοιχεία (απειροστές επιφάνειες) της βρεχόμενης επιφάνειας του πλοίου επενεργούν πιέσεις των οποίων το μέγεθος είναι ανάλογο με την πυκνότητα του υγρού και την κατακόρυφη απόσταση του στοιχείου από την επιφάνεια. Οι πιέσεις αυτές δίνονται από τη σχέση:

$$p = \rho g H = \gamma H \qquad (1)$$

όπου: **p** η πίεση που εφαρμόζεται πάνω στο στοιχείο της επιφάνειας
ρ η πυκνότητα του υγρού
g η επιτάχυνση της βαρύτητας
H η απόσταση του στοιχείου από την επιφάνεια και
γ το ειδικό βάρος του ρευστού.

Οι παραπάνω πιέσεις, όταν επενεργούν στις στοιχειώδεις επιφάνειες των υφάλων του πλοίου, δημιουργούν δυνάμεις που μπορούν να αναλυθούν σε *κατακόρυφες* και *οριζόντιες συνιστώσες*. Από αυτές οι οριζόντιες συνιστώσες ισορροπούν μεταξύ τους, ενώ αυτό δεν συμβαίνει με τις κατακόρυφες. Το άθροισμα των κατακόρυφων αυτών συνιστωσών ονομάζεται ***άντωση*** και είναι μία δύναμη που επενεργεί αντίθετα από το βάρος.

Για την εξασφάλιση στατικής ισορροπίας στο πλοίο θα πρέπει:

1) Το βάρος και η άντωση να έχουν το ίδιο μέγεθος, αλλά αντίθετη φορά.

2) Οι φορείς (δηλ. οι ευθείες) πάνω στις οποίες βρίσκονται τα αντίστοιχα διανύσματα (βάρους και άντωσης) να συμπίπτουν.

Από την τελευταία απαίτηση, επειδή οι δύο δυνάμεις είναι κατακόρυφες (άρα και παράλληλες), συνεπάγεται ότι τα σημεία εφαρμογής τους πρέπει να βρίσκονται πάνω στην ίδια κατακόρυφη ευθεία.

Όταν η πυκνότητα του νερού είναι σταθερή, αποδεικνύεται με ολοκλήρωση ότι:

1) ***Η δύναμη της άντωσης είναι ίση με το βάρος του νερού που έχει όγκο ίσο με εκείνο που καταλαμβάνουν τα ύφαλα του πλοίου (Αρχή του Αρχιμήδη).***

2) Το σημείο στο οποίο επενεργεί η δύναμη της άντωσης ***(κέντρο άντωσης)*** συμπίπτει με το γεωμετρικό κέντρο ***(κέντρο όγκου)*** των υφάλων. Όταν η πυκνότητα του νερού μεταβάλλεται κατά την κατακόρυφο, τότε η εύρεση της δύναμης της άντωσης και του κέντρου εφαρμογής της είναι δυσκολότερη. Στην περίπτωση αυτή για να βρει κάποιος τα παραπάνω στοιχεία (άντωση και κέντρο άντωσης), θα πρέπει να κάνει ολοκλήρωση των κατακόρυφων υδροστατικών δυνάμεων, ξεκινώντας από τη σχέση (1). Στην απλούστερη όμως περίπτωση υγρού με ομοιόμορφη πυκνότητα, το βάρος του πλοίου μπορεί να βρεθεί ως γινόμενο του όγκου των υφάλων του επί το ειδικό βάρος του νερού. Δηλαδή:

$$\text{βάρος πλοίου} = \text{βάρος εκτοπίσματος} = \text{όγκος υφάλων} \times \text{ειδικό βάρος νερού} \qquad (2)$$

4.4 Πλευστότητα – Εφεδρική Πλευστότητα

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, για δεδομένο και σταθερό βάρος, το πλοίο θα πρέπει να βυθισθεί στο νερό, τόσο ώστε η άντωσή του να γίνει ίση με το βάρος του. Αυτή είναι η ***αρχή της πλευστότητας*** και συνεπάγεται τα παρακάτω:

1) Ένα σώμα θα πλεύσει στην επιφάνεια ενός υγρού αν είναι δυνατόν να εκτοπίσει βάρος υγρού ίσο με το βάρος του. Δηλαδή όταν ***το μέσο ειδικό βάρος*** του είναι μικρότερο από τη μέση πυκνότητα του υγρού. Ως ***μέσο ειδικό βάρος*** του σώματος ορίζεται το πηλίκο του βάρους διά του εμβαπτισμένου στο νερό όγκου του.

2) Αν το ***μέσο ειδικό βάρος*** του σώματος είναι μεγαλύτερο από την πυκνότητα του υγρού, ακόμη και όταν βυθιστεί ολόκληρο μέσα στο υγρό, αναγκαστικά το σώμα θα κινηθεί προς τον πυθμένα.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι ένα σώμα μπορεί να έχει ***θετική πλευστότητα,*** όταν πλέει πάνω στην επιφάνεια ενός υγρού, ***αρνητική,*** όταν βυθίζεται, και ***μηδενική*** ή ***ουδέτερη,*** όταν αιωρείται μέσα στο υγρό. Τα πλοία επιφάνειας έχουν θετική πλευστότητα. Τα υποβρύχια σε κατάδυση επιδιώκεται να έχουν μηδενική πλευστότητα.

Όταν σε ένα πλοίο προστεθεί βάρος ή όταν σε ένα στεγανό διαμέρισμά του μπει νερό έχουμε αύξηση του ***μέσου ειδικού βάρους*** του και για την επίτευξη ισορροπίας το πλοίο βυθίζεται περισσότερο μέσα στο νερό. Το πλοίο δεν θα βυθισθεί τελείως, αν τα έξαλα τού επιτρέψουν να πλεύσει σε μεγαλύτερο βύθισμα, χωρίς αυτό να προκαλέσει εισροή νερού στο εσωτερικό του από τα διάφορα ανοίγματα.

Έτσι βλέπουμε ότι ο στεγανός όγκος του πλοίου πάνω από την ίσαλο είναι ένα μέγεθος ενδεικτικό της δυνατότητάς του να παραμείνει στην επιφάνεια μετά από ***ανεξέλεγκτη*** προσθήκη βάρους ή εισροή νερού. Ο όγκος αυτός ονομάζεται ***εφεδρική πλευστότητα.***

4.5 Εκτίμηση του βάρους του πλοίου

Όπως είδαμε παραπάνω, το πλοίο θα πλεύσει σε βύθισμα που θα εξασφαλίζει την ικανοποίηση της σχέσης:

$$\text{Βάρος} = \text{Άντωση} \tag{3}$$

Το μεγαλύτερο όμως βύθισμα, στο οποίο επιτρέπεται να πλεύσει ένα πλοίο που υπάρχει ή σχεδιάζεται καθορίζεται από κανονισμούς, όπως είναι οι κανονισμοί ***γραμμής φόρτωσης*** κ.ά..

Κατά τη σχεδίαση ενός νέου πλοίου και για να αποφύγουμε το ενδεχόμενο περιορισμού του ωφέλιμου φορτίου του, πρέπει να εξασφαλισθεί ότι θα είναι δυνατή η ικανοποίηση της σχέσης (3) χωρίς να χρειασθεί να πλεύσει το πλοίο σε βύθισμα μεγαλύτερο από εκείνο που επιτρέπεται. Για να εξασφαλισθεί αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε όσο το δυνατό καλύτερα το βάρος του πλοίου από την αρχή.

Λόγω της πολύπλοκης κατασκευής του πλοίου, η εκτίμηση του βάρους του, όταν αρχίζει η σχεδίασή του είναι δύσκολη. Για απλούστευση των σχετικών υπολογισμών,

θεωρούμε ότι το άφορτο πλοίο υποδιαιρείται στις παρακάτω ομάδες βαρών:

1) Βάρος εξοπλισμού.
2) Βάρος εξαρτισμού.
3) Βάρος βοηθητικών μηχανημάτων.
4) Βάρος συστήματος πρόωσης.
5) Βάρος μόνιμου έρματος.
6) Βάρος περιθωρίου αύξησης.

Οι παραπάνω ομάδες βαρών μπορούν να εκτιμηθούν ευκολότερα εάν συγκριθούν με τις αντίστοιχες ομάδες ενός άλλου παρόμοιου πλοίου που έχει ανάλογο προορισμό και σχεδίαση.

Όταν η σχεδίαση του πλοίου ολοκληρωθεί περισσότερο, δηλαδή όταν εκπονηθούν τα κατασκευαστικά σχέδια του σκάφους και τα σχέδια των μηχανολογικών και ηλεκτρολογικών συστημάτων του και όταν επιλεγεί η μηχανή και καθοριστούν τα υπόλοιπα στοιχεία, είναι δυνατόν να γίνει λεπτομερέστερος υπολογισμός των παραπάνω ομάδων βαρών και επομένως να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια.

Το βάρος του άφορτου πλοίου βρίσκεται λοιπόν με άθροιση των επιμέρους ομάδων βαρών που το αποτελούν. Αν στο βάρος αυτό προσθέσουμε και το απαραίτητο Deadweight θα βρούμε το βάρος του έμφορτου πλοίου. Στη φάση αυτή υπολογίζουμε επίσης και τη θέση του κέντρου βάρους, διαμήκη και κατακόρυφη. Από αυτές η κατακόρυφη είναι σημαντική για την εγκάρσια ευστάθεια και η διαμήκης για τη διαγωγή του πλοίου.

4.6 Γεωμετρικά στοιχεία της γάστρας

Στα προηγούμενα είδαμε τη σημασία που έχει ο υπολογισμός του όγκου των υφάλων και του αντίστοιχου κέντρου όγκου (κέντρο άντωσης). Εκτός από τα στοιχεία αυτά υπάρχουν και διάφορες άλλες πληροφορίες σχετικές με τη γεωμετρία του τμήματος του πλοίου που βρίσκεται μέσα στο νερό. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται σε διάφορους υπολογισμούς που σχετίζονται με τη στατική συμπεριφορά του πλοίου (ευστάθεια και πλευστότητα).

Στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου καλύπτονται με πολλές λεπτομέρειες:

1) Ο ορισμός των παραπάνω στοιχείων.
2) Η περιγραφή της χρησιμότητάς τους.
3) Η μεθοδολογία με βάση την οποία πραγματοποιούνται οι σχετικοί υπολογισμοί.

Η γραφική απεικόνιση της μεταβολής των γεωμετρικών στοιχείων της γάστρας σε συσχετισμό με το μέσο βύθισμα ονομάζεται ***υδροστατικό διάγραμμα.*** Στοιχεία για τις πληροφορίες που περιέχει το υδροστατικό διάγραμμα περιέχονται στο κεφάλαιο 8.

4.7 Στοιχεία εγκάρσιας ευστάθειας του πλοίου

Η μελέτη της ευστάθειας του πλοίου όπως είπαμε, αποτελεί στο σύνολό της το

αντικείμενο του βιβλίου «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν μόνο μερικοί, εξαιρετικά στοιχειώδεις, ορισμοί, που είναι απαραίτητοι για την κατανόηση των θεμάτων των υπόλοιπων κεφαλαίων.

Λέμε ότι ένα πλοίο βρίσκεται σε ***ευσταθή ισορροπία,*** εάν κάθε απομάκρυνσή του από τη θέση ισορροπίας τείνει να δημιουργήσει δυνάμεις (και ροπές) που επαναφέρουν το πλοίο στην αρχική του θέση.

Ανάλογα με το αν εξετάζουμε κλίσεις του πλοίου γύρω από διαμήκη ή από εγκάρσιο άξονα, διακρίνουμε την ευστάθεια σε ***εγκάρσια*** και ***διαμήκη.***

Η εγκάρσια ευστάθεια του πλοίου μελετάται διαφορετικά εάν εξετάσουμε μικρές, η μεγάλες γωνίες εγκάρσιας κλίσης. Η ευστάθεια του πλοίου για μικρές γωνίες (μέχρι 10°), ονομάζεται ***αρχική ευστάθεια***, σε αντιδιαστολή με την ***ευστάθεια μεγάλων γωνιών.***

Σε ένα πλοίο που έχει εγκάρσια κλίση, οι δυνάμεις βάρους και άντωσης μπορεί να βρίσκονται σε μία, από τις τρεις σχετικές θέσεις που δείχνει το σχήμα 4.1. Για μικρές γωνίες κλίσης, το σημείο στο οποίο ο φορέας της άντωσης τέμνει το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου ονομάζεται ***εγκάρσιο μετάκεντρο.*** Στο σχήμα 4.1 συμβολίζουμε με B το κέντρο εφαρμογής της άντωσης (κέντρο άντωσης), με G το σημείο εφαρμογής του βάρους (κέντρο βάρους) και με M_T το εγκάρσιο μετάκεντρο.

Όπως φαίνεται από το σχήμα 4.1(α) η ροπή επαναφοράς μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$\text{ροπή επαναφοράς} = \Delta \times GZ \qquad (4)$$

όπου: **Δ** το βάρος του πλοίου και

GZ το μήκος που φαίνεται στο σχήμα και ονομάζεται ***μοχλοβραχίονας επαναφοράς.***

Για μικρές γωνίες κλίσης (όπου έχει εφαρμογή ο ορισμός του μετακέντρου) μπορούμε επίσης να γράψουμε:

$$\text{ροπή επαναφοράς} = \Delta \times GM_T \times \eta\mu\varphi \qquad (5)$$

όπου: **φ** η γωνία εγκάρσιας κλίσης και

GM_T η απόσταση μεταξύ των σημείων G και M_T.

Η σχετική θέση του μετακέντρου, ως προς το κέντρο βάρους του πλοίου, είναι ενδεικτική του είδους της ευστάθειας που έχει το πλοίο. Συγκεκριμένα:

1) Αν το μετάκεντρο βρίσκεται πάνω από το κέντρο βάρους, η ροπή που σχηματίζεται είναι ***ροπή επαναφοράς,*** δηλαδή έχομε ευσταθή ισορροπία του πλοίου [σχ. 4.1(α)].

2) Αν το μετάκεντρο βρίσκεται κάτω από το κέντρο βάρους, η ροπή που σχηματίζεται είναι ***ροπή ανατροπής,*** δηλαδή έχουμε ***ασταθή Ισορροπία*** [(σχ. 4.1(β)]. Στο αρχικά ασταθές πλοίο δημιουργείται συνήθως μόνιμη αρχική κλίση προς οποιαδήποτε πλευρά. Στη νέα θέση το πλοίο είναι ευσταθές προς τη μία κατεύθυνση και ασταθές προς την άλλη.

3) Αν το μετάκεντρο συμπίπτει με το κέντρο βάρους του πλοίου, η ροπή είναι μηδενική και έχομε ***ουδέτερη ευστάθεια*** [σχ. 4.1(γ)].

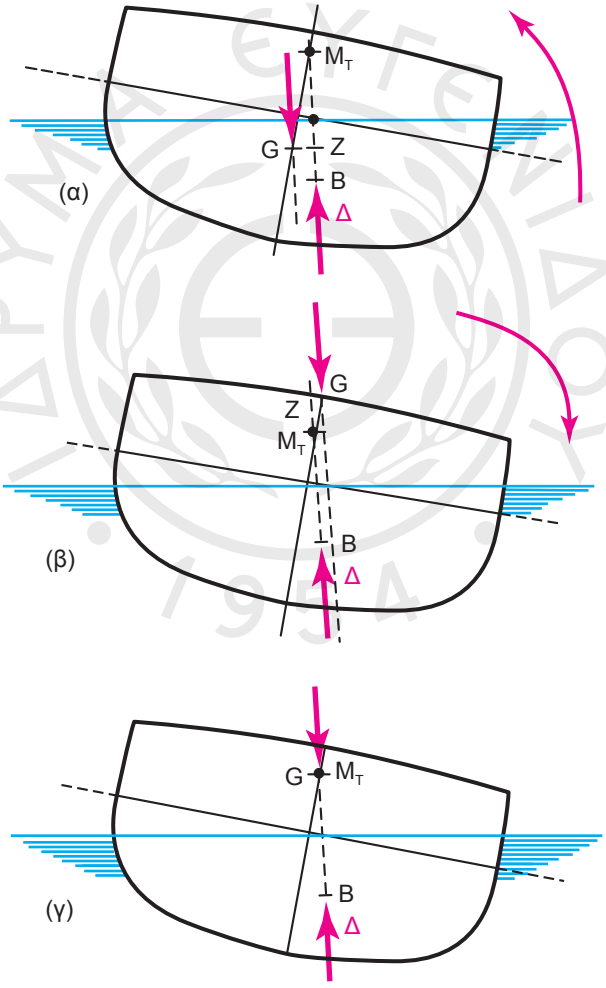
Το μήκος GM_T ονομάζεται ***εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος*** ή άπλα ***μετακεντρικό ύψος.*** Αν συμφωνήσουμε να λέμε ότι το μετακεντρικό ύψος είναι θετικό, όταν το μετάκεντρο είναι ψηλότερα από το κέντρο βάρους, τότε:

GM_T θετικό σημαίνει ευσταθή ισορροπία

GM_T αρνητικό σημαίνει ασταθή ισορροπία και

GM_T μηδέν σημαίνει ουδέτερη ισορροπία.

Ακόμη, από το σχήμα 4.1(α) βλέπουμε ότι για ορισμένο εκτόπισμα και γωνία εγκάρσιας κλίσης το μετακεντρικό ύψος χαρακτηρίζει και το μέγεθος της ροπής επαναφοράς.



Σχ. 4.1
Πιθανές καταστάσεις εγκάρσιας ευστάθειας.
(α) Ευσταθής ισορροπία, (β) Ασταθής ισορροπία, (γ) Ουδέτερη ισορροπία.

Συμπέρασμα: Για μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσης το μετακεντρικό ύψος χαρακτηρίζει πλήρως την ευστάθεια ενός πλοίου.

Αντίθετα σε μεγάλες γωνίες κλίσης το μετάκεντρο δεν είναι σταθερό σημείο και επομένως ο ***μοχλοβραχίονας επαφοράς (GZ)*** δεν είναι ίσος με GM_Tημφ. Στις περιπτώσεις αυτές για τη μελέτη της ευστάθειας του πλοίου είναι απαραίτητη η γνώση του ***μοχλοβραχίονα επαναφοράς.***

Η τιμή του μοχλοβραχίονα επαφοράς για κάθε τιμή του εκτοπίσματος του πλοίου και κάθε γωνία εγκάρσιας κλίσης παριστάνεται σε ένα σχέδιο που ονομάζουμε ***σχέδιο παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας*** (βλ. Κεφάλαιο 8).

Σε αντιστοιχία με το εγκάρσιο μετάκεντρο, έχουμε, για διαμήκεις κλίσεις του πλοίου, το ***διάμηκες μετάκεντρο*** που συμβολίζουμε με M_L. Το μήκος GM_L ονομάζουμε ***διάμηκες μετακεντρικό ύψος.***

Όταν μία δεξαμενή του πλοίου δεν είναι τελείως γεμάτη, λέμε ότι έχει ***ελεύθερη επιφάνεια.*** Η ύπαρξη ελεύθερης επιφάνειας σε μία δεξαμενή συνεπάγεται μία ***φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους.*** Αποτέλεσμα του ότι η ύπαρξη ελεύθερης επιφάνειας σε μια δεξαμενή δημιουργεί ανύψωση του κέντρου βάρους (φαινομενική), είναι ότι οι ***ελεύθερες επιφάνειες*** επιφέρουν ελάττωση του μετακεντρικού ύψους του πλοίου και επομένως επιδείνωση της ευστάθειας. Η παραπάνω επιρροή της ελεύθερη επιφάνειας του υγρού μπορεί να κατανοηθεί εύκολα, αν λάβουμε υπόψη ότι η μετακίνηση του υγρού δημιουργεί κάποια αντίστοιχη μετακίνηση και του κέντρου βάρους του πλοίου προς την πλευρά. Έτσι το σημείο G του σχήματος 4.1 (πάνω στο επίπεδο συμμετρίας) στην πραγματικότητα μετακινείται προς τα πάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η αντοχή του πλοίου

5.1 Γενικά

Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις μικρών η μεγάλων ναυτικών ατυχημάτων που μπορούν να αποδοθούν στην κατασκευαστική ανεπάρκεια της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου. Περιπτώσεις παραμόρφωσης ελασμάτων, ανεπάρκειας συγκολλήσεων, και μερικές φορές ακόμη και κοπής του πλοίου σε δύο τμήματα είναι γνωστές στον καθένα που ασχολείται με το πλοίο.

Καταστάσεις όπως οι παραπάνω μπορούν να παρουσιασθούν όχι μόνο σε ασυνήθεις περιπτώσεις, όπως είναι η προσάραξη ενός πλοίου, αλλά ακόμη και σε συνθήκες κανονικής εκμετάλλευσής του. Εξάλλου η καθέλκυση ενός πλοίου είναι μία διαδικασία που θέτει σε μεγάλη δοκιμασία την ανθεκτική κατασκευή του.

Όπως θα εξηγήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο, προϋπόθεση για την ασφάλιση ενός πλοίου είναι να καταχωρείται και να διατηρεί την κλάση του σε έναν αναγνωρισμένο νηογνώμονα. Για να εξασφαλισθούν τα παραπάνω θα πρέπει:

1) Τα σχέδια και οι μελέτες κατασκευής του πλοίου να είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς και να έχουν εγκριθεί από τον νηογνώμονα.

2) Τα σχέδια να έχουν εφαρμοσθεί πιστά κατά την κατασκευή του πλοίου, πράγμα που ελέγχεται από τους επιθεωρητές του νηογνώμονα.

3) Με τακτικές επιθεωρήσεις να ελέγχεται η καλή κατάσταση της μεταλλικής κατασκευής, των μηχανών και των συστημάτων του πλοίου.

Οι κανονισμοί του νηογνώμονα και η εφαρμογή τους εξασφαλίζουν –ως ένα σημείο– την κατασκευαστική επάρκεια του πλοίου. Στην πράξη όμως δεν αποκλείεται να εμφανισθούν προβλήματα στην ανθεκτική κατασκευή του πλοίου και μάλιστα σε περιπτώσεις κακών χειρισμών ή λανθασμένης φόρτωσης.

Επειδή ένα μέρος από αυτά τα προβλήματα θα μπορούσε να αποφευχθεί με την ορθότερη σχεδίαση και τη σωστή χρησιμοποίηση του πλοίου, είναι απαραίτητη η μελέτη της αντοχής του και των παραγόντων που την επηρεάζουν.

Η μελέτη της αντοχής του πλοίου μπορεί να απλουστευθεί αν οι καταπονήσεις καταταγούν στις παρακάτω κατηγορίες:

1) ***Στατικά γενικά φορτία*** που δημιουργούν τάσεις:
   α) Κάμψης του πλοίου ως δοκού.
   β) Κάμψης των εγκάρσιων στοιχείων της κατασκευής του πλοίου που οφείλονται σε υδροστατικά φορτία.
   γ) Στρέψης λόγω της ασυμμετρίας κατανομής των διάφορων βαρών μεταξύ της δεξιάς και της αριστερής πλευράς του πλοίου.

2) ***Στατικά τοπικά φορτία*** που περιλαμβάνουν:
   α) Φορτία λόγω στήριξης μεγάλων βαρών, όπως π.χ. ο ιστός του πλοίου.
   β) Φορτία κατά τη διάρκεια προσάραξης ή δεξαμενισμού.
3) ***Δυναμικά φορτία*** που μπορούν να οφείλονται σε διάφορα αιτία όπως:
   α) Δυνάμεις κρούσης του πυθμένα στην πλώρη (slamming), όταν έχει βγει έξ από το νερό και επανέρχεται (λόγω κυμάτων).
   β) Ώση της έλικας.
   γ) Κινήσεις του πλοίου σε κυματισμό.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι καταπονήσεις του πλοίου είναι πολύπλοκες και ορισμένες από αυτές μεταβάλλονται με τον χρόνο. Αυτό καθιστά εξαιρετικά δύσκολη τη μελέτη τους.

5.2 Κριτήριο κατασκευαστικής αστοχίας του πλοίου

Με τον όρο ***αστοχία,*** εννοούμε την κατασκευαστική (από πλευρά αντοχής και μόνο) ανεπάρκεια ολόκληρου του πλοίου ή στοιχείων της κατασκευής του.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε πόσο πολύπλοκα καταπονείται ένα πλοίο. Παρόλα αυτά, για πρακτικούς λόγους, είναι απαραίτητο να βρεθεί ένα κριτήριο με το οποίο θα κρίνεται η πιθανότητα κατασκευαστικής ανεπάρκειάς του. Ως τέτοιο κριτήριο ορίζεται από τους νηογνώμονες και τους ναυπηγούς το μέγεθος των τάσεων εφελκυσμού και θλίψης, όταν θεωρηθεί ότι το πλοίο κάμπτεται ως διαμήκης δοκός.

Η παραπάνω υπόθεση φυσικά αφήνει έξω ένα πλήθος από άλλες καταπονήσεις, που όμως θεωρείται ότι δεν υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες τιμές αν οι τάσεις θλίψης και εφελκυσμού που προαναφέραμε παραμείνουν μέσα σε προκαθορισμένα όρια.

Ας υποθέσουμε για παράδειγμα ότι σε ένα πλοίο η μεγαλύτερη τάση (που υπολογίσθηκε) εφελκυσμού και θλίψης δεν υπερβαίνει τα 8 kp/mm^2 και ότι το πλοίο αυτό υπήρξε από άποψη κατασκευαστική (αντοχής) επιτυχημένο. Τότε και ένα άλλο πλοίο παρόμοιας περίπου μορφής και μεγέθους που θα σχεδιασθεί για την ίδια μέγιστη τάση εφελκυσμού και θλίψης είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα είναι ένα επιτυχημένο πλοίο από πλευράς αντοχής. Ίσως σε κανένα από τα δύο πλοία η πραγματική τάση που θα εμφανισθεί να μην είναι 8 kp/mm^2, αλλά πάντως και στα δύο πλοία θα είναι περίπου το ίδιο πολλαπλάσιο των 8 kp/mm^2.

Από τα παραπάνω φαίνεται καθαρά η σπουδαιότητα που έχει η μελέτη της αντοχής του πλοίου ως δοκού. Για να γίνει πιο κατανοητή η μελέτη αυτή, θα αναπτυχθούν στα επόμενα κεφάλαια μερικά στοιχεία της Αντοχής των Υλικών που αναφέρονται στις καταπονήσεις μιας δοκού.

5.3 Στοιχεία από την αντοχή των υλικών

5.3.1 Ορισμοί

1) ***Αντοχή Υλικών.*** Είναι το κεφάλαιο της Μηχανικής που ερευνά τη δημιουργία τάσεων σε σώματα που βρίσκονται κάτω από την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων, που περιλαμβάνουν και το βάρος τους.

2) ***Τάση.*** Είναι οι εσωτερικές δυνάμεις που μεταφέρονται μέσα από μία τομή ενός σώματος.

3) ***Φορτία.*** Είναι οι δυνάμεις και οι ροπές που εφαρμόζονται εξωτερικά σε ένα σώμα. Το βάρος ενός σώματος συχνά περιλαμβάνεται στα φορτία.

4) ***Επιτρεπόμενη τάση.*** Είναι η μέγιστη τάση που επιτρέπεται να εφαρμοσθεί σε κάποιο υλικό και καθορίζεται συνήθως ανάλογα με το είδος του από διαφόρους κανονισμούς.

5) ***Συντελεστής ασφάλειας.*** Είναι ο λόγος μεταξύ της τάσης που θα προκαλούσε κατασκευαστική ανεπάρκεια (π.χ. θραύση ή πλαστική παραμόρφωση) σε ένα υλικό και της μέγιστης τάσης που επιτρέπεται.

6) ***Τάση εφελκυσμού.*** Είναι τάση κάθετη προς το επίπεδο μίας τομής ενός σώματος (π.χ. μίας ράβδου) που τείνει να επιμηκύνει το σώμα.

7) ***Τάση θλίψης.*** Είναι τάση κάθετη προς το επίπεδο μίας τομής ενός σώματος που τείνει να βραχύνει το σώμα.

8) ***Διατμητική τάση.*** Είναι τάση παράλληλη προς το επίπεδο μίας τομής ενός σώματος το οποίο τείνει να δημιουργήσει ολίσθηση αυτής της τομής προς τη γειτονική της.

9) ***Δοκός.*** Είναι κάθε σώμα του οποίου οι δύο διαστάσεις είναι μικρές σε σχέση με την τρίτη.

5.3.2 Ισορροπία δοκού

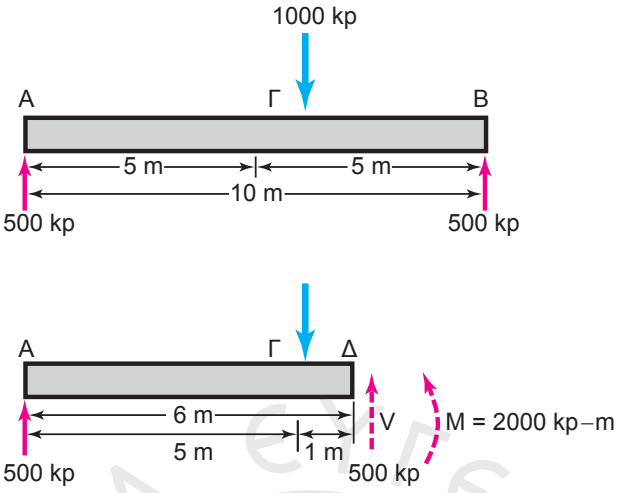
Μία δοκός η οποία είναι τοποθετημένη πάνω σε στηρίγματα και η οποία υπόκειται στην επίδραση ορισμένων δυνάμεων, καθέτων στον άξονα της, ή και ροπών, υφίσταται ένα είδος καταπόνησης που στην αντοχή υλικών ονομάζεται ***κάμψη.*** Τα στηρίγματα μπορεί να βρίσκονται στα δύο άκρα ή η δοκός να εδράζεται σε περισσότερα σημεία ή και να βρίσκεται σε πλήρη επαφή με ένα επίπεδο κάτω από αυτήν.

Οι δυνάμεις και οι ροπές που ασκούνται στη ράβδο από τα στηρίγματα ονομάζονται ***αντιδράσεις*** και αποτελούν, μαζί με τις δυνάμεις (και πιθανόν τις ροπές) που επιβάλλονται στη ράβδο απ' έξω, ένα σύστημα που βρίσκεται σε ισορροπία.

Αυτό σημαίνει ότι οι γνωστές συνθήκες ισορροπίας της μηχανικής μπορούν να εφαρμοσθούν για την εύρεση των αντιδράσεων.

Στο σχήμα 5.1 βλέπουμε μία δοκό που έχει άνοιγμα 10 m, στηρίζεται στα δύο άκρα της (αμφιέρειστη) και φορτίζεται στο μέσο της από ένα συγκεντρωμένο φορτίο 1000 kp.

Για ισορροπία, λόγω της συμμετρίας που υπάρχει, οι αντιδράσεις των στηριγμάτων θα είναι ίσες και καθεμία θα έχει μέγεθος 500 kp. Αν θεωρήσουμε τώρα μία τομή της ράβδου σε απόσταση 6 m από το αριστερό άκρο της, θα πρέπει, για εξασφάλιση της ισορροπίας του αριστερού τμήματος που προκύπτει να εφαρμοσθούν στην τομή μία δύναμη V και μία ροπή M.



Σχ. 5.1
Ισορροπία δοκού.

Η δύναμη V και η ροπή M θεωρείται ότι εφαρμόζονται από το δεξιό στο αριστερό τμήμα της δοκού και συνεπάγονται τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι κατακόρυφες συνιστώσες και οι ροπές γύρω από οποιοδήποτε σημείο της ράβδου (εδώ μας εξυπηρετεί να πάρουμε τις ροπές γύρω από το σημείο Δ) πρέπει να ισορροπούν, υπολογίζουμε ότι η δύναμη V είναι ίση με (1000 – 500) = 500 kp και η ροπή M ίση με 2000 kp-m, (το άθροισμα των ροπών γύρω από το Δ πρέπει να είναι ίσο με μηδέν).

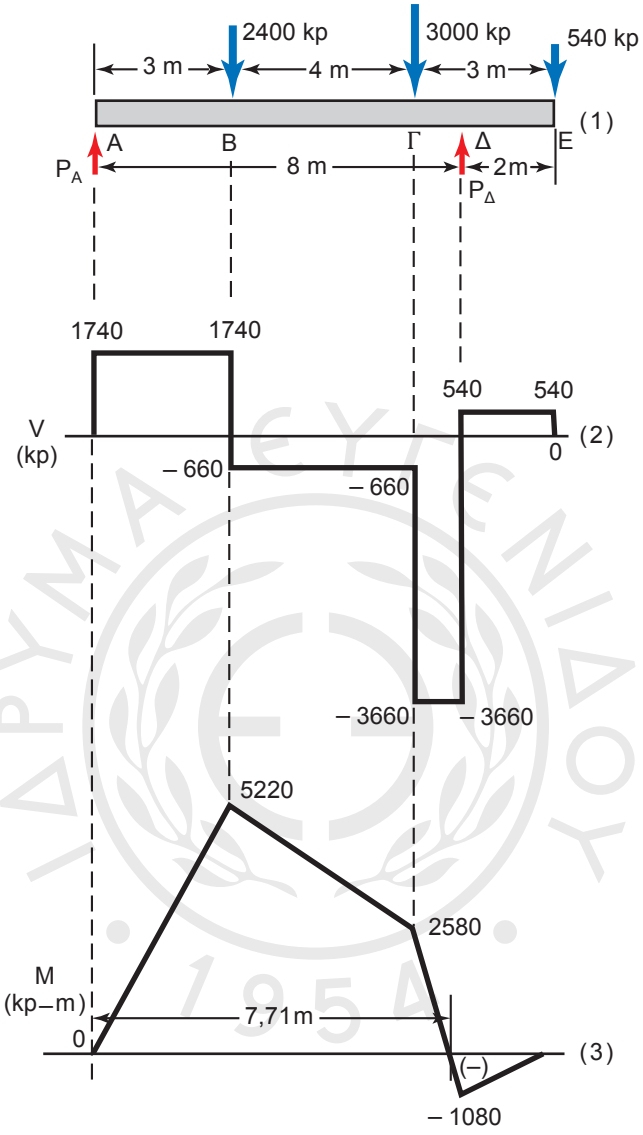
Η δύναμη V ονομάζεται ***τέμνουσα*** και η ροπή M ***ροπή κάμψης.*** Σε μία γενική περίπτωση φόρτισης, τόσο η ***τέμνουσα δύναμη όσο και η ροπή κάμψης μεταβάλλονται κατά μήκος της δοκού.***

Η τέμνουσα δύναμη δημιουργεί σε κάθε τομή της δοκού ***διατμητικές τάσεις.*** Το διάγραμμα που δείχνει τη μεταβολή της τέμνουσας δύναμης κατά μήκος της ράβδου, ονομάζεται ***διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων (ΔΤΔ).***

Εξάλλου η ροπή κάμψης δημιουργεί, για το παράδειγμα του σχήματος 5.1, ***τάσεις θλίψης*** στην πάνω πλευρά της δοκού και ***τάσεις εφελκυσμού*** στην κάτω. Το διάγραμμα που δείχνει τη μεταβολή της ροπής κάμψης κατά μήκος της δοκού, ονομάζεται ***διάγραμμα ροπών κάμψης (ΔΡΚ).***

Παράδειγμα κατασκευής διαγραμμάτων τεμνουσών δυνάμεων και ροπών κάμψης.

Η δοκός του σχήματος 5.2 στηρίζεται σε δύο υποστηρίγματα στα σημεία Α και Δ και φορτίζεται με τρία συγκεντρωμένα φορτία 2400, 3000 και 540 kp που δρουν στα σημεία Β, Γ και Ε αντίστοιχα. Οι λοιπές διαστάσεις είναι όπως φαίνονται στο σχήμα.



Σχ. 5.2
Δοκός με συγκεντρωμένα φορτία.

Στην αρχή θα πρέπει να βρούμε τις αντιδράσεις στα σημεία Α και Δ που τις συμβολίζουμε με P_A και $P_Δ$ αντίστοιχα.

Παίρνοντας ροπές ως προς το Α θα έχουμε:

$$-8P_Δ + 2400 \times 3 + 3000 \times 7 + 540 \times 10 = 0 \quad \text{ή} \quad P_Δ = 4200 \text{ kp}$$

και παίρνοντας ροπές ως προς το Δ θα έχουμε:

$$8\,P_A + 540 \times 2 - 3000 \times 1 - 2400 \times 5 = 0 \quad \text{ή} \quad P_A = 1740 \text{ kp}$$

Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των αντιδράσεων είναι 4200 + 1740 = 5940 kp, δηλαδή ίσο με το άθροισμα των δυνάμεων προς τα κάτω που είναι επίσης 2400 + 3000 + 540 = 5940 kp.

Για να κατασκευάσουμε το διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, θεωρούμε τομές της ράβδου ανάμεσα στα φορτία και υπολογίζουμε το αλγεβρικό άθροισμα των δυνάμεων που δρουν προς τα αριστερά της τομής. Έτσι έχουμε:

1) Τομή μεταξύ Α και Β $V = 1740$ kp

2) Τομή μεταξύ Β και Γ $V = 1740 - 2400 = -660$ kp

3) Τομή μεταξύ Γ και Δ $V = 1740 - 2400 - 3000 = -3660$ kp

4) Τομή μεταξύ Δ και Ε $V = 1740 - 2400 - 3000 + 4200 = 540$ kp

Με βάση τα παραπάνω σχεδιάζουμε το διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, όπως φαίνεται στο (2) του σχήματος 5.2.

Τα διάγραμμα ροπών κάμψης μπορεί να κατασκευασθεί εάν θεωρήσουμε διαδοχικά διάφορες τομές της ράβδου πάνω στα σημεία που εφαρμόζονται οι δυνάμεις και υπολογίσουμε τις ροπές κάμψης σε κάθε σημείο.

Έτσι θα έχουμε:

1) Σημείο Α $M = 0$

2) Σημείο Β $M = 1740 \times 3 = 5220$ kp-m

3) Σημείο Γ $M = 1740 \times 7 - 2400 \times 4 = 2580$ kp-m

4) Σημείο Δ $M = 1740 \times 8 - 2400 \times 5 - 3000 \times 1 = -1080$ kp-m

5) Σημείο Ε $M = 1740 \times 10 - 2400 \times 7 - 3000 \times 3 + 4200 \times 2 = 0$ kp-m

Με τις πληροφορίες αυτές σχεδιάζουμε το διάγραμμα ροπών κάμψης όπως φαίνεται στο (3) του σχήματος 5.2. Από το σχήμα 5.2 συμπεραίνουμε ότι:

1) Η τέμνουσα δύναμη έχει τη μεγαλύτερη τιμή στην περιοχή ΓΔ και είναι ίση με 3660 κρ.

2) Η ροπή κάμψης έχει τη μεγαλύτερη τιμή στο σημείο Β και είναι ίση με 5220 kp-m. Το θετικό σημείο δείχνει ότι η ροπή τείνει να δημιουργήσει τάση θλίψης στα πάνω στοιχεία της ράβδου και τάση εφελκυσμού στα κάτω. Αυτό βέβαια ισχύει μόνο στην περιοχή ΑΔ, ενώ στην περιοχή ΔΕ συμβαίνει το αντίθετο.

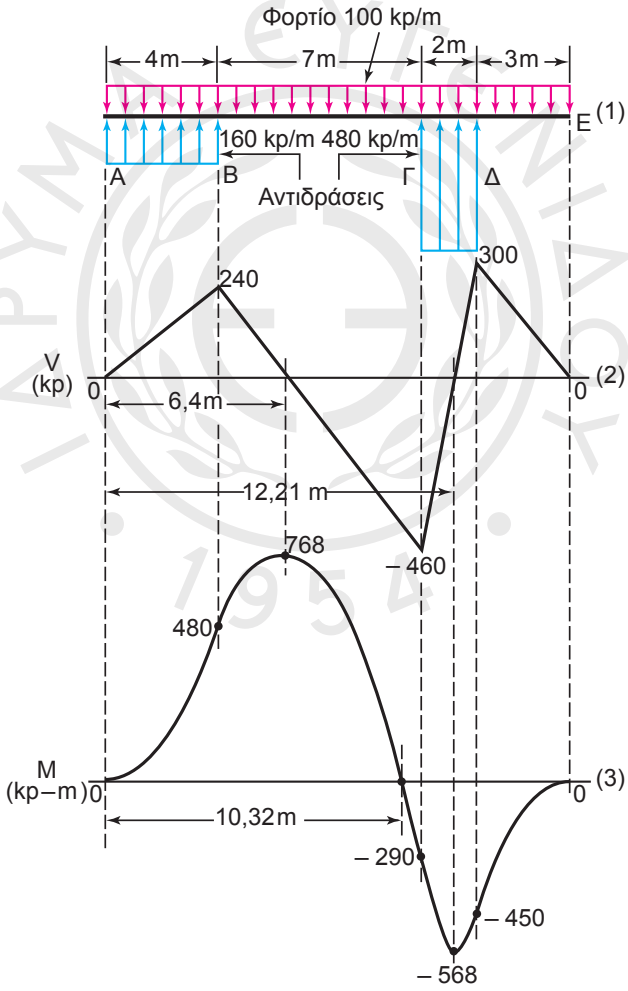
Αντίστοιχα μπορούν να βρεθούν τα διαγράμματα τέμνουσας δύναμης και ροπής κάμψης σε πιο πολύπλοκες φορτίσεις, όπως είναι τα συνεχή φορτία ή συνδυασμός συνεχών και συγκεντρωμένων φορτίων. Η μέθοδος που εφαρμόζεται είναι η ίδια, άλλα η εφαρμογή της έχει περισσότερη δυσκολία. Ένα παράδειγμα μίας τέτοιας δοκού φαίνεται (χωρίς να δίνονται επεξηγήσεις πάνω στους υπολογισμούς) στο σχήμα 5.3. Το παράδειγμα έχει επιλεγεί γιατί το φορτίο και οι αντιδράσεις μοιάζουν κάπως με τα αντίστοιχα στην περίπτωση μελέτης της αντοχής του πλοίου (όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο). Στην περίπτωση αυτού του παραδείγματος (συνεχή φορτία) οι τέμνουσες δυνάμεις έχουν γραμμική μεταβολή και οι ροπές καμπυλόγραμμη.

Οι παρακάτω δύο ιδιότητες βοηθούν στην πιο εύκολη κατανόηση των αποτελεσμάτων του παραδείγματος του σχήματος 5.3 αλλά και των αντίστοιχων υπο-

λογισμών για ολόκληρο το πλοίο, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο (συνεχή φορτία).

– Ιδιότητα πρώτη

Η μεταβολή της τέμνουσας δύναμης μεταξύ δύο σημείων Α και Β μίας δοκού είναι ίση με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη φόρτισης μεταξύ των αντίστοιχων σημείων. Όταν υπάρχουν συγκεντρωμένα φορτία, τότε για την εύρεση της τέμνουσας εφαρμόζουμε τη μέθοδο που περιγράψαμε στο παράδειγμα του σχήματος 5.2. Δηλαδή αθροίζουμε αλγεβρικά όλες τις δυνάμεις και αντιδράσεις που βρίσκονται προς τα αριστερά του σημείου που εξετάζουμε.



Σχ. 5.3
Δοκός με συνεχή φορτία.

– Ιδιότητα δεύτερη

Η μεταβολή της ροπής κάμψης μεταξύ δύο σημείων Α και Β μίας δοκού είναι ίση με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη τεμνουσών δυνάμεων μεταξύ των αντίστοιχων σημείων.

Η ***καμπύλη φόρτισης*** προκύπτει από την αλγεβρική πρόσθεση των συνεχών δυνάμεων και αντιδράσεων που επενεργούν σε κάθε σημείο της δοκού.

Αν, για παράδειγμα, εξετάσουμε το τμήμα ΑΒ της δοκού του σχήματος 5.3 θα δούμε ότι στο σημείο Α τόσο η τέμνουσα δύναμη όσο και η ροπή κάμψης έχουν μηδενική τιμή.

Η φόρτιση στο τμήμα ΑΒ της δοκού προκύπτει από την αφαίρεση της δύναμης που είναι ίση με 100 kp/m και της αντίδρασης προς τα πάνω που είναι ίση με 160 kp/m. Δηλαδή έχει τιμή 60 kp/m με κατεύθυνση προς τα πάνω.

Η διαφορά τέμνουσας δύναμης μεταξύ Α και Β είναι ίση με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη φόρτισης (σύμφωνα με την ιδιότητα Α).

Δηλαδή έχει την τιμή 60 kp/m $\times$ 4 m = 240 kp.

Επειδή η τέμνουσα δύναμη στο σημείο Α έχει μηδενική τιμή, 240 kp είναι και η τέμνουσα δύναμη στο Β.

Εξάλλου η διαφορά ροπής κάμψης μεταξύ των σημείων Α και Β είναι ίση με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη τέμνουσας δύναμης (σύμφωνα με τη δεύτερη ιδιότητα). Δηλαδή έχει την τιμή 1/2 $\times$ 240 kp $\times$ 4 m = 480 kp-m (επειδή το σχήμα που προκύπτει στο διάγραμμα τέμνουσας δύναμης είναι τρίγωνο).

5.3.3 Τάσεις εφελκυσμού και θλίψης, λόγω κάμψης της δοκού

1) Παραδοχές

Η θεωρία που αναπτύσσεται παρακάτω αφορά στην ***απλή κάμψη,*** που σημαίνει ότι η διατομή καταπονείται με τη ροπή κάμψης μόνο, και ισχύει εφόσον ικανοποιούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

1) Το ύψος h στη διατομή της δοκού είναι μικρότερο από το μισό του ανοίγματος της l*.

2) Η δοκός έχει ένα επίπεδο συμμετρίας, δηλαδή η διατομή της έχει έναν άξονα συμμετρίας και παραμένει αμετάβλητη σε όλο το μήκος της.

3) Τα φορτία βρίσκονται μέσα στο επίπεδο συμμετρίας της και είναι κάθετα στον άξονά της.

4) Ο άξονας της δοκού, προτού να παραμορφωθεί, είναι ευθύγραμμος.

5) Για το υλικό που εξετάζεται, ισχύει ο Νόμος του Hooke, με το ίδιο μέτρο ελαστικότητας σε εφελκυσμό και θλίψη. Επιπλέον γίνεται και η ακόλουθη βασική παραδοχή:

στ) Οι επίπεδες διατομές της δοκού (τομές κάθετες στον άξονα της), παραμένουν επίπεδες και μετά την παραμόρφωση της δοκού (άρα κάθετες στη νέα θέση του άξονα).

2) Ουδέτερη γραμμή

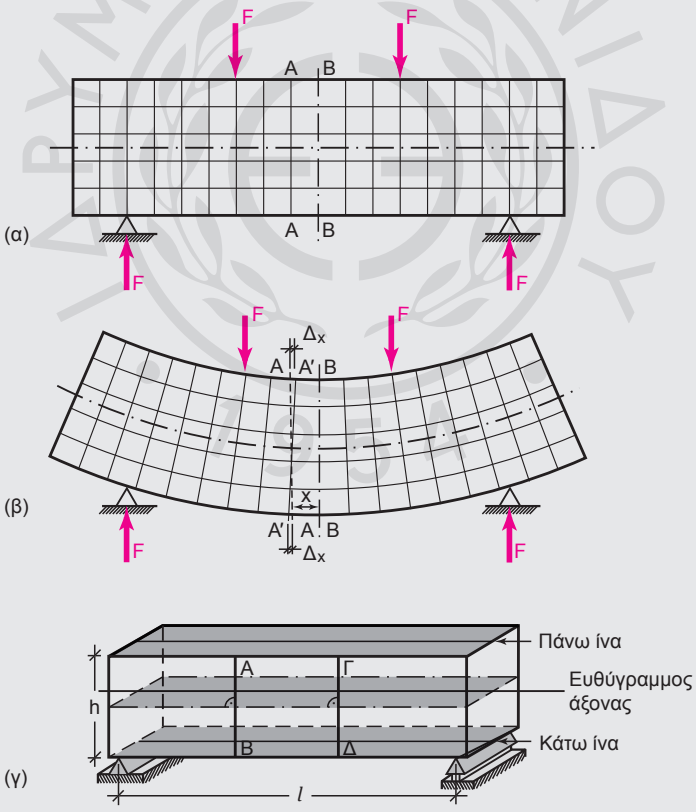
Η αμφιέρειστη δοκός του σχήματος 5.4(α) και (γ) όταν είναι αφόρτιστη, έχει άξονα ευθύγραμμο. Φανταζόμαστε ότι η δοκός αποτελείται από ευθύγραμμες ίνες, παράλληλες προς τον άξονά της (όπως συμβαίνει στο ξύλο).

---

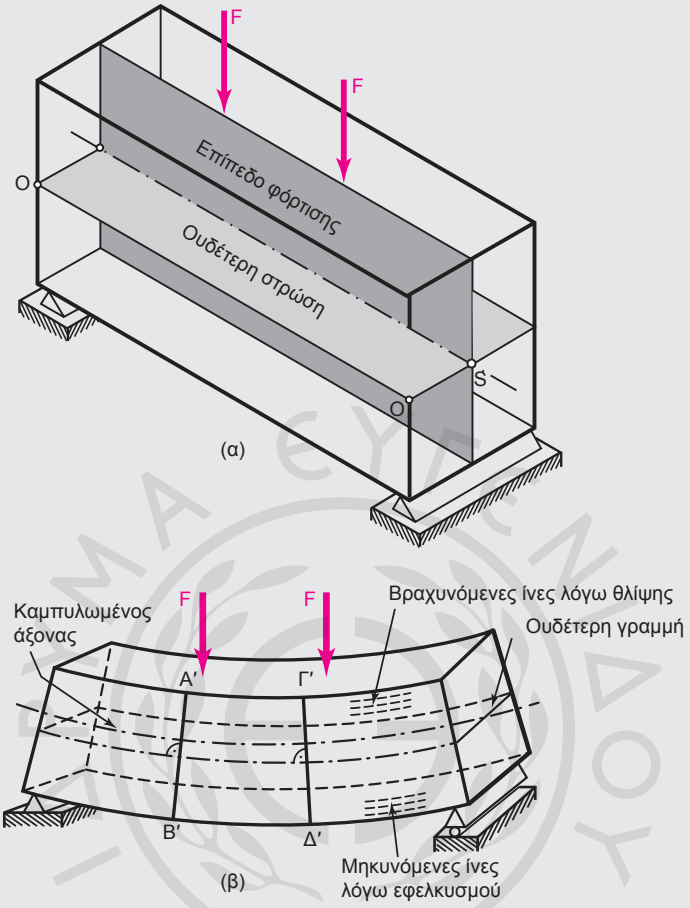
* ***Μήκος*** ή ***άνοιγμα*** l είναι η μεγάλη διάσταση της ράβδου και ***ύψος*** h η διάσταση της δοκού κατά τη διεύθυνση των φορτίων (σχ. 5.5).

Όταν η δοκός φορτισθεί [σχ. 5.4(β)] ο άξονας της καμπυλώνει. Οι ίνες που βρίσκονται κάτω από τον άξονα επιμηκύνονται, ενώ αντίθετα όσες είναι πάνω από τον άξονα βραχύνονται. Μεταξύ των δύο περιοχών υπάρχει προφανώς μία στρώση ινών, η οποία ούτε εφελκύεται ούτε θλίβεται, και ακριβώς επειδή δεν μετέχει στην παραμόρφωση καλείται ***ουδέτερη*** [σχ. 5.5(α)]. Η τομή της στρώσης αυτής με τη διατομή καλείται ***ουδέτερη γραμμή***. Η γραμμή αυτή είναι ευθεία κάθετη στο επίπεδο φόρτισης και για την απλή κάμψη περνάει από το κέντρο βάρους της διατομής. Αν χαράξουμε στην παρειά μιας αφόρτιστης δοκού δύο ευθείες ΑΒ και ΓΔ κάθετες στον άξονά της, μετά τη φόρτιση και την παραμόρφωση της δοκού αυτές εξακολουθούν να είναι ευθείες, και στη νέα θέση τους Α΄Β΄ και Γ΄Δ΄ είναι κάθετες στον άξονα της δοκού που έχει καμπυλωθεί [σχ. 5.4(β) και 5.5(β)]. Επομένως οι οριζόντιες μετατοπίσεις των σημείων της ευθείας ΑΒ είναι ανάλογες προς τις αποστάσεις των σημείων από την ουδέτερη γραμμή Ο-Ο (σχ. 5.6). Επειδή όμως οι παραμορφώσεις (μετατοπίσεις), σύμφωνα με τον Νόμο του Hooke, είναι ανάλογες με τις τάσεις που τις προκαλούν, προκύπτει ότι και οι τάσεις θα είναι ανάλογες με τις αποστάσεις των σημείων από την ουδέτερη γραμμή (σχ. 5.7).

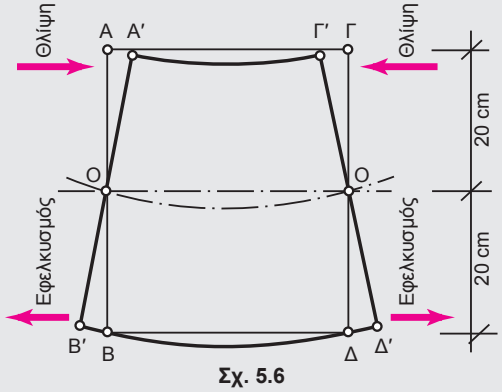
Στο σχήμα 5.7 φαίνεται η κατανομή των ορθών τάσεων σε μία διατομή δοκού που κάμπτεται. Βλέπουμε ότι οι ορθές τάσεις δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στην επιφάνεια της διατομής, όπως συμβαίνει με τον απλό εφελκυσμό και με τη θλίψη, αλλά μεταβάλλονται γραμμικά από το μηδέν (στη θέση της ουδέτερης γραμμής), μέχρι μία μέγιστη θετική τιμή, στην ακραία ίνα που εφελκύεται και μία ελάχιστη αρνητική τιμή, στην ακραία ίνα που θλίβεται.



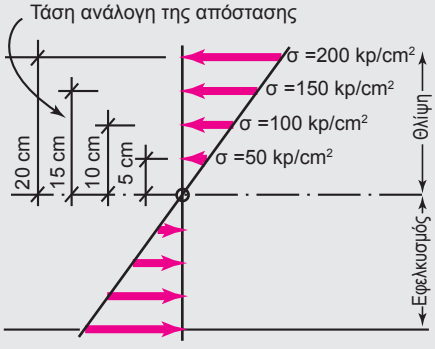
Σχ. 5.4
Αμφιέρειστη δοκός.
(α) Όψη δοκού χωρίς παραμόρφωση, (β) Όψη δοκού με παραμόρφωση.
(γ) Ορισμός πάνω και κάτω ίνας.



Σχ. 5.5
Αμφιέρειστη δοκός.
(α) Ορισμός ουδέτερης στρώσης. (β) Παραμόρφωση ινών της δοκού.



Σχ. 5.6
Μετατοπίσεις των σημείων των ευθειών ΑΒ και ΓΔ.



Σχ. 5.7
Κατανομη τάσεων.

3) Ο τύπος της κάμψης

Για να δούμε τι συμβαίνει με τις δοκούς που κάμπτονται, παραθέτουμε ένα απλό παράδειγμα μιας κοινής σανίδας που στηρίζεται στα δύο της άκρα. Παρατηρούμε ότι παρουσιάζει πολύ μικρή αντοχή στην κάμψη, όταν ο κορμός της είναι οριζόντιος [σχ. 5.8(α)] και πολύ μεγαλύτερη, όταν ο κορμός της είναι κατακόρυφος [σχ. 5.8(β)]. Βλέπουμε ότι η ίδια διατομή της σανίδας $A = 20 \times 2 = 40\ cm^2$ συμπεριφέρεται σημαντικά διαφορετικά όταν:

$$\frac{b}{h} = \frac{\text{πλάτος}}{\text{ύψος}} = \frac{20\ cm}{2\ cm}$$

και διαφορετικά όταν:

$$\frac{\text{πλάτος}}{\text{ύψος}} = \frac{2\ cm}{20\ cm}$$

Συνεπώς δεν επαρκεί μόνο το εμβαδόν Α της διατομής για τη μελέτη της δοκού που κάμπτεται.

Για να βρούμε το νόμο της διανομής των τάσεων σε μία διατομή, στην οποία επιβάλλεται η ροπή κάμψης Μ, παίρνουμε την απλή περίπτωση μιας αμφιέρειστης δοκού με ορθογωνική διατομή, που φορτίζεται με τυχαίο φορτίο F_0 το οποίο είναι κάθετο στον άξονα της δοκού και βρίσκεται μέσα στο επίπεδο συμμετρίας της διατομής.

Έχουμε λοιπόν την περίπτωση της απλής κάμψης. Κατά την αρχή του Bernoulli οι παραμορφώσεις των ινών – βραχύνσεις προς τα επάνω, επιμηκύνσεις προς τα κάτω – αυξάνουν, όσο μεγαλώνει η απόστασή τους από την ουδέτερη γραμμή, της οποίας δεν γνωρίζουμε ακόμη τη θέση. Κατά το Νόμο του Hooke οι τάσεις είναι ανάλογες με τις παραμορφώσεις, που σημαίνει ότι και οι τάσεις αυξάνονται όσο μεγαλώνει η απόσταση y από την ουδέτερη γραμμή. Αυτό μπορεί να εκφρασθεί με τη σχέση:

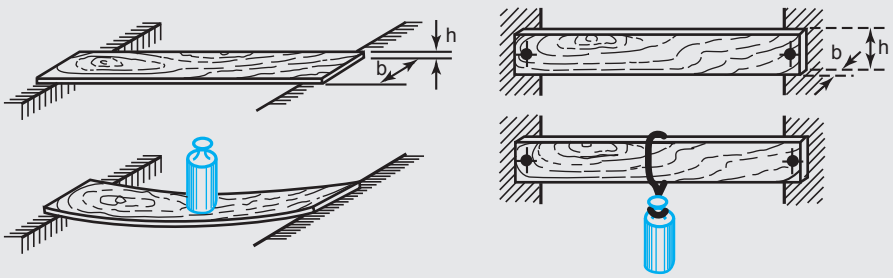
$$\sigma = \lambda \times y$$

Για να μπορεί να καθορισθεί η τιμή της σ, πρέπει και αρκεί να βρεθεί το λ.

Εάν κόψουμε τη δοκό σε τυχαία θέση, στο σημείο της τομής ενεργεί η ροπή κάμψης Μ, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.9 στο παράδειγμα φόρτισης αμφιέρειστης δοκού.

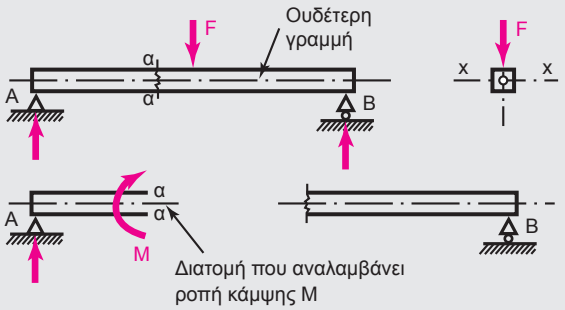
Στη διατομή ενεργεί, πάνω από την ουδέτερη γραμμή η συνισταμένη των θλιπτικών τάσεων D και κάτω η συνισταμένη των εφελκυστικών τάσεων Ε. Για να ισορροπεί το αριστερό κομμάτι της δοκού που κόπηκε, πρέπει να ισχύουν οι τρεις συνθήκες ισορροπίας, δηλαδή $\Sigma x = 0$, $\Sigma y = 0$ και $\Sigma M = 0$. $\Sigma x = 0$ σημαίνει $D = E$. Για να συμβαίνει αυτό η ουδέτερη γραμμή πρέπει να είναι ο οριζόντιος άξονας της ορθογωνικής διατομής. Οι θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις, μορφώνουν από μία σφήνα με συνισταμένη το εμβαδόν της (σχ. 5.10).

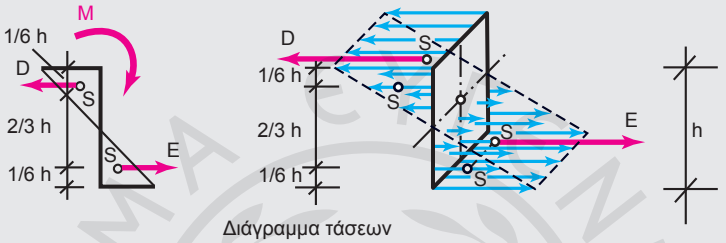
$$D = \frac{1}{2} \times \lambda \times \frac{h}{2} \times b \times \frac{h}{2} = \frac{1}{8}\lambda b h^2 = E$$



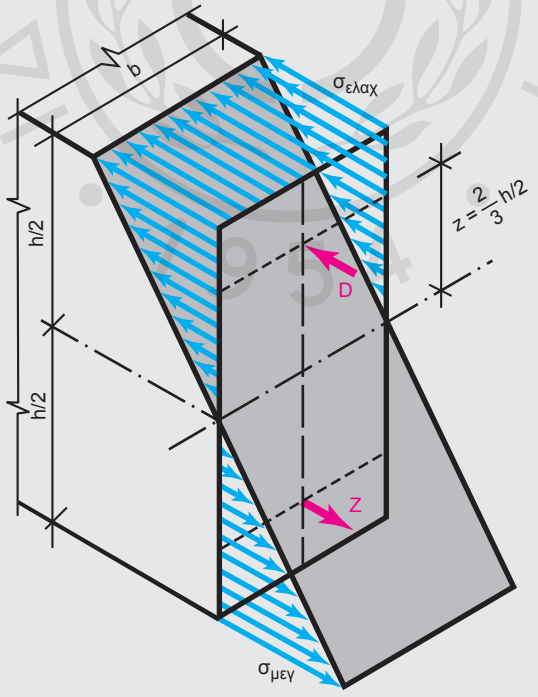
(α) **Σχ. 5.8** (β)

Φόρτιση ξύλινης ράβδου.
(α) Φορτίο κάθετο προς τη μεγάλη διάσταση διατομής.
(β) Φορτίο κάθετο προς τη μικρή διάσταση διατομής.





Σχ. 5.9
Παράδειγμα φόρτισης αμφιέρειστης δοκού.



Σχ. 5.10
Κατανομή τάσεων.

Η συνισταμένη αυτή δρα στο κέντρο βάρους της σφήνας, που είναι στα ⅔ του h/2 από την ουδέτερη γραμμή.

Επομένως η απόσταση μεταξύ D και E είναι ⅔ h.

Η εφαρμογή της συνθήκης ισορροπίας ΣM = 0 δίνει:

$$\Sigma M = 0 = M - D \times \frac{2}{3} h = M - \frac{1}{8} \lambda b h^2 \times \frac{2}{3} h = \lambda \frac{1}{12} bh^3$$

από την οποία παίρνουμε:

$$\lambda = \frac{M}{\frac{1}{12} bh^3} = \frac{M}{J_x} \qquad (6)$$

Η έκφραση $1/12\ bh^3 = J_x$ ονομάζεται ***ροπή αδράνειας***.

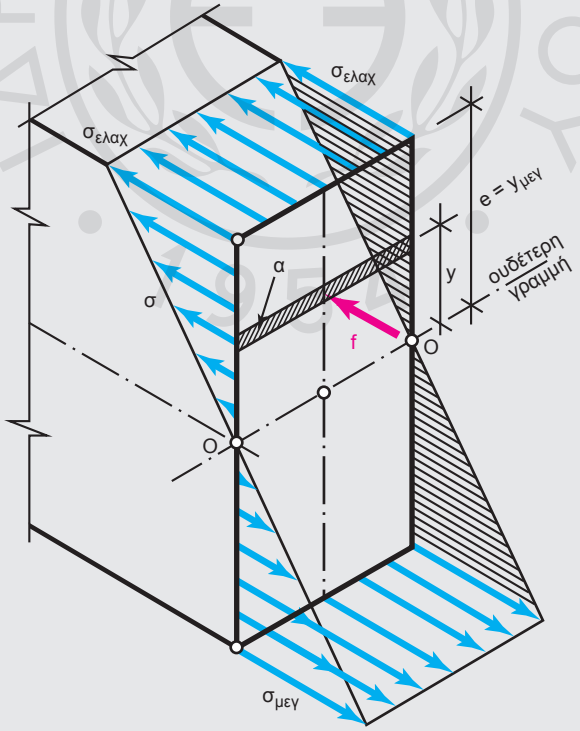
Το άγνωστο ως τώρα λ καθορίσθηκε, οπότε η εξίσωση γίνεται:

$$\sigma = \frac{M}{J_x} y \qquad (7)$$

Γενικότερα για να βρούμε τις τάσεις στις διάφορες θέσεις τυχαίας διατομής, τη φανταζόμαστε να αποτελείται από πολλές λεπτές λωρίδες, παράλληλες με την ουδέτερη γραμμή.

Αν ονομάσουμε $\sigma_{μεγ}$ τη μέγιστη τάση, η οποία αναπτύσσεται στην ακραία ίνα, που απέχει απόσταση $y_{μεγ}$ από την ουδέτερη γραμμή, τότε στην απόσταση y από την ουδέτερη γραμμή αναπτύσσεται τάση σ, που προκύπτει από την ομοιότητα των τριγώνων (σχ. 5.11).

$$\frac{\sigma_{μεγ}}{y_{μεγ}} = \frac{\sigma}{y}$$



Σχ. 5.11
Κατανομή τάσεων.

δηλαδή: $$\sigma = \sigma_{\mu\varepsilon\gamma} \times \frac{y}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \quad (8)$$

Στη θέση αυτή βρίσκεται μία λεπτή λωρίδα με εμβαδόν α, η οποία αναλαμβάνει δύναμη:

$$f = \alpha \times \sigma = \sigma_{\mu\varepsilon\gamma} \times \frac{y}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \times \alpha$$

Η ροπή της δύναμης f ως προς την ουδέτερη γραμμή είναι:

$$m = f \times y = \sigma_{\mu\varepsilon\gamma} \times \frac{y}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \times \alpha \times y = \frac{\sigma_{\mu\varepsilon\gamma}}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \alpha y^2$$

Το άθροισμα των ροπών m των δυνάμεων, οι οποίες αναλαμβάνονται από όλες τις λωρίδες που αποτελούν τη διατομή, θα πρέπει να ισορροπεί τη ροπή κάμψης της διατομής. Δηλαδή:

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{\sigma_{\mu\varepsilon\gamma}}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \times (\alpha_1 y_1^2 + \alpha_2 y_2^2 + \alpha_3 y_3^2 + \ldots..) = \frac{\sigma_{\mu\varepsilon\gamma}}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \times J$$

Το μέσα στην παρένθεση άθροισμα των εμβαδών όλων των λεπτών λωρίδων επί τα τετράγωνα των αποστάσεών τους από την ουδέτερη γραμμή, το οποίο παριστάνεται με J, λέγεται (αξονική) ***ροπή αδράνειας της διατομής ως προς την ουδέτερη γραμμή της.***

Έτσι προκύπτει ο θεμελιώδης τύπος της κάμψης:

$$M = \frac{\sigma_{\mu\varepsilon\gamma}}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} \times J \quad \text{ή}$$

όπως συνηθέστερα γράφεται: $$\sigma_{\mu\varepsilon\gamma} = \frac{M}{J} \times y_{\mu\varepsilon\gamma} \quad (9)$$

Ο τύπος αυτός μας δίνει τη μέγιστη τάση στην ακραία ίνα, που κυρίως μας ενδιαφέρει. Εάν θέλουμε να υπολογίσουμε την τάση που αναπτύσσεται στην τυχαία απόσταση y από την ουδέτερη γραμμή, χρησιμοποιούμε τον τύπο, ο οποίος μας δίνει:

$$\sigma = \frac{M}{J} \times y \quad (10)$$

Ο τύπος είναι γενικός και μας δίνει τις ορθές τάσεις σ σε κάθε σημείο με απόσταση y από την ουδέτερη γραμμή, όταν είναι γνωστή η ροπή αδράνειας J της διατομής, ως προς την ουδέτερη γραμμή και η ροπή κάμψης M στη διατομή της δοκού που εξετάζουμε.

Επειδή η θετική φορά του άξονα των y λαμβάνεται προς τα κάτω, θα έχουμε από τον τύπο (10) για y ομόσημο του M (π.χ. για ροπή κάμψης θετική και y θετικό, δηλ. προς τα κάτω) ορθή τάση θετική (εφελκυσμού). Αντίθετα για y ετερόσημο του M (π.χ. M θετικό και y προς τα πάνω, είτε M αρνητικό και y προς τα κάτω) θα προκύπτει ορθή τάση αρνητική (θλίψης).

Αν στον τύπο (10) ορίσουμε την απόσταση $y_{\mu\varepsilon\gamma}$ της ακραίας ίνας από την ουδέτερη γραμμή, θα έχουμε, καθώς είπαμε ήδη, τη μέγιστη τάση $\sigma_{\mu\varepsilon\gamma}$ που εμφανίζεται στην υπόψη διατομή. Αν εξετάσουμε πολλές διατομές, η πιο δυσμενής θα είναι εκείνη, στην οποία αναπτύσσεται η μέγιστη ροπή κάμψης, μια και στις ακραίες ίνες αυτής θα εμφανισθεί η μέγιστη τάση.

Η ροπή αδράνειας J ορίσθηκε ως άθροισμα εμβαδών πολλαπλασιασμένων επί τετράγωνα αποστάσεων και συνεπώς η μονάδα μέτρησης της θα είναι:

$$(\text{εμβαδόν}) \times (\text{απόσταση})^2 = cm^2 \times cm^2 = cm^4$$

Γράφουμε πάλι τον τύπο (10) με τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούμε συνήθως στην πράξη:

$$\sigma = (kp/cm^2) = \frac{M\ (kp \times cm)}{J\ (cm^4)} \times y\ (cm) \quad (11)$$

Βλέπουμε ότι για να βρούμε την τάση σε kp/cm^2, θα πρέπει να εκφράσουμε τη ροπή κάμψης σε kp × cm, τη ροπή αδράνειας σε cm^4 και την απόσταση y σε cm.

Είδαμε ότι η μέγιστη τάση, που κυρίως ενδιαφέρει στην πράξη, εμφανίζεται στις ακραίες ίνες, όπου το y γίνεται μέγιστο.

Αν ορίσουμε $J/y_{\mu\varepsilon\gamma} = Z$ η εξίσωση (11) γράφεται:

$$\sigma_{\mu\varepsilon\gamma} = \frac{M}{Z} \qquad (12)$$

Στην παραπάνω μορφή η εξίσωση (10) εμφανίζεται στις πρακτικές εφαρμογές.

Το πηλίκον: $$\frac{J}{y_{\mu\varepsilon\gamma}} = Z \qquad (13)$$

λέγεται ***ροπή αντίστασης*** της διατομής.

Από τον τύπο: $$Z = \frac{J(cm^4)}{y_{\mu\varepsilon\gamma}(cm)}$$

προκύπτει ότι η μονάδα μέτρησης της ροπής αντιστασης είναι cm^4/cm = cm^3 χωρίς να έχει καμία σχέση με τη μονάδα όγκου.

Για μία ορθογωνική διατομή με πλάτος b και ύψος h δίνεται: $J = bh^3/12$, οπότε:

$$Z = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6} \qquad (14)$$

4) Τρόπος εφαρμογής

Στις δοκούς που κάμπτονται εξαντλείται η αντοχή των ακραίων μόνο ινών, ενώ η περιοχή της διατομής κοντά στην ουδέτερη γραμμή δεν αναλαμβάνει σημαντικές τάσεις. Για τον λόγο αυτό επιδιώκουμε να συγκεντρώσουμε το υλικό μακριά από την ουδέτερη γραμμή σε δύο συμμετρικές ζώνες, τις οποίες ενώνουμε με ένα λεπτό κορμό για να εξασφαλίσουμε τη συνεργασία τους. Έτσι προκύπτει οικονομία υλικού με τη χρησιμοποίηση των διατομών με μορφή διπλού ταυ (σχ. 5.12).

Συνήθως στα προβλήματα της κάμψης δίνεται η ροπή κάμψης, που πρέπει να αναλάβει μία δοκός και ζητούνται οι διαστάσεις της δοκού. Τότε εφαρμόζουμε τον τύπο (διαστασιολόγηση):

$$Z_{\alpha\pi\alpha\iota\tau} = \frac{M_{\mu\varepsilon\gamma}}{\sigma_{\varepsilon\pi}} \qquad (15)$$

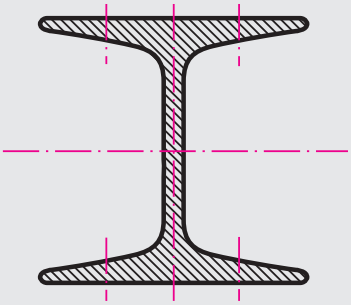
και βρίσκουμε την απαιτούμενη ροπή αντίστασης της δοκού. Στη συνέχεια εκλέγουμε τέτοιες διαστάσεις δοκού, ώστε η ροπή αντίστασης που υπάρχει $Z_{\upsilon\pi}$ να είναι λίγο μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Πάντοτε όμως ελέγχουμε το μέγεθος των τάσεων που αναπτύσσονται με τον τύπο (έλεγχος τάσεων):

$$\sigma_{\upsilon\pi} = \frac{M_{\mu\varepsilon\gamma}}{\sigma_{\varepsilon\pi}} \le \sigma_{\upsilon\pi} \qquad (16)$$

Ένα άλλο πρόβλημα είναι να ελέγξουμε τη ροπή κάμψης που μπορεί να αναλάβει μια διατομή, που δίνεται με ροπή αντίστασης Z. Τότε εφαρμόζουμε τον τύπο (ικανότητα φόρτισης):

$$M_{\mu\varepsilon\gamma} = \sigma_{\varepsilon\pi} \times Z_{\upsilon\pi} \qquad (17)$$

Με το σύμβολο $\sigma_{\varepsilon\Pi}$ εννοούμε την επιτρεπόμενη τάση.



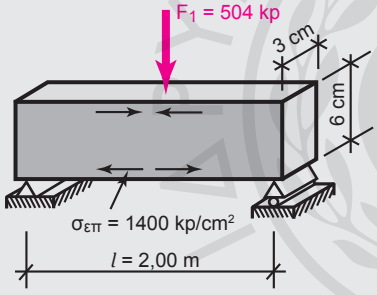
Σχ. 5.12
Τομή δοκού Τ.

Παράδειγμα

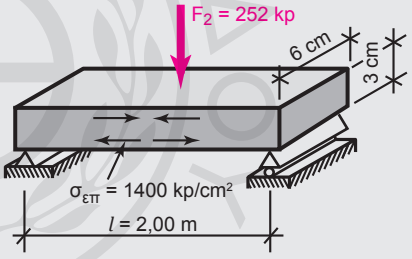
Αμφιέρειστη χαλύβδινη δοκός, με διατομή 3 cm × 6 cm και άνοιγμα l = 2,00 m, πρόκειται να φορτωθεί στο μέσο της με φορτίο F. Αν η επιτρεπόμενη μέγιστη τάση του χάλυβα είναι $\sigma_{επ}$ = 1400 kp/cm^2, πόσο είναι το φορτίο που μπορεί να φέρει η δοκός;

α) Όταν το ύψος της είναι 6 cm και το πλάτος της 3 cm (σχ. 5.13).

β) Όταν το ύψος της είναι 3 cm και το πλάτος της 6 cm (σχ. 5.14).



Σχ. 5.13
Αμφιέρειστη δοκός με ύψος διατομής μεγαλύτερο από το πλάτος.



Σχ. 5.14
Αμφιέρειστη δοκός με ύψος διατομής μικρότερο από το πλάτος.

Λύση

α) ***Στην πρώτη περίπτωση:*** $Z_1 = \frac{bh^2}{6} = \frac{3\,cm \times 6^2\,cm^2}{6} = 18\,cm^3$

$\sigma_{επ} = \frac{M_1}{Z_1}$ άρα $M_1 = \sigma_{επ} \times Z_1 = 1400\ kp/cm^2 \times 18\ cm^3 = 25.200\ kp \times cm = 252\ kp \times m$

Δηλαδή η δοκός μπορεί να αναλάβει ροπή M_1 = 252 kp × m.

Γνωρίζουμε από τη Στατική ότι η μέγιστη ροπή της αμφιέρειστης δοκού με ένα συγκεντρωμένο φορτίο στο μέσο της είναι:

$$M_{μεγ} = \frac{F \times l}{4}$$

άρα: $$F_1 = \frac{4M_1}{l} = \frac{4 \times 252\ kp \times m}{2\ m} = 504\ kp$$

Δηλαδή το φορτίο που ζητούμε και που προκαλεί μέγιστη ροπή.

$$M_1 = 252\ kp \times m$$

και μέγιστη τάση $\sigma = \pm 1400\ kp/cm^2$ είναι $F_1 = 504\ kp$.

β) ***Στη δεύτερη περίπτωση:*** $Z_2 = \frac{hb^2}{6} = \frac{6\ cm \times 3^2\ cm^2}{6} = 9\ cm^3$

$$\sigma_{επ} = \frac{M_2}{Z_2} \quad \text{άρα} \quad M_2 = \sigma_{επ} \times Z_2 = 1400\ kp/cm^2 \times 9\ cm^3 = 12.600\ kp \times cm = 126\ kp \times m$$

Σε αναλογία προς την πρώτη περίπτωση βρίσκουμε:

$$F_2 = \frac{4M_2}{l} = \frac{4 \times 126\ kp \times m}{2\ m} = 252\ kp$$

Δηλαδή αν η δοκός στραφεί, μπορεί να φέρει μόνο το μισό του φορτίου F_1. Αν υποθέσουμε ότι εφελκύουμε την ίδια δοκό με δύναμη N, ώσπου να ενταθεί με τάση εφελκυσμού $\sigma = 1400\ kp/cm^2$, η δύναμη που μπορεί να αναλάβει η δοκός είναι $N = \sigma \times A = 1400\ kp/cm^2 \times 18\ cm^2 = 25.200\ kp$ δηλαδή πενήντα φορές μεγαλύτερη από το φορτίο F_1 και εκατό φορές μεγαλύτερη από το φορτίο F_2.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η κάμψη είναι ένα είδος καταπόνησης που επιτρέπει στο υλικό ανάληψη δυνάμεων πολύ μικρότερη από όση ο εφελκυσμός η ή θλίψη.

5) *Ροπές αδράνειας και αντίστασης*

Οι ροπές αδράνειας και αντίστασης είναι γεωμετρικά μεγέθη που έχουν σχέση μόνο με τις διαστάσεις και τη μορφή της διατομής. Για τις τυποποιημένες διατομές δοκών, από ξύλο ή χάλυβα, υπάρχουν πίνακες που δίνουν, εκτός από το εμβαδόν της διατομής, τη ροπή αδράνειας J και τη ροπή αντίστασης Z.

– Ορθογωνική διατομή

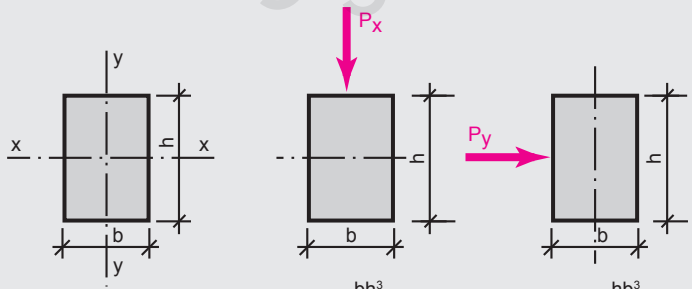
Εξετάζοντας το σχήμα 5.15, βλέπουμε ότι για την ορθογωνική διατομή έχουμε δύο ροπές αδράνειας:

$$J_x = \frac{bh^3}{12} \quad \text{και} \quad J_y = \frac{b^3h}{12}$$

στις οποίες αντιστοιχούν οι ροπές αντίστασης:

$$Z_x = \frac{bh^2}{6} \quad \text{και} \quad Z_y = \frac{b^2h}{6}$$

και τις οποίες χρησιμοποιούμε ανάλογα με τη διεύθυνση επιβολής των φορτίων.



Σχ. 5.15
Καταπόνηση ορθογωνικής διατομής.

Έτσι τα φορτία P_x που είναι κάθετα στον άξονα συμμετρίας x-x, προκαλούν ροπές, που τις συμβολίζουμε M_x, και μέγιστη τάση:

$$\sigma_{\mu\varepsilon\gamma} = \frac{M_{x\,\mu\varepsilon\gamma}}{Z_x}$$

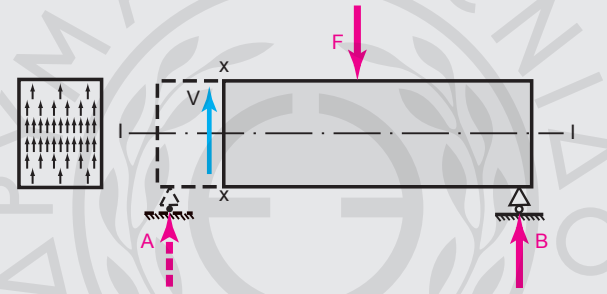
Αντίστοιχα τα φορτία P_y, που είναι κάθετα στον άξονα συμμετρίας y-y, προκαλούν ροπές M_y και τάση:

$$\sigma_{\mu\varepsilon\gamma} = \frac{M_{y\,\mu\varepsilon\gamma}}{Z_y}$$

5.3.4 Διατμητικές τάσεις σε δοκούς που κάμπτονται

Στο κεφάλαιο της κάμψης μάθαμε να υπολογίζουμε τις τέμνουσες δυνάμεις σε κάθε διατομή μιας δοκού που κάμπτεται.

Αν κόψουμε την ορθογωνική δοκό ΑΒ του σχήματος 5.16 για να αποκαταστήσουμε την ισορροπία πρέπει να εφαρμόσουμε πάνω στη διατομή x-x μια δύναμη V ίση προς την τέμνουσα στη θέση της τομης. Η V είναι η συνισταμένη όλων των διατμητικών τάσεων που αναπτύσσονται στη διατομή κατά τη φόρτιση.



Σχ. 5.16
Διατμητικές τάσεις σε αμφιέρειστη δοκό.

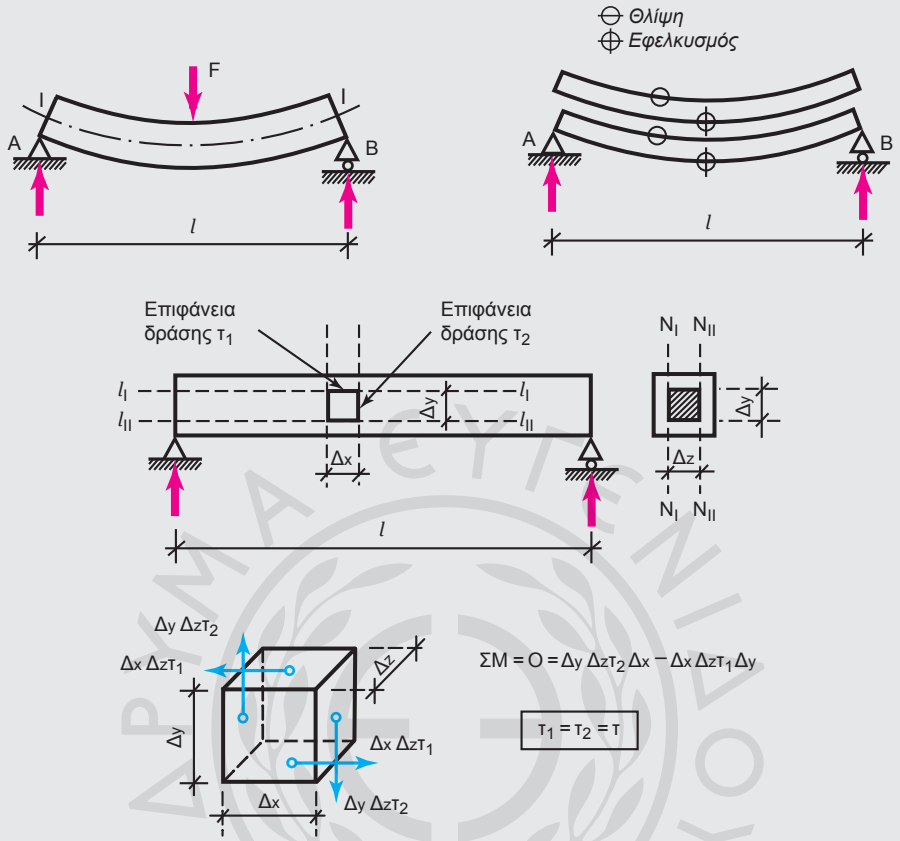
Την παραπάνω δοκό, με την ίδια φόρτιση, τέμνουμε με μια οριζόντια τομή I-I και τοποθετούμε το ένα τμήμα της δοκού πάνω στο άλλο, ώστε να καμφθούν και τα δύο κάτω από τη δράση του φορτίου F.

Όπως είναι γνωστό από το κεφάλαιο της κάμψης, οι κάτω ίνες του πάνω τμήματος όταν εφελκύονται επιμηκύνονται, ενώ οι πάνω ίνες του κάτω τμήματος όταν θλίβονται βραχύνονται. Αν θελήσουμε να αναγκάσουμε τα δύο τμήματα να συνεργασθούν, ώστε η αρχική δοκός να καμφθεί σαν να ήταν ενιαία, θα πρέπει να βραχύνουμε τις κάτω ίνες του πάνω τμήματος έτσι, ώστε στο τέλος της παραμόρφωσης οι δύο σε επαφή επιφάνειες της τομής να έχουν ίση παραμόρφωση. Για να το πέτυχουμε αυτό πρέπει στις δύο επιφάνειες της τομής να αναπτυχθούν διατμητικές δυνάμεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.17. Αν για παράδειγμα κολλήσουμε ή καρφώσομε το ένα τμήμα της δοκού με το άλλο, αυτές τις διατμητικές δυνάμεις θα τις μεταφέρουν η κόλλα ή τα καρφιά και τα δύο τμήματα θα εργάζονται σαν ένα.

Οι διατμητικές αυτές τάσεις εμφανίζονται σε οποιοδήποτε ύψος και αν γίνει η τομή I-I, και αποδεικνύεται ότι είναι ίσες προς τις διατμητικές τάσεις που αναπτύσσονται εξαιτίας της τέμνουσας δύναμης πάνω στο επίπεδο της διατομής στο αντίστοιχο ύψος (σχ. 5.17)

Συμπέρασμα

Οι διατμητικές τάσεις εμφανίζονται ***πάντοτε σε ζεύγη,*** σύγχρονα στις διατομές της ράβδου και στα κάθετα σε αυτές επίπεδα κατά μήκος της ράβδου. ***Οι δύο αυτές διατμητικές τάσεις είναι ίσες,*** και είτε διευθύνονται προς την κοινή ακμή, είτε απομακρύνονται από αυτή.



Σχ. 5.17
Εσωτερικές τάσεις σε αμφιερειστη δοκό.

Βλέπουμε δηλαδή ότι σε κάθε σημείο μιας δοκού που κάμπτεται, αναπτύσσονται διατμητικές τάσεις σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις. Η τιμή της διατμητικής τάσης θα είναι διαφορετική σε διάφορες θέσεις κατά το ύψος της διατομής, και υπολογίζεται (με την παραδοχή ότι κατά το πλάτος της διανομής θα είναι σταθερή) από τον τύπο:

$$\tau = \frac{VS}{Jb} \qquad (18)$$

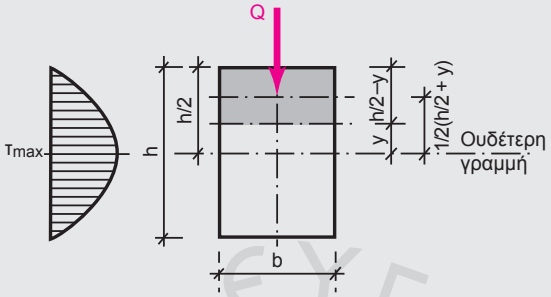
όπου: **V** η τέμνουσα δύναμη στη διατομή που εξετάζουμε.
S η στατική ροπή, ως προς την ουδέτερη γραμμή, του τμήματος της διατομής που περιλαμβάνεται ανάμεσα στην παράλληλη προς την ουδέτερη γραμμή, στη θέση που ζητάμε την τάση, και την άνω ακραία ίνα της δοκού.
b το πλάτος της διατομής στην παραπάνω θέση.
J η ροπή αδράνειας της διατομής (ως προς την ουδέτερη γραμμή).

Σε μια διατομή της δοκού το V και J είναι γνωστά, οπότε η διατμητική τάση εξαρτάται από το λόγο S/b. Επομένως για τις ακραίες ίνες το S = 0 άρα και η τ = 0. Για την ουδέτερη γραμμή η S γίνεται μέγιστη, επομένως και η τ μέγιστη. Η διατμητική τάση είναι αντίστροφα ανάλογη προς το πλάτος b.

$$J = \frac{bh^3}{12}$$

$$S=\left(\frac{h}{2}-y\right)\times b\left(\frac{h}{2}+y\right)\times\frac{1}{2}=\left[\left(\frac{h}{2}\right)^2-y^2\right]\frac{b}{2},\qquad \tau=\frac{V}{2J}\times\left[\left(\frac{h}{2}\right)^2-y^2\right]$$

άρα η κατανομή ακολουθεί καμπύλη παραβολής (σχ. 5.18).



Σχ. 5.18

Κατανομή διατμητικής τάσης σε ορθογωνική διατομή.

Η μέγιστη τιμή της τ εμφανίζεται στο μέσο όπου y = O και είναι:

$$\tau=\frac{V}{2J}\times\left(\frac{h}{2}\right)^2=\tau_{\mu\varepsilon\gamma}=\frac{Vh^2}{8\times\frac{bh^3}{12}}=\frac{3}{2}\times\frac{V}{bh}=\frac{3}{2}\times\frac{V}{A}$$

Μέχρι τώρα εξετάσαμε τις τάσεις διάτμησης εξαιτίας της τέμνουσας δύναμης και τις ορθές τάσεις εξαιτίας της ροπής κάμψης ως δύο ανεξάρτητες περιπτώσεις έντασης.

Εφόσον όμως μέσα στη δοκό που κάμπτεται αναπτύσσονται ταυτόχρονα με τις ορθές και διατμητικές τάσεις λόγω της ύπαρξης τέμνουσας, θα έπρεπε να εξετάσουμε την ίδια περίπτωση και ως σύνθετη καταπόνηση. Αποδεικνύεται όμως γενικά ότι για τις συνηθισμένες περιπτώσεις δοκών από ξύλο και χάλυβα, των οποίων το άνοιγμα είναι μεγάλο (10πλάσιο και πάνω) σε σχέση προς το ύψος της διατομής και των οποίων η διατομή δεν έχει πολύ λεπτά τοιχώματα, η επίδραση των διατμητικών τάσεων είναι αμελητέα και αρκεί ο έλεγχος της μέγιστης ορθής τάσης από τη ροπή κάμψης.

Η μέθοδος που θα πρέπει να ακολουθήσουμε για υπολογισμούς σε δοκούς με πιο πολύπλοκες διατομές, όπως οι διατομές μορφοδοκών η μιας εγκάρσιας τομής του πλοίου, είναι ακριβώς η ίδια. Μοναδική δυσκολία είναι ο υπολογισμός των J και S.

Παράδειγμα

Να βρεθεί η μεγαλύτερη διατμητική τάση που θα εμφανιστεί στον ουδέτερο άξονα της ράβδου του σχήματος 5.3 αν η ράβδος έχει ορθογωνική διατομή με βάση 2 cm και ύψος 4 cm.

Η μέγιστη τέμνουσα δύναμη εμφανίζεται στο σημείο Γ της ράβδου και έχει τιμή 460 kp.

Για μια ορθογωνική διατομή έχουμε: $J=\frac{bh^3}{12}\times\frac{2\times4^3}{12}=10{,}666\ \text{cm}^4$

Στον ουδέτερο άξονα έχουμε:

$$S=\left(\frac{h}{2}\right)^2\times\frac{b}{2}$$

$$b=\left(\frac{h}{2}\right)\times\left(\frac{h}{4}\right)=\frac{bh^2}{8}=\frac{2\times4^2}{8}=4\ \text{cm}^3$$

Από τις σχέσεις αυτές έχουμε: $\tau=\frac{460\ \text{kp}\times4\ \text{cm}^3}{2\ \text{cm}\times10{,}666\ \text{cm}^4}=86{,}25\ \text{kp/cm}^2=0{,}8625\ \text{kp/mm}^2$

5.4 Η μελέτη της αντοχής του πλοίου ως δοκού

5.4.1 Γενικά

Η καταπόνηση του πλοίου ως δοκού είναι κρίσιμη σε συνθήκες έντονου κυματισμού. Επειδή στην περίπτωση αυτή αφενός υπάρχουν δυναμικά προβλήματα και αφετέρου οι καταπονήσεις βρίσκονται σε συνάρτηση με τη μορφή του κυματισμού, οι θεωρητικοί υπολογισμοί είναι πολύ δύσκολοι. Για να απλουστευθεί το πρόβλημα της μελέτης της αντοχής του πλοίου ως δοκού, σε σημείο που να είναι δυνατή η λύση του, γίνονται οι παρακάτω παραδοχές:

1) Το φαινόμενο θεωρείται ως στατικό, δηλαδή οι δυνάμεις άντωσης που ασκούνται στο πλοίο από το νερό δεν θεωρείται ότι μεταβάλλονται με τον χρόνο.

2) Η στήριξη του πλοίου πάνω στο νερό εξετάζεται για τρεις περιπτώσεις:
   α) Σε ήρεμο νερό (χωρίς κύματα).
   β) Σε κύμα με μήκος ίσο με το μήκος του πλοίου και με την κορυφή του στο μέσο του πλοίου (κατάσταση Hogging).
   γ) Σε κύμα που έχει μήκος ίσο με το μήκος του πλοίου και τις δύο κορυφές του στα άκρα του πλοίου (κατάσταση Sagging).

Με τις παραπάνω παραδοχές το πρόβλημα της μελέτης της αντοχής του πλοίου ως δοκού αρχίζει να μοιάζει με εκείνο της απλής δοκού (παράγρ. 5.3) με τις παρακάτω παρατηρήσεις:

1) Οι δυνάμεις πάνω στην δοκό αποτελούνται από τα βάρη που συνθέτουν το πλοίο και το φορτίο του.

2) Οι αντιδράσεις στη δοκό αποτελούνται από τις δυνάμεις άντωσης που εξαρτώνται από την κατανομή του όγκου των υφάλων κατά μήκος του πλοίου και από τη μορφή της ισάλου (ευθεία η μη) σε κάθε περίπτωση.

3) Στον υπολογισμό των ιδιοτήτων των εγκάρσιων τομών του πλοίου (π.χ. ουδέτερος άξονας, ροπή αδράνειας κ.λπ.) θεωρείται ότι συμμετέχουν όλα τα στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής του (π.χ. ελάσματα, διαμήκεις ενισχύσεις) που έχουν διαμήκη συνέχεια για ένα σημαντικό μήκος προς κάθε πλευρά του μέσου του πλοίου.

5.4.2 Δυνάμεις βάρους

Η καμπύλη της κατά μήκος κατανομής του βάρους ενός πλοίου προκύπτει από μία διαδικασία άθροισης των επιμέρους βαρών. Η σχετική διαδικασία απλοποιείται αν τα βάρη υποδιαιρεθούν σε ***πρωτεύοντα*** και ***δευτερεύοντα.***

Πρωτεύοντα θεωρούνται τα βάρη της ανθεκτικής μεταλλικής κατασκευής και του εξαρτισμού και ***δευτερεύοντα*** εκείνα που δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως πρωτεύοντα, όπως είναι το βάρος των μηχανών, καυσίμων και εφοδίων, καθώς και το βάρος του φορτίου που μεταφέρει το πλοίο.

Η καμπύλη κατανομής του πρωτεύοντος βάρους ενός εμπορικού πλοίου μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από ένα ορθογώνιο τμήμα στην περιοχή του μέσου του και δύο τραπέζια στα ακραία τμήματά του. Το μήκος του ορθογωνίου λαμβάνεται

περίπου ίσο με το $^1/_3$ του μήκους μεταξύ καθέτων του πλοίου και το συνολικό βάρος που αντιστοιχεί στο ορθογώνιο ίσο με το 40% περίπου του πρωτεύοντος βάρους. Τα δύο ακραία τραπέζια θεωρείται ότι καλύπτουν μαζί το υπόλοιπο 60% του πρωτεύοντος βάρους.

Αν θεωρήσουμε ότι είναι:

W_1 το πρωτεύον βάρος του πλοίου,
$W_{1Φ}$ το βάρος που αντιστοιχεί στο πρωραίο τραπέζιο,
W_{1A} το βάρος που αντιστοιχεί στο πρυμναίο τραπέζιο,
X_1 η απόσταση του κέντρου βάρους του W_1 από το μέσο μεταξύ καθέτων του πλοίου (θετική προς την πλώρη και αρνητική προς την πρύμνη),
$Ψ_0$ το ύψος του μεσαίου ορθογωνίου,
$Ψ_A$ η διάσταση της πρυμναίας πλευράς του πρυμναίου τραπεζίου,
$Ψ_F$ η διάσταση της πρωραίας πλευράς του πρωραίου τραπεζίου,
L το μήκος μεταξύ των καθέτων,
θα έχουμε:

$$Ψ_0 = \frac{0{,}4\ W_1}{L/3} = \frac{1{,}2\ W_1}{L} \tag{19}$$

$$Ψ_A = \frac{3\ W_1}{L} - 2Ψ_0 - \frac{X_1 W_1 54}{7L^2} \tag{20}$$

$$Ψ_F = \frac{3\ W_1}{L} - 2Ψ_0 + \frac{X_1 W_1 54}{7L^2} \tag{21}$$

Παράδειγμα

Να κατασκευασθεί η καμπύλη του πρωτεύοντος βάρους ενός πλοίου με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1) Μήκος μεταξύ καθέτων 68 m.

2) Πρωτεύον βάρος 762 t.

3) Θέση κέντρου βάρους (πρωτεύοντος βάρους) 2 m από το μέσο του πλοίου προς την πρύμνη.

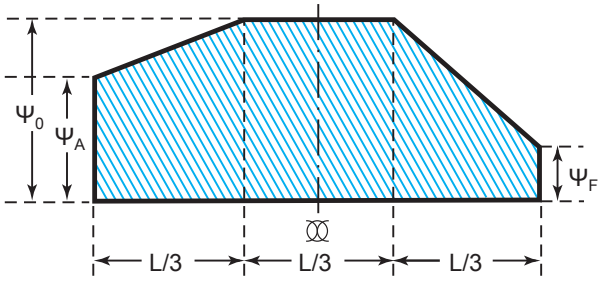
Από τις σχέσεις 19, 20 και 21 θα έχουμε:

$$Ψ_0 = \frac{1{,}2\ W_1}{L} = 13{,}447 \text{ t/m}$$

$$Ψ_A = \frac{3\ W_1}{L} - 2Ψ_0 - \frac{X_1 W_1 54}{7L^2} =$$

$$= \frac{3 \times 762}{68} - 2 \times 13{,}447 - \frac{(-2) \times 762 \times 54}{7 \times 68^2} = 9{,}265 \text{ t/m}$$

$$Ψ_F = \frac{3 \times 762}{68} - 2 \times 13{,}447 + \frac{(-2) \times 762 \times 54}{7 \times 68^2} = 4{,}183 \text{ t/m}$$



Σχ. 5.19
Καμπύλη κατανομής πρωτεύοντος βάρους.

Η καμπύλη κατανομής του πρωτεύοντος βάρους φαίνεται στο σχήμα 5.19.

Η καμπύλη αυτή έχει την ιδιότητα να δίνει σκιασμένο εμβαδόν ίσο με 762 t και διαμήκη θέση κέντρου βάρους 2 m από το μέσο προς την πρύμνη.

Πάνω στην καμπύλη της κατανομής του πρωτεύοντος βάρους προσθέτουμε στη συνέχεια διαδοχικά καθένα από τα δευτερεύοντα βάρη. Η κατανομή κάθε τέτοιου βάρους γίνεται με ένα ορθογώνιο ή ένα τραπέζιο που έχει μήκος ίσο με εκείνο που καλύπτει στην πράξη κάθε βάρος. Για παράδειγμα, το φορτίο που μεταφέρεται σε ένα αμπάρι κατανέμεται μεταξύ δύο σημείων (πάνω στη βάση που παριστάνει το μήκος του πλοίου) που αντιστοιχούν στην πρωραία και την πρυμναία φρακτή του αμπαριού.

Ορθογώνια σχήματα χρησιμοποιούνται όπου το κέντρο βάρους του δευτερεύοντος βάρους βρίσκεται στο μέσο του μήκους της κατανομής του. Όταν δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο, χρησιμοποιούμε τραπέζια. Τα ύψη των τραπεζίων σε αυτήν την περίπτωση υπολογίζονται με απλές γεωμετρικές σχέσεις, ώστε:

1) Το εμβαδόν που περιέχεται στο τραπέζιο να είναι ίσο με το δευτερεύον βάρος.

2) Το κέντρο βάρους του τραπεζίου να συμπίπτει με το κέντρο βάρους του δευτερεύοντος βάρους.

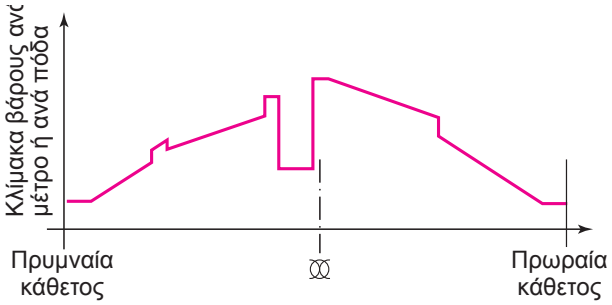
Αν προσθέσουμε όλα τα τραπέζια και ορθογώνια πάνω στην καμπύλη του πρωτεύοντος βάρους, θα πάρουμε μία καμπύλη που λέγεται ***καμπύλη κατανομής του βάρους του πλοίου.*** Μία τέτοια καμπύλη φαίνεται στο σχήμα 5.20 και έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

1) Το εμβαδόν κάτω από αυτήν είναι ίσο με το εκτόπισμα του πλοίου.

2) Η διαμήκης θέση του κέντρου βάρους του εμβαδού κάτω από την καμπύλη συμπίπτει με εκείνη του πλοίου.

5.4.3 Δυνάμεις άντωσης

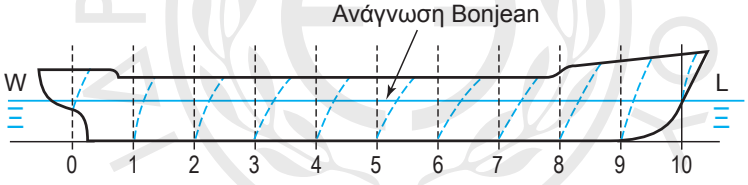
Η καμπύλη που παριστάνει τις δυνάμεις άντωσης είναι φανερό ότι εξαρτάται από τον τρόπο στήριξης (στατικής πλεύσης) του πλοίου πάνω στο νερό. Δηλαδή έχει άλλη μορφή όταν το πλοίο πλέει σε ήρεμο νερό και άλλη όταν θεωρούμε ότι η στήριξη γίνεται πάνω σε κύμα με την κορυφή του (Hogging) ή την κοιλάδα του (Sagging) στο μέσο του πλοίου.



Σχ. 5.20
Καμπύλη κατανομής βάρους.

Σε όλες πάντως τις περιπτώσεις απαραίτητο στοιχείο για την εύρεση της καμπύλης είναι οι καμπύλες Bonjean* που δίνουν γραφικά και με κλίμακα τη μεταβολή της επιφάνειας κάθε εγκάρσιας τομής του πλοίου σε διάφορα ύψη από την τρόπιδα.

Σε περίπτωση που εξετάζεται η πλεύση σε ήρεμο νερό σε ένα σχέδιο του πλοίου που περιέχει και τις καμπύλες Bonjean, σχεδιάζεται η ίσαλος, ώστε να μπορέσουν να γίνουν αναγνώσεις της επιφάνειας κάθε εγκάρσιας τομής στο ύψος της ισάλου (σχ. 5.21). Στο σχήμα αυτό βλέπομε τη διαμήκη τομή ενός πλοίου (και έντεκα εγκάρσιες τομές του) που πλέει στην ίσαλο WL. Οι διακοπτόμενες καμπύλες παριστάνουν τις Bonjean.



Σχ. 5.21
Πλάγια όψη πλοίου με καμπύλες Bonjean.

Η ανάγνωση των Bonjean γίνεται, όπως φαίνεται στην τομή, με τον αριθμό 5. Οι αναγνώσεις δίνουν τις επιφάνειες σε τετραγωνικά μέτρα ή σε τετραγωνικούς πόδες και μετατρέπονται σε τόνους ανά μέτρο ή ανά πόδα από τους τύπους:

$$t/m = A_{m^2} \times 1{,}025 \tag{22}$$

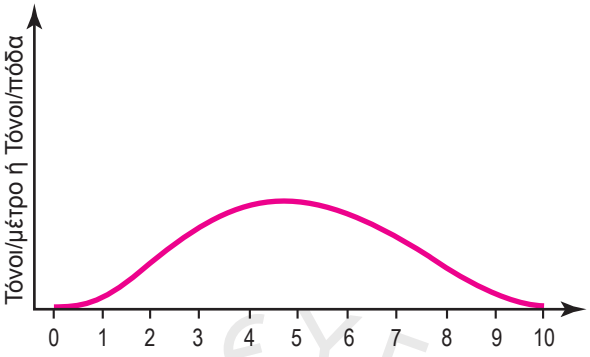
$$t/ft = A_{ft^2} \times \frac{1}{35} \tag{23}$$

όπου $\mathbf{A_{m^2}}$ και $\mathbf{A_{ft^2}}$ είναι οι αναγνώσεις από τις Bonjean σε τετραγωνικά μέτρα η τετραγωνικά πόδια αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των αναγνώσεων, αφού μετατραπούν σύμφωνα με τις σχέσεις

* Δες Ευστάθεια-Φόρτωση, Ι. Κολλινιάτη, έκδοση Ιδρύματος Ευγενίδου.

(22) και (23) χρησιμοποιούνται για τη χάραξη της καμπύλης άντωσης που φαίνεται στο σχήμα 5.22.



Σχ. 5.22
Καμπύλη άντωσης σε ήρεμο νερό.

Ανάλογη είναι και η μέθοδος για τις περιπτώσεις Hogging και Sagging, μόνο που η πλεύση του πλοίου θεωρείται ότι πραγματοποιείται πάνω σε ***τροχοειδές κύμα*** με μήκος ίσο με το μήκος του πλοίου L και ύψος ίσο με L/20 (σχ. 5.23). Το μόνο που αλλάζει σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ότι τώρα η ***ίσαλος*** που χρησιμοποιείται στις καμπύλες Bonjean για την ανάγνωση δεν είναι ευθεία αλλά έχει το σχήμα της επιφάνειας του κύματος.

Σχ. 5.23
Καμπύλες άντωσης σε Hogging και Sagging.

Κάποια δυσκολία παρουσιάζεται στην τοποθέτηση του κύματος πάνω στην τομή του πλοίου, γιατί αυτή πρέπει να γίνει πειραματικά, ώστε να εξασφαλιστεί ότι η καμπύλη άντωσης που θα προκύψει έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

1) Εμβαδόν ίσο με το εκτόπισμα του πλοίου.

2) Διαμήκη θέση κέντρου βάρους που να συμπίπτει με εκείνη του πλοίου.

Μετά τη σωστή τοποθέτηση του κύματος πάνω στην τομή του πλοίου γίνονται αναγνώσεις στα σημεία τομής κύματος και Bonjean και χαράζονται καμπύλες ανάλογες με εκείνες του σχήματος 5.22.

5.4.4 Καμπύλη φόρτισης

Για την εύρεση της καμπύλης φόρτισης οι καμπύλες βάρους και άντωσης τοποθετούνται πάνω στον ίδιο άξονα και αφαιρούνται τα ύψη τους στα διάφορα σημεία. Η καμπύλη που προκύπτει είναι η καμπύλη φόρτισης. Όπου η καμπύλη φόρτισης βρί-

σκεται κάτω από τον άξονα, το βάρος υπερνικά την άντωση. Το αντίθετο συμβαίνει στα σημεία της καμπύλης που βρίσκονται πάνω από τον άξονα. Εφόσον η εργασία έχει γίνει σωστά το σύνολο των επιφανειών της καμπύλης φόρτισης πάνω από τον άξονα είναι ίσο με εκείνο κάτω από αυτόν.

5.4.5 Καμπύλες τέμνουσας δύναμης και ροπής κάμψης

Για να βρούμε την καμπύλη τέμνουσας δύναμης, εφαρμόζουμε την πρώτη ιδιότητα (παραγρ. 5.3.3). Δηλαδή ξεκινώντας από την αριστερή πλευρά αθροίζουμε αλγεβρικά σε κάθε σημείο τα εμβαδά κάτω από την καμπύλη φορτίου που βρίσκονται προς τα αριστερά του σημείου. Εμβαδά που βρίσκονται πάνω από τον άξονα της καμπύλης φορτίου θεωρούνται θετικά, ενώ εκείνα που βρίσκονται κάτω από αυτήν θεωρούνται αρνητικά. Τα αποτελέσματα χαράζονται σε μια νέα καμπύλη που δίνει το ***διάγραμμα των τεμνουσών δυνάμεων.***

Για να βρούμε το διάγραμμα ροπών κάμψης, εφαρμόζουμε τη δεύτερη ιδιότητα (παράγρ. 5.3.3). Δηλαδή ξεκινώντας πάλι από την αριστερή πλευρά αθροίζουμε πάλι σε κάθε σημείο αλγεβρικά τα εμβαδά κάτω απ' την καμπύλη τεμνουσών δυνάμεων που βρίσκονται προς τα αριστερά του σημείου. Εμβαδά κάτω από τον άξονα της καμπύλης τεμνουσών δυνάμεων θεωρούνται θετικά, ενώ εκείνα που βρίσκονται κάτω απ' αυτόν θεωρούνται αρνητικά. Τα αποτελέσματα χαράζονται σε μία νέα καμπύλη που δίνει το ***διάγραμμα ροπών κάμψης.***

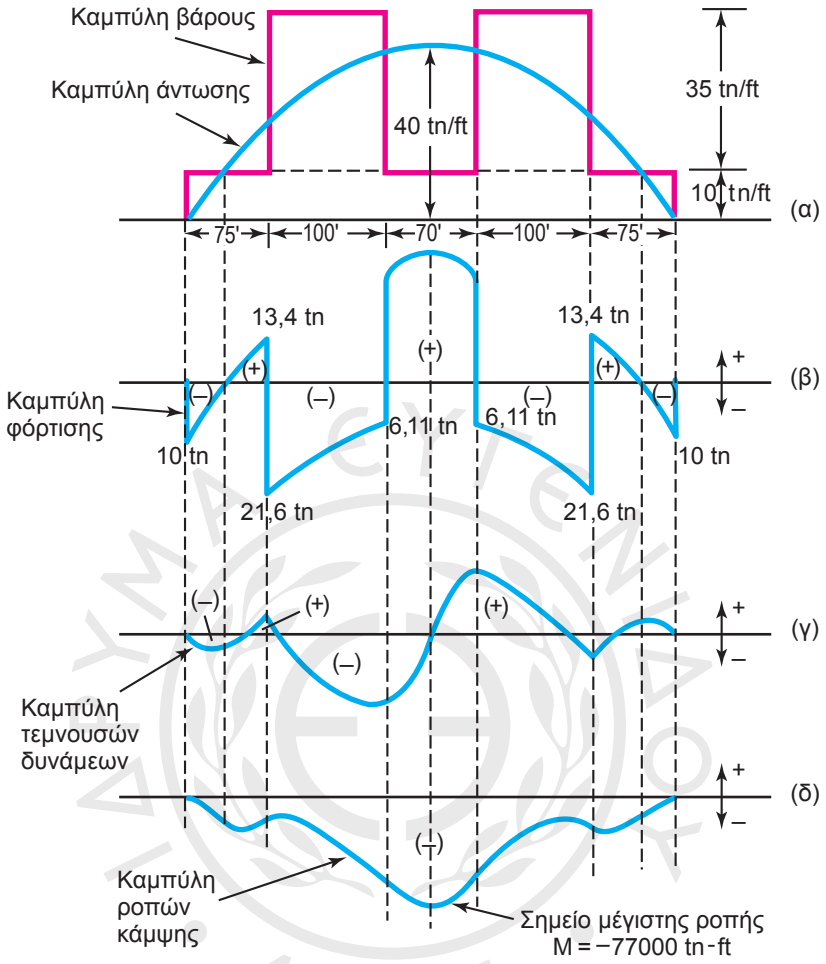
Παράδειγμα

Ένα πετρελαιοφόρο έχει μήκος 420 ft. Το άφορτο πετρελαιοφόρο έχει εκτόπισμα 4200 t που μπορεί να θεωρηθεί ότι κατανέμεται ομοιόμορφα στο μήκος του. Στο μέσο του πλοίου υπάρχει μια δεξαμενή μήκους 70 ft κενή και διαδοχικά προς αυτήν προς την πλώρη και την πρύμνη δύο άλλες γεμάτες δεξαμενές με μήκος η καθεμία 100 ft. Το βάρος του υγρού στις δεξαμενές είναι 35 t/ft. Η άντωση μπορεί να περιγραφεί από μία παραβολή με μέγιστη τιμή στο μέσο του πλοίου 40 t/ft. Ζητούνται τα διαγράμματα βάρους, άντωσης, φορτίου, τεμνουσών δυνάμεων και ροπών κάμψης.

Το βάρος του άφορτου πλοίου θα έχει μία κατανομή με τιμή 4200/42 = 10 t/ft. Με αυτή την πληροφορία και τα δεδομένα του προβλήματος σχεδιάζουμε με κλίμακα τις καμπύλες βάρους και άντωσης [σχ. 5.24(α)]. Με αφαίρεση των τιμών βάρους και άντωσης σε κάθε στοιχείο, βρίσκουμε στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης φορτίου [σχ. 5.24(β)]. Αθροίζοντας τα εμβαδά μεταξύ της καμπύλης φορτίου και οριζόντιου άξονα προς τα αριστερά κάθε σημείου (με το κατάλληλο πρόσημο), βρίσκουμε στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης τεμνουσών δυνάμεων [σχ. 5.24(γ)]. Αθροίζοντας τέλος τα εμβαδά μεταξύ της καμπύλης τεμνουσών δυνάμεων και οριζόντιου άξονα προς τα αριστερά κάθε σημείου (με το κατάλληλο πρόσημο) βρίσκουμε στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης ροπής κάμψης [σχ. 5.24(δ)].

Η μέγιστη ροπή είναι 77000 t-ft αρνητική, δηλαδή δημιουργεί τάσεις εφελκυσμού στο κατάστρωμα και θλίψης στην τρόπιδα.

Οι σχετικοί υπολογισμοί που δεν φαίνονται εδώ, μπορούν να γίνουν αναλυτικά η και γραφικά (εύρεση των επιφανειών με πλανίμετρο).



Σχ. 5.24

Καμπύλες βάρους, άντωσης, φορτίου τεμνουσών δυνάμεων και ροπών κάμψης πλοίου.

5.5 Εύρεση των τάσεων

Με την κατασκευή των διαγραμμάτων τέμνουσας δύναμης και ροπής κάμψης είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε κατά μήκος του πλοίου τα μεγέθη V και M για τις σχέσεις (9) και (18) που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση των τάσεων. Τα υπόλοιπα στοιχεία που χρειάζονται στις παραπάνω σχέσεις μπορούν να υπολογιστούν για κάθε εγκάρσια τομή του πλοίου χρησιμοποιώντας γνωστές μεθόδους της μηχανικής. Ο υπολογισμός αυτός είναι αρκετά κοπιαστικός και ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου. Τα στοιχεία της κατασκευής του πλοίου (νομείς, ελάσματα κ.λπ.) που θεωρείται ότι προσφέρουν στη διαμήκη αντοχή του πλοίου και επομένως περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς για τη διαμόρφωση της τιμής της ροπής αδράνειας της διατομής, καθορίζονται από τους κανονισμούς των νηογνωμόνων.

Παράδειγμα

Στο πλοίο του παραδείγματος η μέση τομή έχει τις παρακάτω γεωμετρικές ιδιότητες:

1) Ύψος καταστρώματος 30 ft.

2) Ροπή αδράνειας διατομής 1070 ft^4.

3) Θέση ουδετέρου άξονα 16 ft πάνω από την τρόπιδα.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία θα έχουμε:

Y_K = y καταστρώματος 14 ft

Y_π = y πυθμένα 16 ft

$$\sigma_\kappa = \sigma \text{ καταστρώματος} = \frac{M \times Y_\kappa}{J} = \frac{77.000 \times 14}{1070} = 1007 \text{ t/ft}^2 = 7 \text{ t/in}^2$$

(εφελκυσμός)

$$\sigma_\pi = \sigma_{\text{πυθμένα}} = \frac{M \times Y_\pi}{J} = \frac{77.000 \times 16}{1070} = 1151 \text{ t/ft}^2 = 8 \text{ t/in}^2$$

(θλίψη)

5.6 Συνθήκες υπολογισμού της αντοχής του πλοίου

Υπολογισμοί της αντοχής του πλοίου ως δοκού πραγματοποιούνται για το άφορτο (light ship) και το έμφορτο πλοίο. Σε κάθε μία από αυτές τις συνθήκες εξετάζεται η ***στήριξη*** (πλεύση) του πλοίου σε ήρεμο νερό, καθώς επίσης και σε δύο συνθήκες στατικού κύματος (κύμα με κορυφή η κοιλάδα στη μέση του πλοίου). Δηλαδή οι σχετικοί υπολογισμοί πραγματοποιούνται για έξι συνολικά περιπτώσεις.

5.7 Σημασία των υπολογισμών

Όπως είπαμε, οι τάσεις που υπολογίζονται με τη μέθοδο που προαναφέραμε, δεν έχουν απόλυτη αξία (δηλ. δεν μπορούν π.χ. να συγκριθούν απευθείας με τις τάσεις θραύσης του υλικού, όπως συμβαίνει σε άλλες απλές περιπτώσεις). Αυτό οφείλεται στις πολλές παραδοχές που γίνονται για να μπορέσει να απλοποιηθεί το πρόβλημα σε βαθμό που να είναι δυνατή η λύση του.

Η αξία των αποτελεσμάτων είναι σχετική, δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύγκριση με άλλες περιπτώσεις. Ειδικότερα μπορούν να γίνουν συγκρίσεις και να εξαχθούν συμπεράσματα στις παρακάτω περιπτώσεις:

1) Σύγκριση μεταξύ πλοίων του ίδιου τύπου και των ίδιων περίπου χαρακτηριστικών.

2) Εξέταση των επιπτώσεων από μετασκευές στις ενδυναμώσεις της ανθεκτικής κατασκευής ενός πλοίου.

3) Συγκρίσεις μεταξύ διαφόρων τρόπων φόρτωσης ενός πλοίου.

Ειδικότερα στον χειριστικό τομέα του πλοίου πρέπει να κατανοηθεί η σημασία της σωστής (κατά μήκος του πλοίου) φόρτωσης λαμβάνοντας υπόψη ότι η φόρτωση μόνο των κεντρικών αμπαριών ενός πλοίου αυξάνει τις τάσεις στην περίπτωση Sagging, ενώ η φόρτωση μόνο ακραίων αμπαριών έχει το ίδιο αποτέλεσμα για την περίπτωση Hogging.

5.8 Προσεγγιστικός τρόπος εκτίμησης της μέγιστης ροπής κάμψης

Η μέγιστη ροπή σε οποιαδήποτε δοκό μπορεί να εκφρασθεί γενικά από μία σχέση που έχει τη μορφή:

$$M = \frac{WL}{C} \tag{24}$$

όπου: **W** το άθροισμα των εξωτερικών δυνάμεων πάνω στη δοκό (χωρίς τις αντιδράσεις)
L το μήκος της δοκού
C ο συντελεστής που εξαρτάται από τον τρόπο εφαρμογής του W και από τον τρόπο στήριξης της δοκού.

Στην περίπτωση του πλοίου η συνολική εξωτερική δύναμη που εφαρμόζεται είναι ίση με το εκτόπισμα και επομένως μία ανάλογη σχέση έχει τη μορφή.

$$M = \frac{\Delta L}{C} \tag{25}$$

όπου: **Δ** το εκτόπισμα
L το μήκος μεταξύ καθέτων.

Ο συντελεστής C μεταβάλλεται από πλοίο σε πλοίο και ακόμη για το ίδιο πλοίο έχει άλλη τιμή για ήρεμο νερό Hogging και Sagging. Για πλοία γενικού φορτίου η σταθερά C έχει μέση τιμή γύρω στο 35. Επομένως η (25) μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$M = \frac{C_b L^2 BH}{35^2} \text{ (t-ft) αν τα L, B, H δίνονται σε ft}$$
ή
$$M = \frac{1025 C_b L^2 BH}{35^2} \text{ (t-m) αν τα L, B, H δίνονται σε m.} \tag{26}$$

Το C_b παριστάνει τον συντελεστή γάστρας: $C_b = \frac{V}{LBH}$ (27)

όπου: **V** είναι ο όγκος του εκτοπίσματος σε m^3 ή ft^3
L το μήκος μεταξύ καθέτων σε m ή ft και
B το πλάτος σε m ή ft
H το μέσο βύθισμα σε m ή ft.

5.9 Απαιτήσεις Νηογνωμόνων για την αντοχή του πλοίου

Οι κανονισμοί των Νηογνωμόνων για την εξασφάλιση της αντοχής του πλοίου ως δοκού διαφέρουν μεταξύ τους. Η βασική όμως ιδέα πάνω στην οποία στηρίζονται οι κανονισμοί αρκετών Νηογνωμόνων όπως το American Bureau of Shipping, το Lloyd's Register of Shipping και το Det Norske Veritas είναι σχεδόν η ίδια.

Πιο συγκεκριμένα οι παραπάνω Νηογνώμονες θεωρούν ότι η μέγιστη ροπή κάμψης είναι άθροισμα μίας συνιστώσας που οφείλεται στη στήριξη (πλεύση) του πλοίου σε ήρεμο νερό και μιας άλλης που εκφράζει την επίδραση του κύματος.

Η ροπή σε ήρεμο νερό υπολογίζεται προσεγγιστικά με διαδικασίες που καθορίζονται στους αντίστοιχους κανονισμούς. Οι όροι Hogging και Sagging στην περίπτωση

των Νηογνωμόνων έχουν κάπως διαφορετική έννοια από ό,τι έχουμε αναφέρει στα προηγούμενα κεφάλαια. Κατάσταση Hogging έχουμε όταν τα ελάσματα του καταστρώματος εφελκύονται και του πυθμένα καταπονούνται σε θλίψη. Κατάσταση Sagging έχουμε όταν συμβαίνουν ακριβώς τα αντίθετα.

Ανάλογα με το αν η στήριξη του πλοίου σε ήρεμο νερό δημιουργεί κατάσταση Hogging η Sagging, οι κανονισμοί προδιαγράφουν τις λεπτομέρειες φόρτωσης για τις οποίες πρέπει να γίνονται οι σχετικοί υπολογισμοί. Οι συνθήκες αυτές έχουν επιλεγεί έτσι, ώστε οι σχετικοί υπολογισμοί να δίνουν τις δυσμενέστερες καταπονήσεις.

Η επίδραση του κυματισμού στη ροπή κάμψης βρίσκεται με βάση τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων από τύπους που προκύπτουν από προχωρημένες θεωρήσεις της επίδρασης, του κυματισμού, καθώς και από τα δεδομένα της εμπειρίας.

Με τα παραπάνω στοιχεία ελέγχεται η επάρκεια του υλικού της μέσης τομής και άλλων τομών του πλοίου.

5.10 Εγκάρσια αντοχή

Η εγκάρσια αντοχή του πλοίου εξασφαλίζεται γενικά ως αποτέλεσμα της ύπαρξης αντοχής κατά τη διαμήκη έννοια και των συνηθισμένων μεθόδων κατασκευής του.

Τα παρακάτω στοιχεία της κατασκευής του πλοίου συντελούν στην εξασφάλιση της εγκάρσιας αντοχής.

1) Εγκάρσιες φράκτες (bulkheads).

2) Ανθεκτικοί νομείς στην προέκταση των εγκάρσιων φρακτών πάνω από το κατάστρωμα στεγανής υποδιαίρεσης (web frames).

3) Ελάσματα οροφής διπύθμενου (double bottom floors).

4) Αγκώνες (brackets) μεταξύ εγκάρσιων δοκών του καταστρώματος (καμάρια) και των νομέων, καθώς και μεταξύ νομέων και οροφής διπύθμενου.

5) Δοκοί ανάμεσα στα καταστρώματα.

5.11 Άλλες καταπονήσεις κατά την κίνηση του πλοίου

Κατά τις κινήσεις του πλοίου που προκαλούνται σε κυματισμό δημιουργούνται οι παρακάτω καταπονήσεις:

1) Καταπόνηση των εγκάρσιων στοιχείων, όπως οι φρακτές και οι αγκώνες κατά τον διατοιχισμό (racking strains).

2) Κινήσεις μέσα-έξω των ελασμάτων στα άκρα του πλοίου όταν καλύπτονται και αποκαλύπτονται από το κύμα (panting).

3) Κτυπήματα της πλώρης όταν βγαίνει και ξαναμπαίνει με δύναμη μέσα στο νερό, κατάσταση που δημιουργεί ταλάντωση σε ολόκληρο το πλοίο (slamming).

4) Κόπωση που οφείλεται στο γεγονός της αλλαγής των τάσεων στο κατάστρωμα και στον πυθμένα από εφελκυσμό σε θλίψη, όπως περνούν κάτω από το πλοίο τα κύματα (fatigue).

5) Η φόρτιση του καταστρώματος από τις πιέσεις του νερού (shipping green water).

5.12 Τοπική αντοχή

Κατά την αρχική σχεδίαση του πλοίου ή όταν πραγματοποιείται η εγκατάσταση

νέων μηχανημάτων ή συστημάτων, πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη και τοπική ενδυνάμωση, ώστε να εξασφαλίζεται η τοπική αντοχή της περιοχής.

5.13 Συσκευές υπολογισμού κόπωσης

Στα προηγούμενα κεφάλαια είδαμε συνοπτικά πώς γίνονται οι υπολογισμοί αντοχής του πλοίου. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι αρκετά πολύπλοκοι και δύσκολα μπορούν να γίνουν από τον Πλοίαρχο ενός πλοίου. Πολύ συχνά τέτοιοι υπολογισμοί πρέπει να γίνουν για διάφορες εναλλακτικές περιπτώσεις, ώστε να διαπιστωθεί ποιος από τους πιθανούς τρόπους φόρτωσης είναι ο πιο ιδεώδης από την άποψη βυθισμάτων, διαγωγής, καταπονήσεων και ευστάθειας.

Σήμερα έχουν κατασκευασθεί ειδικές συσκευές που τοποθετούνται στα πλοία και δίνουν με μεγάλη ευκολία και σε πολύ σύντομο χρόνο όλα τα παραπάνω στοιχεία. Οι συσκευές αυτές στην πραγματικότητα είναι μικροί ηλεκτρονικοί υπολογιστές στους οποίους έχουν εισαχθεί από τον κατασκευαστή όλα τα απαραίτητα σταθερά στοιχεία του πλοίου. Τέτοια στοιχεία για παράδειγμα είναι διάφορες πληροφορίες από το υδροστατικό διάγραμμα, η ροπή αντίστασης διάφορων εγκάρσιων τομών του πλοίου, η καμπύλη κατανομής του βάρους του άφορτου εκτοπίσματος, οι καμπύλες Bonjean και τα απαραίτητα στοιχεία των δεξαμενών και αμπαριών του πλοίου. Επίσης σε πολλές συσκευές έχουν εισαχθεί και στοιχεία για τις μέγιστες επιτρεπόμενες τάσεις θλίψης-εφελκυσμού, καθώς και τις διατμητικές τάσεις.

Με τη βοήθεια ειδικού πληκτρολογίου ο Πλοίαρχος εισάγει στη συσκευή όλα τα μεταβλητά στοιχεία που επηρεάζουν τη φόρτωση. Τέτοια στοιχεία είναι οι στάθμες των υγρών στις διάφορες δεξαμενές και οι ποσότητες και τα ειδικά βάρη του φορτίου στα αμπάρια.

Με τα στοιχεία αυτά η συσκευή δίνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για να κριθεί αν η φόρτωση είναι αποδεκτή. Επίσης πολύ εύκολα μπορούν να εξετασθούν διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι φόρτωσης και να επιλεγεί ο ιδανικός.

Ειδικά οι τάσεις θλίψης, εφελκυσμού και οι διατμητικές δίνονται (εκτός από τις απόλυτες τιμές τους) και ως ποσοστά των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών, σύμφωνα με τις μελέτες του πλοίου. Έτσι πολύ εύκολα ο Πλοίαρχος μπορεί να απορρίψει ως απαράδεκτες, όλες τις φορτώσεις που δίνουν τιμές τάσεων πάνω από το 100% των επιτρεπόμενων.

Στο σχήμα 5.25 φαίνεται μια συσκευή αυτού του είδους. Στο σχήμα αυτό βλέπουμε ότι υπάρχει ένα στοιχειώδες σχέδιο γενικής διάταξης του πλοίου (κάτοψη και πλάγια όψη). Πάνω σε αυτήν με φωτεινές ενδείξεις παρουσιάζονται:

1) Τα φορτία στους διάφορους χώρους.

2) Τα βυθίσματα του πλοίου μετά τη φόρτωση.

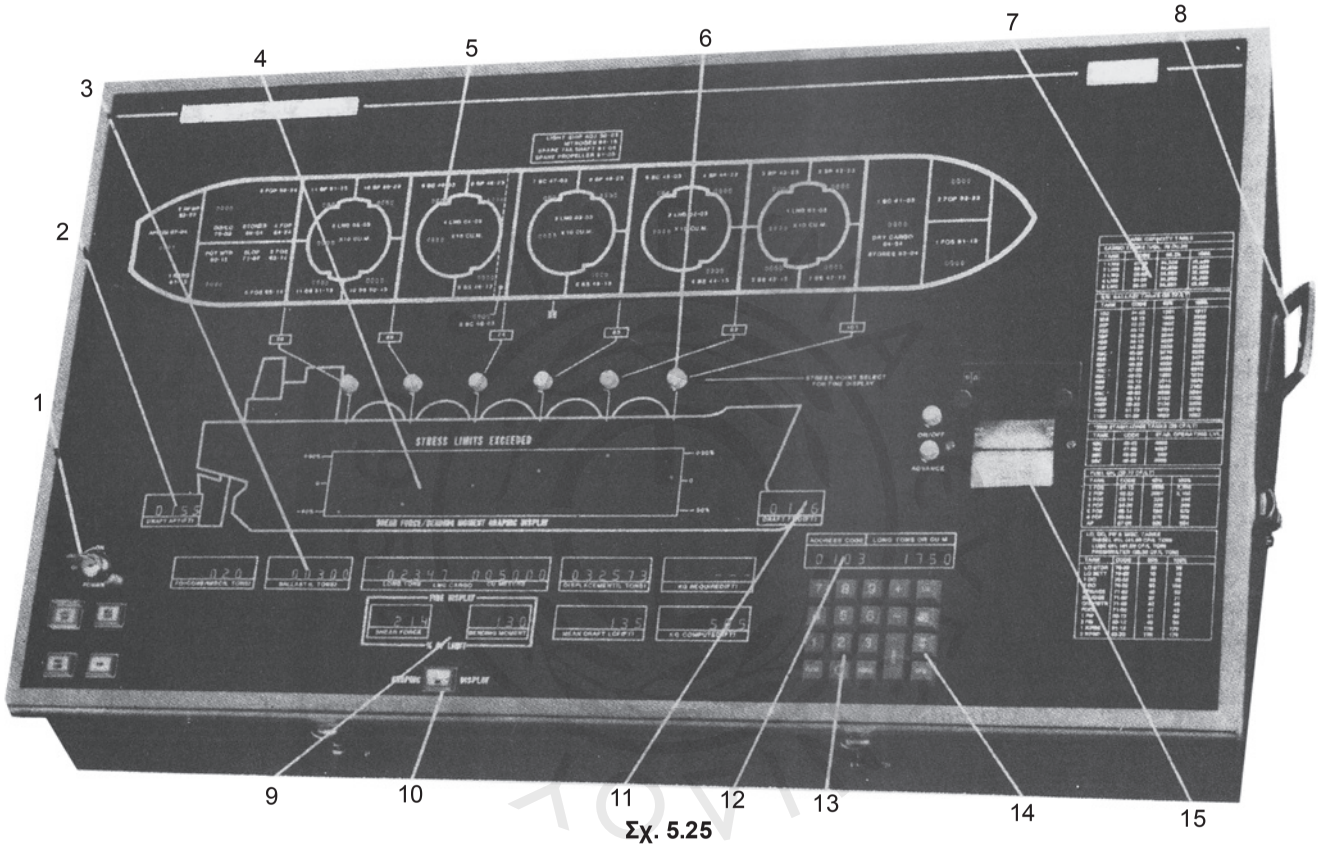
Σε άλλες θέσεις της συσκευής φαίνονται:

1) Η καμπύλη των τάσεων (κατά μήκος τού πλοίου) εφελκυσμού θλίψης, καθώς και η καμπύλη διατμητικών τάσεων εκφρασμένες ως ποσοστό των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών.

2) Η ροπή κάμψης και η τέμνουσα δύναμη.

3) Το μετακεντρικό ύψος.

4) Το βάρος του φορτίου, των διάφορων υγρών στις δεξαμενές και το εκτόπισμα.



Σχ. 5.25

Συσκευή υπολογισμού κοπώσεων.

1) Κλειδί λειτουργίας συσκευής. 2) Πρυμναίο βύθισμα. 3) Συνοπτικά στοιχεία. 4) Γραφική απεικόνιση ροπής κάμψης και τέμνουσας δύναμης. 5) Διάταξη πλοίου και ενδείξεις φορτίου. 6) Πλήκτρο επιλογής απεικόνισης ροπής κάμψης και τέμνουσας δύναμης. 7) Πίνακας με στοιχεία δεξαμενών. 8) Βραχίονας μεταφοράς. 9) Αριθμητικές ενδείξεις ροπής κάμψης και τέμνουσας δύναμης. 10) Διακόπτης επιλογής αριθμητικής απεικόνισης ροπής κάμψης και τέμνουσας δύναμης. 11) Ενδείξεις πρωραίου βυθίσματος. 12) Ενδείξεις εισαγόμενων στοιχείων. 13) Απλό πληκτρολόγιο. 14) Πλήκτρα ειδικών εργασιών. 15) Εκτύπωση αποτελεσμάτων σε χαρτί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Αντίσταση και πρόωση

6.1 Γενικά

Ο ορός ***ροή*** χρησιμοποιείται για να δείξει την κίνηση της μάζας ενός ρευστού είτε μέσα σε ένα στερεό περίβλημα (π.χ. ανοικτός η κλειστός αγωγός) είτε γύρω από ένα ακίνητο σώμα. Στο κεφάλαιο αυτό ο όρος ροή θα χρησιμοποιηθεί με τη δεύτερη έννοια.

Τα διάφορα συστήματα πρόωσης πλοίων είναι διατάξεις που έχουν ως σκοπό τη δημιουργία μιας δύναμης κατά μήκος του πλοίου. Η δύναμη αυτή ονομάζεται ***ώση*** (thrust) και είναι εκείνη που συντηρεί την κίνηση.

Εάν θεωρήσουμε ένα πλοίο που κινείται με σταθερή ταχύτητα πρόσω, στο οποίο σταματά κάποια στιγμή η μηχανή, θα παρατηρήσουμε ότι η ταχύτητά του σιγά-σιγά θα ελαττωθεί και το πλοίο τελικά θα σταματήσει. Δηλαδή θα έχουμε ***επιβραδυνόμενη κίνηση.*** Σύμφωνα με τους γνωστούς νόμους της Μηχανικής, για να υπάρξει επιβράδυνση της κίνησης θα πρέπει να ενεργεί πάνω στο πλοίο από το νερό (και τον αέρα) κάποια δύναμη. Η δύναμη αυτή ονομάζεται ***αντίσταση.***

Όταν το πλοίο κινείται με σταθερή ταχύτητα (μηδενική επιτάχυνση), σύμφωνα πάλι με γνωστό νόμο της Μηχανικής το άθροισμα των δυνάμεων που ενεργούν επάνω του θα πρέπει να βρίσκεται σε ισορροπία. Εάν θεωρήσουμε ένα πλοίο που ρυμουλκείται μέσα σε ήρεμο νερό, οι μόνες δυνάμεις που ενεργούν πάνω σε αυτό κατά τη διεύθυνση της κίνησής του είναι η ***αντίσταση*** και η ***δύναμη ρυμούλκησης,*** που είναι μεταξύ τους ίσες και αντίθετες. Σε ένα κλασικό σύστημα πρόωσης πλοίου με έλικα τα πράγματα δεν έχουν ακριβώς έτσι. Σε ένα τέτοιο σύστημα εξαιτίας της επίδρασης μεταξύ πλοίου και έλικας, η ***ώση είναι κάπως μεγαλύτερη*** από τη δύναμη που θα χρειαζόταν για να ρυμουλκηθεί το πλοίο. Ανεξάρτητα όμως από αυτό, μπορεί κάποιος να βγάλει το συμπέρασμα ότι αν γνωρίζει την αντίσταση του πλοίου όταν ρυμουλκείται μπορεί να κάνει μια αρκετά καλή εκτίμηση και για την ώση.

Από την άλλη μεριά η γνώση της ώσης, που απαιτείται για να κινηθεί ένα πλοίο, είναι ένα στοιχείο που οδηγεί στον υπολογισμό της ισχύος της μηχανής ή των μηχανών που θα χρειασθούν για να την εξασφαλίσουν.

Στην αρχική σχεδίαση του πλοίου η γνώση της ισχύος των μηχανών που θα χρειασθούν είναι απαραίτητη, γιατί οδηγεί σε εκτιμήσεις σχετικά με τον όγκο που θα καταλάβουν οι μηχανές, το βάρος τους και το κόστος τους.

Αλλά και στον χειριστή του πλοίου είναι απαραίτητη η κατανόηση των στοιχείων της αντίστασης, γιατί τον βοηθά να πάρει σωστά αποφάσεις που σχετίζονται με τις λεπτομέρειες της εκμετάλλευσης του πλοίου.

6.2 Φύση της αντίστασης

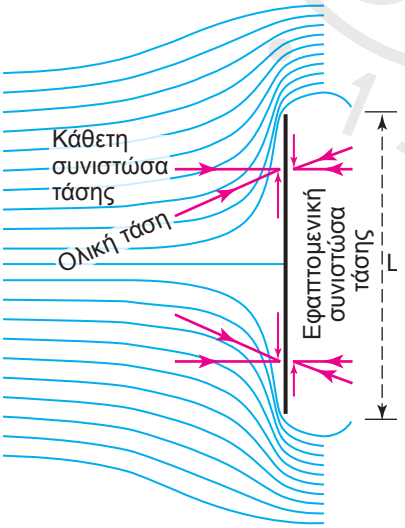
Για να κατανοήσουμε κάπως τη φύση της αντίστασης που δημιουργείται κατά την κίνηση ενός σώματος μέσα σε ένα ρευστό, αρκεί να θεωρήσουμε δύο περιπτώσεις κίνησης μέσα σε αυτό μιας επίπεδης πλάκας (ή καλύτερα του ρευστού γύρω από την πλάκα).

Στην πρώτη περίπτωση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το ρευστό κινείται με διεύθυνση κάθετη προς το επίπεδο της πλάκας (σχ. 6.1). Είναι φανερό ότι αν δεν εφαρμόσουμε κάποια δύναμη συγκράτησης, η πλάκα θα τείνει να παρασυρθεί προς την κατεύθυνση της ροής. Η παρατήρηση αυτή υποδηλώνει την ύπαρξη κάποιας αντίστασης, που οφείλεται στην ανάγκη να ανοίξουν οι γραμμές ροής μπροστά από την πλάκα και να ξανακλείσουν πάλι πίσω από αυτή.

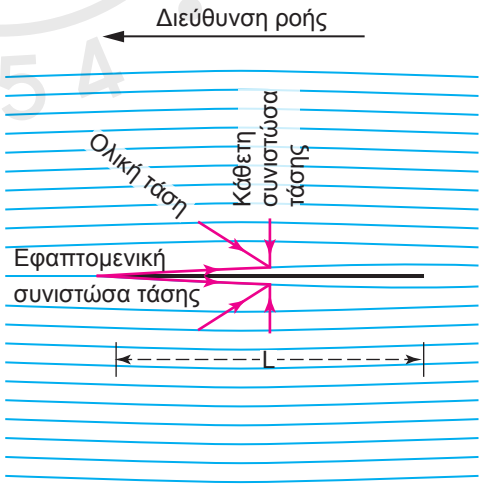
Αν η διεύθυνση της ροής είναι παράλληλη προς το επίπεδο της πλάκας (σχ. 6.2), και πάλι είναι απαραίτητη η εφαρμογή κάποιας δύναμης για να διατηρηθεί η πλάκα στη θέση της. Επομένως και στην περίπτωση αυτή πάλι έχουμε κάποια αντίσταση, που τώρα όμως οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια του ρευστού που είναι σε επαφή με την πλάκα τείνουν να προσκολληθούν πάνω σε αυτήν.

Στη γενικότερη περίπτωση ενός πλοίου, του οποίου το τμήμα που είναι μέσα στο νερό έχει περιοχές που προσομοιάζουν άλλοτε στην πρώτη και άλλοτε στη δεύτερη περίπτωση κίνησης της πλάκας, έχουμε ταυτόχρονα αντιστάσεις οι οποίες δημιουργούνται και με τους δύο μηχανισμούς που προαναφέραμε.

Επιπλέον, για ένα πλοίο επιφάνειας που κινείται πάνω στη διαχωριστική επιφάνεια νερού και αέρα σχηματίζονται (εξαιτίας της βαρύτητας) και κύματα που ονομάζονται ***κύματα πρόωσης.*** Η ενέργεια που χρειάζεται να δοθεί, για να δημιουργηθεί το κύμα πρόωσης, προέρχεται και αυτή από την προωστήρια εγκατάσταση του πλοίου.



Σχ. 6.1
Κίνηση ρευστού κάθετα προς μία πλάκα.



Σχ. 6.2
Κίνηση ρευστού παράλληλα προς μία πλάκα.

Από τα παραπάνω αρχίζει ήδη να διαφαίνεται ότι ***και το κύμα πρόωσης είναι μία από τις αίτιες που συνεπάγονται την ύπαρξη αντίστασης.***

6.3 Συνιστώσες της αντίστασης

6.3.1 Γενικά

Ας υποθέσουμε, για την αρχική απλοποίηση του προβλήματος, ότι η ώση ενός πλοίου είναι ίση με την αντίστασή του. Η υπόθεση αυτή θα μπορούσε να είναι σωστή, αν το σύστημα πρόωσης του πλοίου βρισκόταν πολύ μακριά από το πλοίο. Π.χ. αν είχαμε την έλικα τοποθετημένη στο άκρο ενός άξονα με πολύ μεγάλο μήκος έξω από το πλοίο. Στην περίπτωση αυτή θα ήταν εύκολος ο υπολογισμός της ώσης (και όπως θα δούμε και της ισχύος της μηχανής) γιατί αυτή (η ώση) θα ήταν ίση με την αντίσταση.

Δυστυχώς ο υπολογισμός της αντίστασης δεν είναι δυνατός θεωρητικά. Στην πράξη είμαστε αναγκασμένοι να καταφύγουμε σε πειράματα με μοντέλα για την εύρεση της αντίστασης. Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων οδηγούν με ειδικό τρόπο σε συμπεράσματα για το πλοίο. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη να θεωρήσουμε ότι η αντίσταση αποτελείται από ***συνιστώσες*** και να υπολογίσουμε καθεμία από αυτές χωριστά.

Πρώτα απ' όλα μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι διαφορετική είναι η αντίσταση ενός πλοίου όταν κινείται σε ήρεμο νερό και νηνεμία και διαφορετική όταν υπάρχει θαλασσοταραχή και άνεμος. Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με την ***αντίσταση του πλοίου σε ήρεμο νερό και νηνεμία.***

Τα πλοία επιφάνειας, που θα μας απασχολήσουν αποκλειστικά εδώ, κινούνται στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο ρευστών, του νερού και του αέρα. Επομένως μπορούμε να διαιρέσουμε την αντίσταση, σε ***αντίσταση του νερού*** και ***αντίσταση του αέρα.*** Το άθροισμα αυτών των δύο συνιστωσών της αντίστασης είναι η ***συνολική αντίσταση του πλοίου σε ήρεμο νερό και νηνεμία.***

Η αντίσταση νερού του πλοίου μπορεί στη συνέχεια να χωρισθεί στις παρακάτω συνιστώσες:

1) Αντίσταση τριβής.
2) Αντίσταση κύματος πρόωσης.
3) Αντίσταση σχήματος.
4) Αντίσταση δινών.

Στη μελέτη των παραπάνω συνιστωσών εξετάζεται η γάστρα του πλοίου μόνο, χωρίς τις προεξοχές (appendages) και στη συνέχεια προστίθεται και η αντίσταση των προεξοχών που προκύπτει από διαφορετικές εκτιμήσεις.

Συνοπτικά λοιπόν θα έχουμε:

Συνολική αντίσταση πλοίου σε ήρεμο νερό και νηνεμία	=	Αντίσταση νερού	+	Αντίσταση αέρα	(28)

Αντίσταση νερού	=	Αντίσταση γάστρας	+	Αντίσταση προεξοχών		(29)

Αντίσταση γάστρας	=	Αντίσταση τριβής	+	Αντίσταση κύματος πρόωσης	+	Αντίσταση σχήματος	+	Αντίσταση δινών	(30)

Στα επόμενα θα δοθούν περισσότερες λεπτομέρειες για κάθε συνιστώσα της αντίστασης.

6.3.2 Αντίσταση τριβής

Η αντίσταση τριβής οφείλεται στη δυσκολία που παρουσιάζουν εφαπτόμενα μεταξύ τους στρώματα ρευστού να ολισθήσουν το ένα σε σχέση με το άλλο.

Όταν ένα πλοίο κινείται, τότε σε επαφή με το πλοίο υπάρχει ένα στρώμα ρευστού που κινείται με την ταχύτητα του πλοίου, ενώ σε κάποια απόσταση από αυτό τα μόρια του νερού έχουν μηδενική ταχύτητα. Επομένως μεταξύ πλοίου και ενός σημείου κάπως μακριά από αυτό, όπου μηδενίζεται η ταχύτητα, τα στρώματα του νερού έχουν ταχύτητα που συνεχώς μεταβάλλεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται διάφορες τάσεις που έχουν ως συνισταμένη μία δύναμη αντίθετη προς τη διεύθυνση κίνησης του πλοίου. Η δύναμη αυτή ονομάζεται ***αντίσταση τριβής*** (friction resistance).

Οι διάφορες μικροανωμαλίες που εμφανίζονται αναπόφευκτα στην επιφάνεια των υφάλων του πλοίου έχουν ως αποτέλεσμα η αντίσταση τριβής να είναι κάπως μεγαλύτερη από ό,τι θα ήταν αν η επιφάνεια του πλοίου ήταν τελείως λεία.

Ακόμη περισσότερο αυξάνεται η αντίσταση τριβής όταν μετά από μακροχρόνια παραμονή του πλοίου μέσα στο νερό το σκάφος ρυπαίνεται κυρίως από θαλάσσιους μικροοργανισμούς που σχηματίζουν ένα παχύ και τραχύ στρώμα*. Για να αποφεύγεται αυτή η αύξηση της αντίστασης, χρειάζεται να γίνεται αρκετά συχνά καθαρισμός της γάστρας.

6.3.3 Αντίσταση κύματος πρόωσης

Ένα πλοίο που κινείται στην επιφάνεια ήρεμου νερού, δημιουργεί κύματα πρόωσης. Τα κύματα αυτά δημιουργούνται από την πλώρη και την πρύμνη του πλοίου εξαιτίας:

1) Της ανάγκης να εκτοπισθεί το ήρεμο νερό για να καταλάβει τη θέση του η πλώρη του πλοίου.

2) Της ανάγκης να καλυφθεί το κενό που μένει όταν φύγει (περάσει από ένα σημείο) η πρύμνη του πλοίου.

Έχουμε λοιπόν δύο συστήματα κυμάτων, ένα της πλώρης και ένα της πρύμνης, που ***για τον σχηματισμό τους χρειάζεται να δαπανηθεί ενέργεια*** και επομένως και μια νέα συνιστώσα της αντίστασης, η οποία ονομάζεται ***αντίσταση κύματος πρόωσης*** (wave resistance).

---

* Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη ισχύ (ιπποδύναμη) από τη μηχανή για να διατηρηθεί η ίδια ταχύτητα στο πλοίο που έχει υποστεί ρύπανση στα ύφαλα.

Κύμα πρόωσης δημιουργείται και από ένα σώμα που κινείται σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια. Αντίθετα, ένα σώμα που κινείται σε μεγάλο βάθος δεν μπορεί να δημιουργήσει κύμα στην επιφάνεια. Έτσι εξηγείται γιατί τα υποβρύχια έχουν μικρότερη αντίσταση όταν βρίσκονται σε μεγάλο βάθος παρά όταν είναι κοντά στην επιφάνεια (για την ίδια ταχύτητα).

6.3.4 Αντίσταση σχήματος

Οι γραμμές ροής δεν είναι εύκολο να ***κλείσουν*** πίσω από την πρύμνη του πλοίου. Αυτό είναι ιδιαίτερα δύσκολο όταν η διαμόρφωση της πρύμνης είναι απότομη. Έτσι στην πρύμνη του πλοίου σχηματίζεται κάποιο κενό που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας δύναμης με φορά αντίθετη προς τη φορά κίνησης του πλοίου.

Η συνιστώσα αυτή ονομάζεται ***αντίσταση σχήματος*** (form resistance).

Αντίσταση σχήματος υπάρχει και στα πλοία επιφάνειας και στα υποβρύχια.

6.3.5 Αντίσταση δινών

Πέρα από το κενό που αναφέραμε, στην περίπτωση της αντίστασης σχήματος, έχουμε και μία γενικότερη διατάραξη της ομαλότητας της ροής που έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό δινών.

Για τον σχηματισμό αυτών των δινών δαπανάται ενέργεια, γεγονός που συνεπάγεται την ύπαρξη μιας άλλης συνιστώσας της αντίστασης που λέγεται ***αντίσταση δινών*** (eddies resistance).

Η αντίσταση σχήματος και δινών εξετάζεται συνήθως σαν μία κοινή συνιστώσα.

Ο όρος ***αντίσταση σχήματος*** χρησιμοποιείται συνήθως στην αεροδυναμική και ο όρος ***αντίσταση δινών*** είναι πιο συνηθισμένος όταν εξετάζεται η αντίσταση πλοίων.

6.3.6 Αντίσταση προεξοχών (Appendage resistance)

Μέχρι αυτό το σημείο έχει εξετασθεί η αντίσταση της γάστρας του πλοίου χωρίς τις διάφορες ***προεξοχές.*** Ως προεξοχές θεωρούνται τα πηδάλια, τα στηρίγματα των ελικοφόρων αξόνων, τα παρατροπίδια κ.ά..

Ο υπολογισμός της αντίστασης των προεξοχών πρέπει να γίνεται χωριστά από τον υπολογισμό για την αντίσταση της γάστρας, γιατί η μετατροπή των αποτελεσμάτων από δοκιμές σε μοντέλα στο πραγματικό πλοίο γίνεται στις δύο περιπτώσεις με βάση διαφορετικούς νόμους. Γι' αυτό είναι αρκετά συνηθισμένο το μοντέλο ενός πλοίου να δοκιμάζεται με τις προεξοχές και χωρίς αυτές.

Από τα αποτελέσματα των δύο πειραμάτων βρίσκεται (με αφαίρεση) η αντίσταση των προεξοχών του μοντέλου και με βάση τους σωστούς νόμους αναλογίας μπορεί στη συνέχεια να εκτιμηθεί η αντίστοιχη συνιστώσα της αντίστασης του πλοίου. Η αντίσταση προεξοχών σπάνια υπερβαίνει το 10% της συνολικής αντίστασης του πλοίου στο νερό.

6.3.7 Αντίσταση αέρα

Όπως και το τμήμα του πλοίου που βρίσκεται μέσα στο νερό, έτσι και εκείνο που

κινείται μέσα στον αέρα δημιουργεί αντίσταση. Η αντίσταση αυτή οφείλεται σε τριβή και αποχωρισμό.

Επειδή όμως η πυκνότητα του αέρα είναι πολύ μικρή σε σχέση με του νερού, η ***αντίσταση του αέρα είναι πολύ μικρή σε σχέση με την αντίσταση του τμήματος του πλοίου που κινείται μέσα στο νερό.***

Για τον λόγο αυτό δεν καταβάλλεται πολύ μεγάλη προσπάθεια να δοθεί ***αεροδυναμική μορφή*** στο τμήμα του πλοίου που βρίσκεται έξω απ' το νερό πέρα από εκείνη που είναι απαραίτητη για λόγους αισθητικούς και δεν συνεπάγεται μεγάλες κατασκευαστικές δαπάνες.

Η αντίσταση του αέρα κυμαίνεται σε ποσοστό ανάμεσα σε 2 και 4% της συνολικής αντίστασης. ***Πολύ μεγαλύτερη σημασία αποκτά η συνιστώσα αυτή όταν το πλοίο κινείται αντίθετα προς ισχυρό άνεμο.***

6.4 Σημασία των αριθμών Reynolds και Froude

6.4.1 Στοιχεία από τη διαστατική ανάλυση

Σε πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα, όπως είναι η μελέτη της αντίστασης του πλοίου, συχνά είναι εξαιρετικά δύσκολο να βρεθούν ακριβείς μαθηματικές σχέσεις που συσχετίζουν το αποτέλεσμα με την αιτία του φαινομένου και με τις παραμέτρους που το επηρεάζουν. Μοναδική λύση σε αυτές τις περιπτώσεις αποτελεί η πραγματοποίηση πειραμάτων για την εύρεση του παραπάνω συσχετισμού.

Στην περίπτωση της αντίστασης του πλοίου μπορούμε να θεωρήσουμε ως αίτιο την ταχύτητα του πλοίου και ως αποτέλεσμα την αντίσταση. Τα φυσικά μεγέθη που επηρεάζουν τη σχέση των παραπάνω μεγεθών είναι:

1) Η πυκνότητα του νερού ρ.
2) Η επιτάχυνση της βαρύτητας g.
3) Οι διαστάσεις του πλοίου.
4) Το σχήμα του πλοίου.
5) Το ιξώδες του νερού μ*.

Για την πειραματική μελέτη της αντίστασης του πλοίου, θα έπρεπε να κάνουμε μία πολύ μεγάλη σειρά από πειράματα, όπου θα διατηρούσαμε κάθε φορά σταθερές τιμές για όλες τις παραμέτρους, εκτός από μία, της οποίας την επίδραση θα εξετάζαμε συστηματικά. Αυτό όμως είναι πρακτικά ανέφικτο (γιατί θα χρειαζόταν πάρα πολύ μεγάλος αριθμός πειραμάτων).

Λύση στο πρόβλημα δίνει μία μέθοδος γνωστή με την ονομασία ***αναλύση διαστάσεων*** που βασίζεται στην ιδέα ότι η άγνωστη μαθηματική σχέση που συνδέει το

---

*Το ιξώδες ενός ρευστού ορίζεται από τη σχέση: $\tau = \mu \frac{\Delta V}{\Delta y}$

όπου: **τ** η διατμητική τάση μεταξύ δύο στρωμάτων του ρευστού που ολισθαίνουν μεταξύ τους.
ΔV η διαφορά ταχύτητας μεταξύ των δύο παραπάνω στρωμάτων.
Δy η απόσταση μεταξύ των δύο παραπάνω στρωμάτων μετρούμενη κάθετα προς τη διεύθυνση της ταχύτητας.

αποτέλεσμα με το αίτιο και τις μεταβλητές που επηρεάζουν το φαινόμενο, θα πρέπει να παρουσιάζει αρμονία φυσικών διαστάσεων.

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου οδηγεί στην παρακάτω σχέση:

$$\frac{R_t}{\frac{1}{2}\rho V^2 L^2} = f\left(\frac{VL\rho}{\mu}, \frac{V}{\sqrt{gL}}, \text{σχήμα}\right) \qquad (31)$$

όπου: $\mathbf{R_t}$ η συνολική αντίσταση στο νερό,
V η ταχύτητα κίνησης του πλοίου,
L το μήκος πλοίου,
ρ η πυκνότητα του νερού,
μ το ιξώδες του νερού,
g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Το μέγεθος $\frac{R_t}{½\,\rho V^2 L^2}$ δεν έχει διαστάσεις (είναι αδιάστατο).

Το ίδιο συμβαίνει και με τα μεγέθη του δεξιού σκέλους της συνάρτησης. Ειδικότερα ο αριθμός VLρ/μ ονομάζεται ***αριθμός Reynolds*** και ο αριθμός $V/\sqrt{gL}$ ***αριθμός Froude.*** Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι τόσο το αριστερό όσο και το δεξιό μέλος έχουν ως διάσταση τη μονάδα. Δηλαδή έχουμε ***αρμονία διαστάσεων.***

Γεωμετρικά όμοια λέγονται δύο πλοία (ή ένα πλοίο και το μοντέλο του) όταν η αναλογία οποιωνδήποτε δύο αντίστοιχων διαστάσεων έχει την ίδια τιμή. Δηλαδή όταν:

$$\frac{\text{Μήκος πλοίου}}{\text{μήκος μοντέλου}} = \frac{\text{πλάτος πλοίου}}{\text{πλάτος μοντέλου}} = \frac{\text{βύθισμα πλοίου}}{\text{βύθισμα μοντέλου}} = \text{λόγος οποιωνδήποτε δύο αντίστοιχων διαστάσεων} = r \qquad (32)$$

Η σχέση 31 οδηγεί στην ιδέα της κατασκευής ενός μοντέλου του πλοίου ***γεωμετρικά όμοιου*** με το πλοίο. Το μοντέλο στη συνέχεια δοκιμάζεται σε πειραματική δεξαμενή και από τα πειράματα είναι δυνατός ο υπολογισμός του μεγέθους $\frac{R_t}{½\,\rho V^2 R^2}$.

Το μέγεθος αυτό θα είχε την ίδια τιμή και για το πλοίο, σε συνθήκες κίνησής του τέτοιες, που οι αριθμοί Reynolds και Froude να είναι ίσοι αντίστοιχα (για το πλοίο και το μοντέλο).

Δυστυχώς η ταυτόχρονη ισότητα των αριθμών Reynolds και Froude του μοντέλου με τους αντίστοιχους του πλοίου δεν είναι δυνατή για συνήθη ρευστά, πράγμα που εμποδίζει τη σωστή πραγματοποίηση του πειράματος που προαναφέρθηκε. Όμως μπορούν να γίνουν ορισμένες υποθέσεις (που δικαιολογούνται από πειραματικά αποτελέσματα) οι οποίες οδηγούν στην παρακάτω τροποποιημένη μορφή της σχέσης (31).

$$\frac{R_t}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} = C_t = \frac{R_f}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} + \frac{R_r}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} = C_f + C_r \quad (33)$$

όπου:

$$\frac{R_f}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} = f_1\left(\frac{VL\rho}{\mu}\right) \quad (34)$$

$$\frac{R_r}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} = f_2\left(\frac{V}{\sqrt{gL}}, \text{σχήμα}\right) \quad (35)$$

$$C_f = \frac{R_f}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} \quad (36)$$

$$C_r = \frac{R_r}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} \quad (37)$$

Στις παραπάνω σχέσεις είναι:

R_f η αντίσταση τριβής όπως μετριέται με πειράματα σε λείες επίπεδες πλάκες,

R_t η ολική αντίσταση,

R_r η υπόλοιπη αντίσταση = R_t — R_f,

S η βρεχόμενη επιφάνεια,

C_f ο συντελεστής τριβής,

C_r ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης και

C_t ο συντελεστής ολικής αντίστασης.

Ο παραπάνω τρόπος υποδιαίρεσης της αντίστασης, είναι γνωστός ως ***μέθοδος Froude*** από το όνομα του Άγγλου ναυπηγού που τον επινόησε.

6.4.2 Σημασία του αριθμού Reynolds

Από τη (34) προκύπτει ότι ο συντελεστής τριβής εξαρτάται από τον αριθμό Reynolds και όχι από το σχήμα. Η εξάρτηση της αντίστασης τριβής από τον αριθμό Reynolds προκύπτει και από την εμφάνιση σε αυτόν του ιξώδους που είναι το αίτιο δημιουργίας των δυνάμεων τριβής μεταξύ των στρωμάτων του ρευστού.

Η σχέση μεταξύ συντελεστού τριβής και αριθμού Reynolds μπορεί να βρεθεί πειραματικά και ισχύει για όλα τα πλοία αφού το σχήμα δεν παίζει ουσιαστικό ρόλο. Η σχέση αυτή έχει βρεθεί με πειράματα σε επίπεδες πλάκες και δίνεται με μία καμπύλη (ή πίνακα).

6.4.3 Σημασία του αριθμού του Froude

Από την (35) βλέπουμε ότι ο συντελεστής της υπόλοιπης αντίστασης εξαρτάται:

1) Από το σχήμα του πλοίου.

2) Από τον αριθμό Froude.

Επομένως ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης μπορεί να βρεθεί για ένα πλοίο με πείραμα που θα πρέπει να γίνει σε ***γεωμετρικά*** όμοιο μοντέλο του και σε συνθήκες που να εξασφαλίζουν ότι το πλοίο και το μοντέλο έχουν τον ίδιο αριθμό Froude (βλ. και παράγρ. 6.5).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ***δεν είναι δυνατή η εύρεση του συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης χωρίς τη δοκιμή μοντέλου γεωμετρικά όμοιου με το συγκεκριμένο πλοίο.***

6.4.4 Σημασία του αριθμού $V/\sqrt{L}$

Αν λάβουμε υπόψη ότι το g έχει σταθερή τιμή, θα διαπιστώσομε ότι η παράσταση $V/\sqrt{L}$ μεταβάλλεται κατά ανάλογο τρόπο με τον αριθμό του Froude, που, όπως είδαμε, δίνεται από την παράσταση $V/\sqrt{gL}$. Στην αγγλική βιβλιογραφία είναι πολύ συνηθισμένο να χρησιμοποιείται ο αριθμός $V/\sqrt{L}$ [με το V εκφρασμένο σε κόμβους (knots) και το L σε ft] στη μελέτη διάφορων στοιχείων της αντίστασης και ιδιαίτερα της συνιστώσας του κύματος πρόωσης που επηρεάζεται πολύ έντονα από τον αριθμό του Froude. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο ο αριθμός $V/\sqrt{L}$ επηρεάζει την αντίσταση, χρησιμοποιώντας στοιχεία από τη θεωρία του Kelvin για τον σχηματισμό του κύματος πρόωσης.

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή μια ***σημειακή διαταραχή πίεσης,*** όπως αυτή που δημιουργείται από μία ράβδο που κινείται με τον άξονά της κάθετο στην επιφάνεια του νερού δημιουργεί δύο συστήματα κύματος και συγκεκριμένα:

1) Ένα σύστημα με τον άξονα κορυφών κάθετο περίπου προς τον άξονα της κίνησης (εγκάρσιοι κυματισμοί).

2) Ένα άλλο σύστημα με τον άξονα των κορυφών να σχηματίζει γωνία 19° και 28΄ σε σχέση με τον άξονα της κίνησης (αποκλίνοντες κυματισμοί).

Οι εγκάρσιοι και αποκλίνοντες κυματισμοί φαίνονται στο σχήμα 6.3.

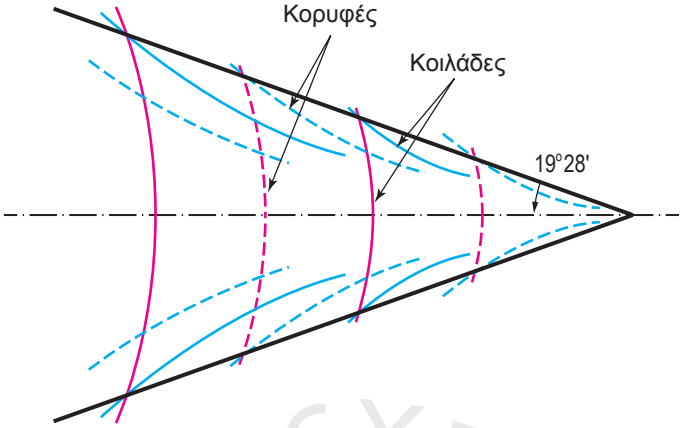
Τα μήκη κύματος (αποστάσεις μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών) φαίνονται στο σχήμα 6.4 και μπορούν να βρεθούν από τις σχέσεις:

$$L_w = \frac{2\pi V^2}{g} \tag{38}$$

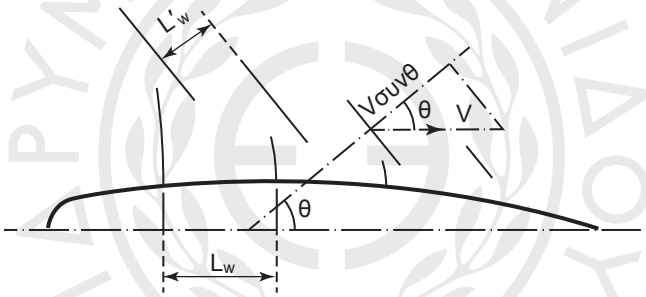
$$L'_w = \frac{2\pi V^2 \sigma\upsilon\nu^2\theta}{g} \tag{39}$$

όπου: **V** η ταχύτητα κίνησης.

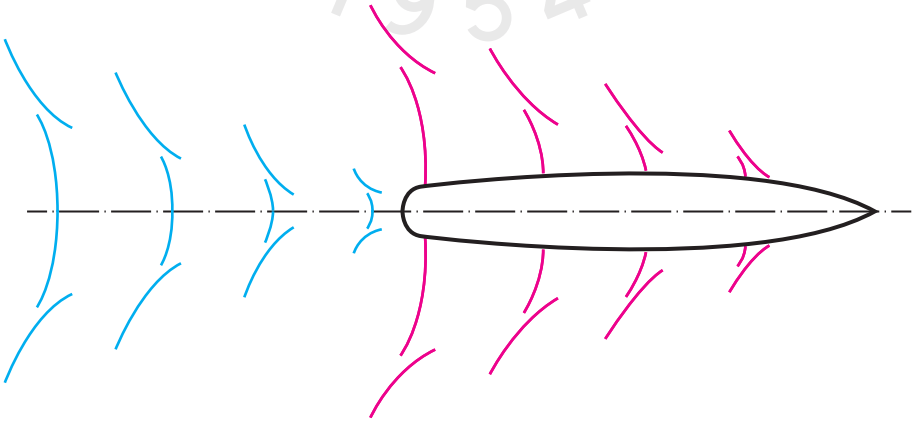
Στην περίπτωση ενός πλοίου που κινείται με ταχύτητα V, όπως έχουμε εξηγήσει στα προηγούμενα, δημιουργούνται δύο συστήματα κύματος πρόωσης, όπως φαίνονται και στο σχήμα 6.5.



Σχ. 6.3
Εγκάρσιοι και αποκλίνοντες κυματισμοί.



Σχ. 6.4
Μήκη κυμάτων πρόωσης.



Σχ. 6.5
Κύματα πρόωσης πλοίου.

Συγκεκριμένα θα έχουμε:

1) Το σύστημα κύματος της πλώρης που αρχίζει με κορυφή λίγο πιο πρύμα από την πρωραία κάθετο.

2) Το σύστημα κύματος που αρχίζει με κοιλάδα στην πρύμνη.

Η απόσταση μεταξύ των σημείων που δημιουργούνται τα δύο συστήματα είναι περίπου 0,9 L, όπου L είναι το μήκος ανάμεσα στις καθέτους του πλοίου.

Όπως βλέπουμε εύκολα από το σχήμα 6.5, τα εγκάρσια κύματα πρόωσης της πλώρης συναντούν εκείνα της πρύμνης και επομένως το ύψος του εγκάρσιου κύματος που δημιουργείται πίσω από το πλοίο εξαρτάται από τον τρόπο που θα συναντηθούν τα δύο κύματα.

Από τους άπειρους σε αριθμό συνδυασμούς, κατά τους οποίους είναι δυνατή η συνάντηση των δύο κυμάτων, διακρίνουμε δύο που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

1) Το κύμα της πλώρης συναντά με κορυφή το σημείο δημιουργίας του κύματος της πρύμνης. Τότε το συνιστάμενο κύμα έχει το ελάχιστο ύψος και η ενέργεια που απορροφάται είναι μικρή.

2) Το κύμα της πλώρης συναντά με κοιλάδα το σημείο δημιουργίας του κύματος της πρύμνης. Τότε το συνιστάμενο κύμα έχει το μέγιστο ύψος και η ενέργεια που απορροφάται είναι μεγάλη.

Συνδυάζοντας τη σχέση (38) με το ότι η απόσταση μεταξύ των σημείων σχηματισμού των δύο συστημάτων κύματος είναι 0,9 L, θα διαπιστώσουμε ότι καταστάσεις όπως οι παραπάνω δημιουργούνται όταν ισχύει η σχέση:

$$N \times \frac{\pi V^2}{g} = 0{,}9\ L \qquad (40)$$

Όταν το V εκφράζεται σε κόμβους και το L σε πόδια, η παραπάνω σχέση μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{1{,}797}{\sqrt{N}} \qquad (41)$$

όπου: Για τιμές του N = 1, 3, 5, 7 .... το κύμα της πλώρης συναντά το κύμα της πρύμνης με κοιλάδα (μέγιστη αντίσταση). Για τιμές του N = 2, 4, 6.... το κύμα της πλώρης συναντά το κύμα της πρύμνης με κορυφή (ελάχιστη αντίσταση).

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ο πίνακας 6.1.

Στο σχήμα 6.6 φαίνεται γραφικά η μεταβολή του συντελεστή αντίστασης ενός πλοίου σε συνάρτηση με τη μεταβολή του $V/\sqrt{L}$. Στο ίδιο σχήμα είναι σημειωμένες και οι τιμές του πίνακα 6.1 που βλέπουμε ότι ορίζουν ***σημεία καμπής*** της καμπύλης. Ο τρόπος συνάντησης του κύματος της πλώρης με το κύμα της πρύμνης φαίνεται γραφικά στο σχήμα 6.7.

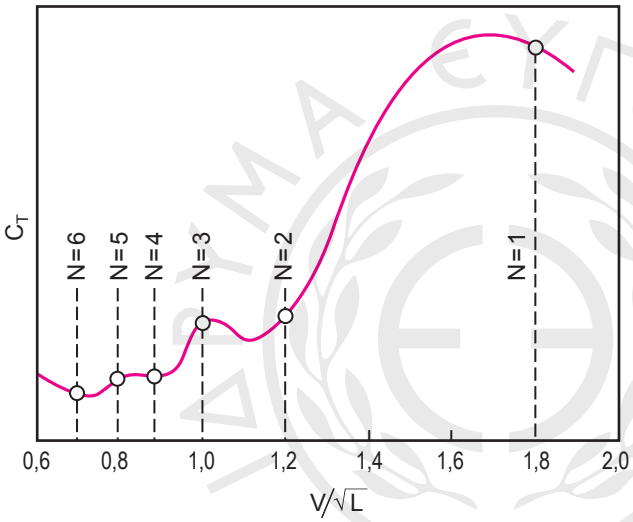
Από το σχήμα 6.6 μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω σοβαρά συμπεράσματα:

1) Μεταβολή του $V/\sqrt{L}$, συνεπάγεται μεταβολή του συντελεστή ολικής αντίστασης. Η σχετική καμπύλη παρουσιάζει μέγιστα και ελάχιστα.

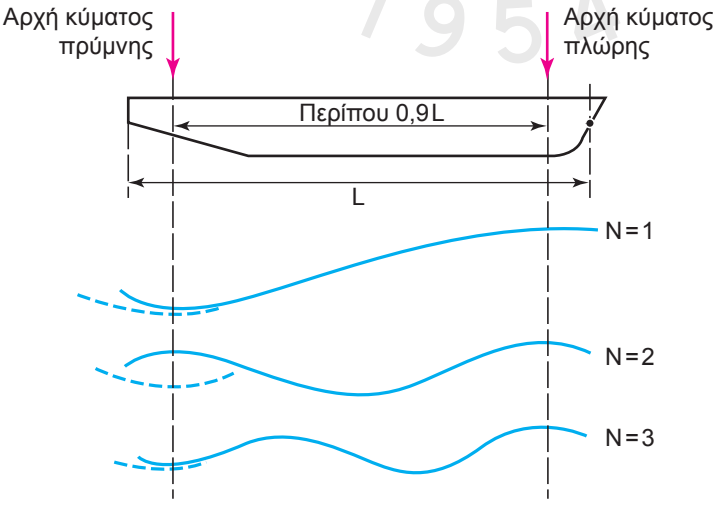
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

N	$V/\sqrt{L}$	Σχόλια
1	1,797	Μέγιστη αντίσταση κύματος πρόωσης
2	1,271	Ελάχιστη αντίσταση κύματος πρόωσης
3	1,037	Μέγιστη αντίσταση κύματος πρόωσης
4	0,898	Ελάχιστη αντίσταση κύματος πρόωσης
5	0,803	Μέγιστη αντίσταση κύματος πρόωσης
6	0,734	Ελάχιστη αντίσταση κύματος πρόωσης

Συμπέρασμα:
Η μεταβολή της τιμής του $V/\sqrt{L}$ ασκεί μεγάλη επίδραση στην αντίσταση κύματος πρόωσης.



Σχ. 6.6
Μεταβολή συντελεστή ολικής αντίστασης σε συνάρτηση με το $V/\sqrt{L}$.



Σχ. 6.4ε.
Τρόπος συνάντησης κύματος πλώρης με κύμα πρύμνης.

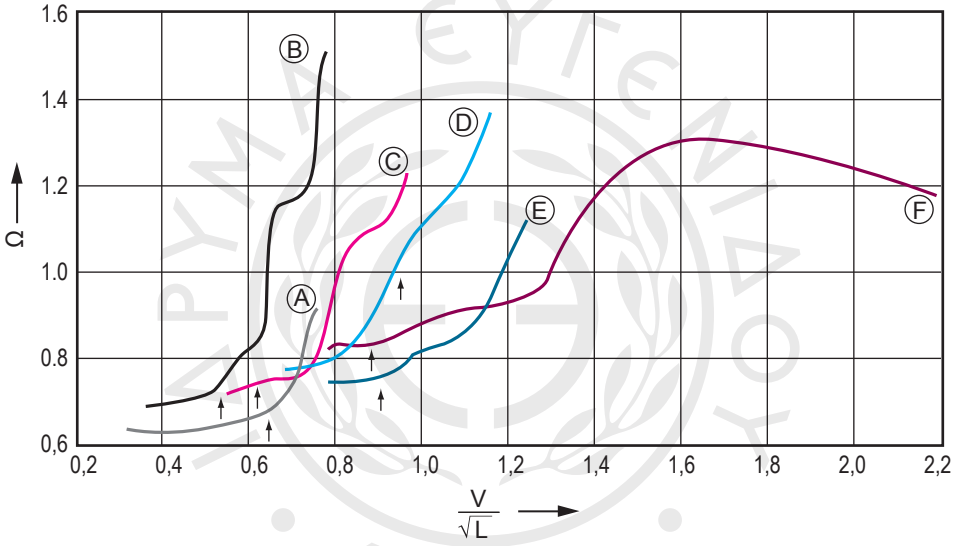
2) Το μήκος του πλοίου ασκεί, μέσω της αντίστασης του κύματος, πολύ μεγάλη επίδραση στην αντίσταση.

Η εξάρτηση της ολικής αντίστασης από τον αριθμό $V/\sqrt{L}$ μπορεί να φανεί με την βοήθεια του συντελεστή © που χρησιμοποιείται συνήθως στην Αγγλική βιβλιογραφία. Ο συντελεστής αυτός δίνεται από την σχέση:

$$© = 1{,}312 \frac{R_t}{\Delta^{2/3} V^2}$$

όπου: **Δ** το εκτόπισμα σε αγγλικούς τόνους (long tons) και
V η ταχύτητα σε κόμβους.

Ενδεικτικά στο σχήμα 6.8 βλέπουμε τη μεταβολή του συντελεστή © για διάφορες



ΔΙΑΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		
ΚΑΜΠΥΛΗ	ΤΥΠΟΣ	C_p
Ⓐ	Μονέλικο φορτηγό	0,75
Ⓑ	Μονέλικο Φ/Γ ακτοπλοϊκό	0,83
Ⓒ	Μονέλικο Δ/Ξ	0,77
Ⓓ	Μονέλικο αλιευτικό	0,57
Ⓔ	Διπλέλικο καναλιού	0,38
Ⓕ	Αντιτορπιλλικό	0,60

Σχ. 6.8
Μεταβολή συντελεστή © με το $V/\sqrt{L}$ το C_p.

περιπτώσεις πλοίων με διαφορετικούς πρισματικούς συντελεστές σε συνάρτηση με τη μεταβολή του αριθμού $V/\sqrt{L}$. Σε όλες τις περιπτώσεις το μήκος του πλοίου είναι 400 ft.

Στο σχήμα με βέλη φαίνεται και η *υπηρεσιακή ταχύτητα* (sea sustained speed) για κάθε πλοίο. Αν εξαιρέσουμε την περίπτωση του αντιτορπιλικού, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η τιμή του αριθμού $V/\sqrt{L}$ κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 0,9. Σε σπάνιες περιπτώσεις εμπορικών πλοίων (επιβατικά, ταχύπλοα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων) η τιμή του $V/\sqrt{L}$ μπορεί να φθάσει μέχρι 1,1.

6.5 Υπολογισμός αντίστασης με πείραμα σε μοντέλο του πλοίου

6.5.1 Υπολογισμός αντίστασης

Από τα προηγούμενα διαπιστώσαμε ότι για κάθε πλοίο ο υπολογισμός της υπόλοιπης αντίστασης παρουσιάζει κάποια δυσκολία, γιατί ο αντίστοιχος συντελεστής C_r εξαρτάται ταυτόχρονα από το σχήμα και τον αριθμό Froude.

Η εξάρτηση αυτή δημιουργεί την ανάγκη κατασκευής μοντέλου του πλοίου, από τη δοκιμή του οποίου θα προκύψει ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης. Με βάση τα παραπάνω η διαδικασία υπολογισμού της αντίστασης ενός πλοίου με μοντέλο είναι συνοπτικά η εξής:

1) Κατασκευάζουμε ένα μοντέλο γεωμετρικά όμοιο με το πλοίο με ***λόγο ομοιότητας r***. Για τον παραπάνω λόγο ομοιότητας, που μπορούμε να θεωρήσουμε ίσο με την αναλογία μήκους μεταξύ καθέτων πλοίου και μοντέλου, θα έχουμε:

$$\frac{\text{(Οποιοδήποτε μήκος πλοίου)}}{\text{(Αντίστοιχο μήκος μοντέλου)}} = r \qquad (42)$$

$$\frac{\text{(Οποιαδήποτε επιφάνεια πλοίου)}}{\text{(Αντίστοιχη επιφάνεια μοντέλου)}} = r^2 \qquad (43)$$

$$\frac{\text{(Οποιοσδήποτε όγκος πλοίου)}}{\text{(Αντίστοιχος όγκος μοντέλου)}} = r^3 \qquad (44)$$

2) Δοκιμάζουμε το μοντέλο σε μία δεξαμενή προτύπων. Πιο συγκεκριμένα κινούμε το μοντέλο με την επιθυμητή ταχύτητα και με ένα ειδικό δυναμόμετρο μετρούμε τη συνολική αντίσταση. Η ταχύτητα του μοντέλου επιλέγεται με βάση την ανάγκη ο αριθμός Froude του μοντέλου κατά τη δοκιμή να είναι ίσος με τον αντίστοιχο του πλοίου. Επομένως, αν χρησιμοποιήσουμε το δείκτη m′ το μοντέλο και s για το πλοίο, θα πρέπει οι αριθμοί $V_s/\sqrt{L_s}$ και $V_m/\sqrt{L_m}$ να είναι ίσοι και επομένως:

$$\frac{V_m}{V_s} = \sqrt{\frac{L_m}{L_s}} \quad \text{ή} \quad V_m = V_s \frac{1}{\sqrt{r}} \qquad (45)$$

Τη συνολική αντίσταση του μοντέλου, που μετρούμε με το δυναμόμετρο, συμβολίζουμε με R_{tm}.

3) Υπολογίζουμε τον αριθμό Reynolds του μοντέλου, ο οποίος είναι ίσος με V_m L_m ρ_m/μ_m και με τη τιμή του που παίρνουμε από πίνακες (πίνακας 6.2), βρίσκουμε τον συντελεστή τριβής του μοντέλου C_{fm}. Η αντίσταση τριβής του μοντέλου [R_{fm}] προκύπτει από τη σχέση (36).

4) Από τη σχέση $R_{rm} = R_{tm} - R_{fm}$ βρίσκουμε την υπόλοιπη αντίσταση του μοντέλου και στη συνέχεια τον συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης του μοντέλου C_{rm} από τη σχέση (37).

5) Ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης του πλοίου C_{rs} βρίσκεται στη συνέχεια από τη σχέση $C_{rs} = C_{rm}$. Η υπόλοιπη αντίσταση του πλοίου R_{rs} βρίσκεται από τη σχέση (37).

6) Υπολογίζουμε τον αριθμό Reynolds του πλοίου, που είναι ίσος με V_s L_s ρ_s/μ_s, και με την τιμή του από πίνακες (πίνακας 6.2) βρίσκουμε το συντελεστή τριβής C'_{fs}.

7) Προσαυξάνουμε τον συντελεστή C'_{fs} λόγω της τραχύτητας της επιφάνειας του πλοίου (συνήθως κατά $0{,}4 \times 10^{-3}$) και έχουμε τον συνολικό συντελεστή τριβής του πλοίου από τη σχέση:

$$C_{fs} = C'_{fs} + 0{,}4 \times 10^{-3} \qquad (46)$$

8) Βρίσκουμε την αντίσταση τριβής του πλοίου R_{fs} από τη σχέση (36) και την ολική αντίσταση από τη σχέση:

$$R_{ts} = R_{rs} + R_{fs} \qquad (47)$$

9) Η ίδια εργασία επαναλαμβάνεται για διάφορες ταχύτητες του πλοίου και με τα αποτελέσματα χαράζεται μία καμπύλη, η οποία ονομάζεται ***καμπύλη αντίστασης-ταχύτητας.***

Παράδειγμα

Κατά τη δοκιμή του μοντέλου ενός πλοίου σε θαλάσσιο νερό θερμοκρασίας 68°F μετρήθηκε ολική αντίσταση 0,6 λίβρες. Ο λόγος ομοιότητας πλοίου-μοντέλου είχε την τιμή 50. Το πλοίο είχε μήκος 300΄ και βρεχόμενη επιφάνεια 16.000 ft^2. Η δοκιμή έγινε σε ταχύτητα μοντέλου που αντιστοιχούσε σε ταχύτητα πλοίου 16 knots. Να βρεθεί η αντίσταση του πλοίου στην παραπάνω ταχύτητα.

Από πίνακες για τις ιδιότητες του νερού και για θερμοκρασία 68 °F βρίσκουμε:

$$\rho_m = \rho_s = 1{,}987 \ \frac{1b - s^2}{ft^4}$$

$$\mu_m = \mu_s = 2{,}259 \times 10^{-5} \ \frac{1b - s}{ft^4}$$

$$\text{Η ταχύτητα του πλοίου είναι} = 16 \ \frac{\text{μίλια}}{\text{ώρα}} \times 6076 \ \frac{ft}{\text{μίλι}} \times \frac{1 \ \text{ώρες}}{3600 \ s} = 27 \ \frac{ft}{s}$$

Από τη σχέση 45 η αντίστοιχη ταχύτητα του μοντέλου θα είναι:

$$V_m = \frac{V_s}{\sqrt{r}} = \frac{27}{\sqrt{50}} = 3{,}818 \ ft/s$$

επίσης:

$$L_m = \frac{L_s}{r} = \frac{300}{50} = 6 \ ft$$

Η βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου $S_s = 16.000\ ft^2$ και του μοντέλου από τη σχέση (43) βρίσκεται ότι είναι:

$$S_m = \frac{S_s}{r^2} = \frac{16.000}{50^2} = 6,4\ ft^2$$

Αριθμός Reynolds μοντέλου = $\frac{\rho_m V_m L_m}{\mu_m} = \frac{(1,987)\,(3,818)\,(6)}{2,259 \times 10^{-5}} \simeq 2 \times 10^6$

Από τον πίνακα 6.2 έχουμε: $c_{fm} = 4,054 \times 10^{-3}$

Από τη σχέση (36) έχουμε:

$$R_{fm} = \frac{1}{2}\rho_m V_m^2 S_m C_{fm} = \frac{1}{2}(1,980)\,(3,818)^2\,(6,9)\,(4,054 \times 10^{-3}) = 0,375\ lbs$$

Η υπόλοιπη αντίσταση του μοντέλου είναι:

$$R_{rm} = R_{tm} - R_{fm} = 0,6 - 0,375 = 0,225\ lbs$$

Από τη σχέση (37) έχουμε:

$$C_{rm} = \frac{R_{rm}}{\frac{1}{2}\rho_m V_m^2 S_m} = \frac{0,225}{\frac{1}{2}(1,987)\,(3,818)^2\,(6,4)} = 2,432 \times 10^{-3}$$

Το πλοίο θα έχει ίσο συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης.

Άρα: $C_{rs} = 2,432 \times 10^{-3}$

και από την (37) έχουμε:

$$R_{rs} = \frac{1}{2}\rho_s V_s^2 S_s C_{rs} = \frac{1}{2}(1,987)\,(27)^2\,(16.000)\,(2,432 \times 10^{-3}) = 28.182\ lbs$$

Αριθμός Reynolds πλοίου = $\frac{\rho_s V_s L_s}{\mu_s} = \frac{(1,987)\,(27)\,(300)}{2,259 \times 10^{-5}} = 7,124 \times 10^8$

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2

Τιμές του συντελεστή C_f σε συνάρτηση με τον αριθμό Reynolds (Rn).

Rn	C_f	Rn	C_f	Rn	C_f	Rn	C_f
1×10^5	8,333	4×10^6	3,541	7×10^7	2,195	1×10^9	1,531
2	6,882	5	3,397	8	2,162	2	1,407
3	6,203	6	3,285	9	2,115	3	1,342
4	5,780	7	3,195	1×10^8	2,083	4	1,298
5	5,482	8	3,120	2	1,889	5	1,265
6	5,254	9	3,056	3	1,788	6	1,240
7	5,073	1×10^7	3,000	4	1,721	7	1,219
8	4,923	2	2,669	5	1,671	8	1,201
9	4,797	3	2,500	6	1,632	9	1,185
1×10^6	4,688	4	2,390	7	1,601	1×10^{10}	1,172
2	4,054	5	2,309	8	1,574		
3	3,741	6	2,246	9	1,551		

Σημείωση: Οι τιμές του πίνακα πρέπει να πολλαπλασιασθούν επί 10^{-3}.
Παράδειγμα: Για αριθμό Reynolds 7×10^7 έχουμε $C_f = 2,195 \times 10^{-3}$.

Από τον πίνακα 6.2 έχουμε:

$$C'_{fs} = 1{,}5972 \times 10^{-3}$$

$$C_{fs} = C'_{fs} + 0{,}4 \times 10^{-3} = 1{,}5972 \times 10^{-3} + 0{,}4 \times 10^{-3} = 1{,}9972 \times 10^{-3}$$

και από τη σχέση (36):

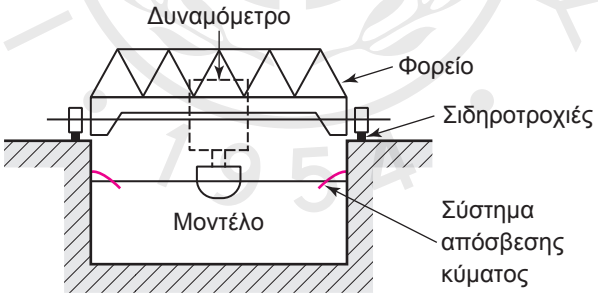
$$R_{fs} = \frac{1}{2} \rho_s V_s^2 S_s C_{fs} = \frac{1}{2} (1{,}987)\ (27)^2\ (16.000)\ (1{,}9972 \times 10^{-3}) = 23.143 \text{ lbs}$$

Η ολική αντίσταση του πλοίου θα είναι:

$$R_{ts} = R_{fs} + R_{rs} = 23.143 + 28.182 = 51.325 \text{ lbs}$$

6.5.2 Στοιχεία δεξαμενών προτύπων

Η δεξαμενή προτύπων είναι ένα επίμηκες κανάλι ορθογωνικής συνήθως διατομής γεμάτο με νερό. Το μήκος της κυμαίνεται από 100 ως 3000 ft (η δεξαμενή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχει μήκος 90, πλάτος 5 και βάθος 3,5 m και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή μοντέλων με μήκος μέχρι 5 m). Οι άλλες διαστάσεις της εξαρτώνται από τις διαστάσεις των μεγαλύτερων μοντέλων πλοίων που πρόκειται να δοκιμασθούν. Στις πλευρές του καναλιού υπάρχουν σιδηροτροχιές πάνω στις οποίες μπορεί να κινείται ένα φορείο. Στο σχήμα 6.9 απεικονίζεται μία τομή δεξαμενής προτύπων. Με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού κινητήρα το φορείο μπορεί να κινείται με την επιθυμητή ταχύτητα.



Σχ. 6.9
Τομή δεξαμενής προτύπων.

Ειδική σχεδίαση στις πλευρές και στα άκρα της δεξαμενής εξασφαλίζουν τη σύντομη απόσβεση των κυμάτων. Ανάμεσα στο μοντέλο και στο φορείο παρεμβάλλεται ένα ***δυναμόμετρο***, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της δύναμης που χρειάζεται για να κινήσει το μοντέλο με την επιθυμητή ταχύτητα. Η δύναμη αυτή είναι ίση με την αντίσταση.

Εκτός από τη δοκιμή για τη μέτρηση της αντίστασης, οι δεξαμενές προτύπων χρησιμοποιούνται και για άλλες δοκιμές όπως:

1) Οι δοκιμές αυτοπρόωσης μοντέλων.

2) Οι δοκιμές ελλικτικότητας.

3) Οι δοκιμές συμπεριφοράς πλοίου σε κυματισμό.

Για τη δημιουργία κύματος υπάρχει στο άκρο της δεξαμενής ειδική διάταξη ανάδευσης του νερού (κυματιστήρας).

Τα μοντέλα είναι ξύλινα, πλαστικά ή από παραφίνη.

6.6 Μεθοδικές σειρές αντίστασης

Είδαμε στα προηγούμενα ότι, εξαιτίας της υπόλοιπης αντίστασης, είναι απαραίτητο να γίνεται πείραμα μέτρησης της αντίστασης με μοντέλο. Τα πειράματα αυτά είναι αρκετά δαπανηρά. Εκτός όμως από αυτό, στη φάση της αρχικής σχεδίασης του πλοίου χρειάζεται να διερευνηθούν πολλοί συνδυασμοί γεωμετρικών χαρακτηριστικών του πλοίου και από αυτούς να επιλεγεί ο καλύτερος. Στη διαδικασία αυτής της επιλογής είναι απαραίτητη και η εκτίμηση της αντίστασης για κάθε συνδυασμό χαρακτηριστικών.

Για βοήθεια σε αυτές τις περιπτώσεις έχουν γίνει δοκιμές με μοντέλα σε οικογένειες πλοίων με συστηματική μεταβολή στις αναλογίες και τους αδιάστατους συντελεστές που χαρακτηρίζουν χονδρικά τη γεωμετρία ενός πλοίου.

Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών σε μορφή πινάκων ή καμπυλών είναι γνωστά με το όνομα ***Μεθοδικές σειρές αντίστασης*** ή άπλα ***Μεθοδικές σειρές.***

Τέτοιες σειρές είναι μεταξύ άλλων οι:

1) Σειρά Taylor (αμερικανική).

2) Σειρά 60 (αμερικανική).

3) Σειρά BSRA (αγγλική της British Ship Research Association).

Αν χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα αυτών των σειρών, θα μπορέσουμε να εκτιμήσουμε με αρκετή ακρίβεια, την υπόλοιπη αντίσταση ενός πλοίου με γραμμές που προκύπτουν από την αντίστοιχη σειρά.

Αν συμπίπτουν μόνο οι αναλογίες και οι συντελεστές (άλλα όχι ακριβώς και οι γραμμές) μπορεί και πάλι να γίνει εκτίμηση αλλά το σφάλμα θα είναι μεγαλύτερο.

Ένα μικρό απόσπασμα από τη σειρά Taylor δίνεται στον πίνακα 6.3.

Στον πίνακα αυτό δίνονται τιμές της υπόλοιπης αντίστασης ανά τόνο εκτοπίσματος για διάφορους συνδυασμούς:

1) Του πρισματικού συντελεστη Cp

2) Της παραμέτρου $\Delta/(L/100)^3$

3) Της παραμέτρου $V/\sqrt{L}$

Ο πίνακας ισχύει για λόγο πλάτους προς βύθισμα (B/H) ίσο με 2,25. Άλλοι παρόμοιοι πίνακες δίνουν στοιχεία για άλλες τιμές του B/H.

Παράδειγμα

Ένα πλοίο έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Εκτόπισμα 10.000 LT

Μήκος μεταξύ καθέτων 383,86 ft

Πλάτος 60 ft
Βύθισμα 26,66 ft
Συντελεστής μέσης τομής 0,85
Να εκτιμηθεί η υπόλοιπη αντίσταση του πλοίου σε ταχύτητα 19,6 knots.
Θα έχουμε:
Όγκος εκτοπίσματος $\overline{V} = 10.000 \times 35 = 350.000\ ft^3$
Εμβαδόν μέσης τομής $A_x = C_x \times B \times H = (0,95)\ (60)\ (26,66) = 1519,62\ ft^2$

Πρισματικός Συντελεστής $C_p = \dfrac{\overline{V}}{A_x L} = \dfrac{350.000}{(1519,62)\ (383,86)} = 0,6$

$$V / \sqrt{L} = \frac{19,6}{\sqrt{383,86}} = 1,0$$

$$\Delta / (L / 100)^3 = \frac{10.000}{\left(\frac{383,86}{100}\right)^3} = \frac{10.000}{56,56} = 176$$

$$B/H = 60/26,66 = 2,25$$

Από τον πίνακα 6.3 με παρεμβολή ως προς το $\Delta/(L/100)^3$ μεταξύ των τιμών 150

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3

Υπόλοιπη αντίσταση ανά τόνο (R_r/Δ) για B/H = 2,25 από σείρα Taylor.

	$V/\sqrt{L}$ $\Delta/(L/100)^3$	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
Cp = 0,50	50	0,41	0,50	0,69	0,85	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	3,15	5,25
	100	0,53	0,67	0,91	1,09	1,25	1,55	1,75	2,00	2,60	3,95	7,00
	150	0,62	0,78	0,99	1,20	1,40	1,80	2,20	2,55	3,30	4,90	8,40
	200	0,67	0,83	1,03	1,27	1,62	2,20	2,50	3,00	4,00	6,00	9,90
	250	0,71	0,86	1,07	1,29	1,96	2,30	2,90	3,60	4,90	7,50	13,00
Cp = 0,60	50	0,49	0,62	0,83	1,22	1,61	2,05	2,70	3,80	5,40	6,20	6,80
	100	0,62	0,74	0,99	1,30	1,69	2,15	3,00	4,45	6,70	8,10	9,20
	150	0,68	0,83	1,05	1,34	1,71	2,20	3,20	4,85	7,60	9,00	10,60
	200	0,72	0,88	1,09	1,35	1,74	2,30	3,35	5,20	8,10	9,60	11,00
	250	0,74	0,92	1,12	1,36	1,79	2,48	3,60	5,60	8,50	10,00	11,50
Cp = 0,70	50	0,80	1,02	1,32	1,83	2,34	3,35	4,70	7,30	11,50	14,30	15,00
	100	0,81	1,03	1,32	1,83	2,46	3,50	5,30	8,90	15,60	20,00	22,40
	150	0.81	1,03	1,33	1,83	2,46	3,50	5,45	9,75	17,80	24,00	28,20
	200	0,82	1,04	1,33	1,83	2,46	3,50	5,50	10,30	19,00	26,80	33,00
	250	0,83	1,06	1,34	1,83	2,50	3,65	5,50	10,60	20,00	28,90	35,70
Cp = 0,80	50	1,00	1,27	2,00	3,52	6,70	9,30	10,30	13,20	19,30	25,50	28,00
	100	1,00	1,27	2,00	3,52	6,70	10,50	12,00	15,60	24,70	35,30	43,50
	150	1,00	1,27	2,00	3,52	6,70	10,90	12,50	16,80	26,70	40,20	52,50
	200	1,00	1,27	2,00	3,52	6,70	11,10	12,80	17,35	27,70	42,00	57,50
	250	1,00	1,27	2,00	3,52	6,70	11,30	13,20	17,60	28,30	41,50	58,50

και 200 έχουμε:

$$\frac{R_r}{\Delta} = 7{,}86$$

Άρα: $R_r = 7{,}86 \times 10.000 = 78.600$ lbs.

Τα στοιχεία του παραδείγματος έχουν επιλεγεί έτσι, ώστε να μην χρειάζονται πολύπλοκες παρεμβολές.

6.7 Εύρεση ισχύος μηχανής

6.7.1 Ισχύς ρυμούλκησης

Στην παράγραφο 6.3 είδαμε ότι αν προσθέσουμε στην αντίσταση νερού τις αντιστάσεις προεξοχών και αέρα θα βρούμε την ολική αντίσταση πλοίου (σε ήρεμο νερό και νηνεμία).

Ο όρος ισχύς ***ρυμούλκησης*** αναφέρεται στην ισχύ που θα χρειαζόταν για να ρυμουλκυθεί ενα πλοίο που έχει συνολική αντίσταση R_t με μία ταχύτητα V. Με τον ορισμό αυτό μπορούν να υπερπηδηθούν οι δυσχέρειες που προκύπτουν στους υπολογισμούς εξαιτίας της αλληλοεπίδρασης μεταξύ του πλοίου και του συστήματος πρόωσής του.

Η ισχύς ρυμούλκησης παριστάνεται με EHP (Effectine Horse Power) και μπορεί να υπολογισθεί σε ίππους, από τους τύπους:

1) ***Μετρικό σύστημα:*** $$EHP = \frac{R_t V}{75} \qquad (48)$$

όπου: $\mathbf{R_t}$ η ολική αντίσταση σε kp και
V η ταχύτητα σε m/s

2) ***Αγγλικό Σύστημα:*** $$EHP = \frac{R_t V}{550} \qquad (49)$$

όπου: $\mathbf{R_t}$ η ολική αντίσταση σε lbs και
V η ταχύτητα σε ft/s

Παράδειγμα

Να βρεθεί η ισχύς ρυμούλκησης για το πλοίο του παραδείγματος της παραγράφου 6.5.1.

Η ταχύτητα του πλοίου V = 27 ft/s

Η συνολική αντίσταση, αν θεωρήσουμε ότι έχουμε μια προσαύξηση κατά 6% λόγω προεξοχών και 2% λόγω αέρα, θα είναι:

$$R = 51.325 + (0{,}06)\,(51.325) + 0{,}02\,(51.325) = 55.435 \text{ lbs}$$

Από τη σχέση (49) έχουμε: $EHP = \frac{55.435 \times 27}{550} = 2721$ ίπποι

6.7.2 Προσδινόμενη στην έλικα ισχύς (Delivered Horsepower)

Εάν θεωρήσουμε ένα σύστημα πρόωσης πλοίου με έλικα, η ισχύς που απαιτείται

να δοθεί στην έλικα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ισχύ ρυμούλκησης. Αυτό οφείλεται στο ότι η έλικα, όπως και κάθε σύστημα μετατροπής ενέργειας, έχει κάποιο βαθμό απόδοσης μικρότερο από τη μονάδα.

Η ισχύς που δίνεται στην έλικα σχετίζεται με την ισχύ ρυμούλκησης με τη σχέση:

$$DHP = \frac{EHP}{PC} \tag{50}$$

όπου: **DHP** η ισχύς που δίνεται στην έλικα σε ίππους (συχνά συμβολίζεται και με PHP) και

PC ο συντελεστής πρόωσης (propulsive coefficient).

Ο συντελεστής αυτός καλύπτει όλα τα αποτελέσματα από την αλληλοεπίδραση πλοίου και έλικας και έχει τιμή μικρότερη από τη μονάδα.

Ο συντελεστής πρόωσης, που το μέγεθός του επηρεάζεται πάρα πολύ από το βαθμό απόδοσης της έλικας, μεταβάλλεται σημαντικά από πλοίο σε πλοίο. Ο λεπτομερής υπολογισμός του προϋποθέτει μελέτη της έλικας, πράγμα που ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου. Για καλά σχεδιασμένες κοινές έλικες η τιμή του PC βρίσκεται ανάμεσα στο 0,5 και 0,65.

Παράδειγμα

Ο συντελεστής πρόωσης για το πλοίο του παραδείγματος της παραγράφου 6.7.1, έχει εκτιμηθεί γύρω στο 0,55. Πόση είναι η ισχύς που δίνεται στην έλικα; Από τη σχέση (50) έχουμε:

$$DHP = \frac{EHP}{PC} = \frac{2751}{0,55} = 4947 \text{ ίπποι}$$

6.7.3 Ισχύς μηχανής

Μεταξύ του συνδέσμου της μηχανής (όπου και μετρούμε και την ισχύ της μηχανής) και της έλικας παρεμβάλλονται διάφορα συστήματα, όπως τριβείς του άξονα, μειωτήρες, συστήματα στεγανότητας κ.ά.. Σε όλα αυτά τα συστήματα έχουμε κάποια απώλεια ισχύος. Η ισχύς της μηχανής του πλοίου σχετίζεται με την ισχύ που δίνεται στην έλικα με τη σχέση:

$$SHP = \frac{DHP}{\text{Βαθμός απόδοσης συστήματος μετάδοσης}} \tag{51}$$

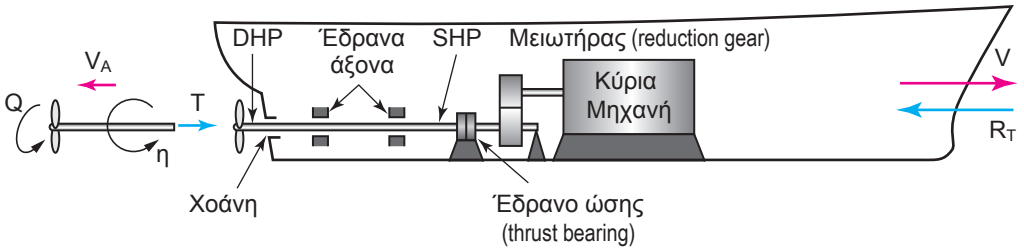
όπου: **SHP** είναι η ισχύς στον σύνδεσμο της μηχανής σε ίππους (συχνά συμβολίζεται και με BHP).

Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος μετάδοσης καλύπτει τις απώλειες που είπαμε παραπάνω και η τιμή του είναι γύρω στο 0,98.

Ο ορισμός των διάφορων μεγεθών που σχετίζονται με την αντίσταση και την πρόωση φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 6.10.

Παράδειγμα

Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος μετάδοσης για το πλοίο της παραγράφου



Σχ. 6.10
Ορισμός μεγεθών που σχετίζονται με αντίσταση και πρόωση.

6.7.2 έχει εκτιμηθεί ότι είναι 0,98. Πόση είναι η ισχύς της μηχανής;

Από τη σχέση (51) έχουμε: $SHP = \frac{4947}{0,98} = 5048$ ίπποι

Στην πράξη, η επιλογή της μηχανής ενός πλοίου γίνεται συνήθως με το κριτήριο ότι πρέπει να είναι δυνατή (σε κατάσταση δοκιμών) η κίνηση του πλοίου με την επιθυμητή ταχύτητα, όταν η μηχανή αποδίδει το 80% της μέγιστης ισχύος της στο 100% των στροφών. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει ένα πλεόνασμα ισχύος που εξασφαλίζει τη δυνατότητα να διατηρεί το πλοίο την ταχύτητα του:

1) Όταν η γάστρα είναι καθαρή και το πλοίο συναντά θαλασσοταραχή.

2) Όταν η γάστρα έχει ρυπανθεί σε ήρεμο νερό, λίγο πριν από τον τακτικό δεξαμενισμό.

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο παράδειγμα θα είχαμε:

$$\text{Εγκαταστημένη ισχύς μηχανής} = \frac{SHP}{0,8} = \frac{5048}{0,8} = 6130 \text{ ίπποι}$$

6.8 Η μορφή του πλοίου και η αντίσταση

Από όσα έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα, είναι αρκετά σαφής η έντονη εξάρτηση της αντίστασης από:

1) Το μήκος του πλοίου (μέσω των αριθμών Reynolds και Froude) και

2) τη βρεχόμενη επιφάνεια.

Μερικά ακόμη συμπεράσματα που μπορούν να προκύψουν από τη μελέτη του πίνακα 6.3 είναι ότι όταν έχουμε αύξηση:

1) Του πρισματικού συντελεστή, αυξάνεται η υπόλοιπη αντίσταση.

2) Του συντελεστή $\Delta/(L/100)^3$, αυξάνεται η υπόλοιπη αντίσταση.

3) Του λόγου πλάτος/βύθισμα, αυξάνεται η υπόλοιπη αντίσταση.

Αν και η επίδραση των συντελεστών και αναλογιών στη συνολική αντίσταση του πλοίου είναι αρκετά πολύπλοκη, μπορεί κάποιος να θεωρήσει ότι:

1) Η διαμόρφωση της πλώρης ενός πλοίου επηρεάζει το ύψος του κύματος πρόωσης και επομένως την αντίστοιχη συνιστώσα της αντίστασης και

2) η διαμόρφωση της πρύμνης του πλοίου επηρεάζει κυρίως την αντίσταση δινών και σχήματος.

6.9 Συστήματα πρόωσης

6.9.1 Είδη προωστήριων μηχανών

Τα πιο βασικά είδη προωστήριων μηχανών που χρησιμοποιούνται σε εμπορικά πλοία είναι:

1) Η παλινδρομική ατμομηχανή.
2) Η μηχανή Diesel.
3) Ο ατμοστρόβιλος.

Η παλινδρομική μηχανή έχει εγκαταλειφθεί εδώ και αρκετά χρόνια. Αναφέρεται όμως γιατί υπάρχουν ακόμη ελάχιστα παλιά πλοία που έχουν τέτοιο σύστημα μηχανής.

Η μηχανή Diesel είναι η κατεξοχήν προωστήρια μηχανή των εμπορικών πλοίων και μπορεί να είναι απευθείας συνδεμένη με τον άξονα της έλικας ή και μέσω μειωτήρα.

Ο ατμοστρόβιλος χρησιμοποιείται σήμερα στα εμπορικά πλοία μόνο σε συνδυασμό με άλλες ανάγκες για ατμό, όπως είναι τα Δ/Ξ ή εκεί που χρειάζονται πολύ μεγάλες ισχείς. Συνδέεται με την έλικα πάντα μέσω μειωτήρα στροφών.

Στα πολεμικά πλοία που χρησιμοποιούνται μηχανές με μεγάλη ισχύ, με μικρό όγκο και βάρος και με απαιτήσεις για μεγάλη ακτίνα ενέργειας, εκτός από τα παραπάνω συστήματα χρησιμοποιούνται και:

1) Αεριοστρόβιλοι.
2) Συνδυασμοί μηχανών, όπως αεριοστρόβιλος και Diesel.
3) Συστήματα πρόωσης με πυρηνική ενέργεια.

Ειδικά για τα εμπορικά πλοία έχει αρχίσει (μετά τη συνεχιζόμενη κρίση ενέργειας) η μελέτη των ιστίων ως βοηθητικού συστήματος πρόωσης. Στο σχήμα 6.11 βλέπουμε ένα τέτοιο σύστημα ιστίων από πρόσφατες δοκιμές που έγιναν στην Ιαπωνία.

Σχ. 6.11
Πειραματικό πλοίο για εκμετάλλευση ενέργειας ανέμου.

6.9.2 Είδη συστημάτων μετατροπής της ισχύος μηχανής σε προωθητική

Όλα τα συστήματα προωστήριων μηχανών που αναφέραμε, δίνουν την ισχύ με τη μορφή του συνδυασμού ροπής στρέψης και περιστροφής ενός άξονα. Για την κίνηση όμως του πλοίου θα πρέπει η περιστροφική κίνηση του άξονα να δημιουργήσει την ώση κατά μήκος του πλοίου. Για τον λόγο αυτό έχουν επινοηθεί τα εξής συστήματα:

1) ***Τροχοί*** με σταθερά ή περιστρεφόμενα πτερύγια, που άρχισαν να χρησιμοποιούνται στο τέλος περίπου του 19ου αιώνα και έχουν εγκαταλειφθεί σήμερα.

2) ***Συστήματα πρόωσης με αντίδραση*** (water jets), που βασίζονται στην προβολή νερού προς την πρύμνη του πλοίου.

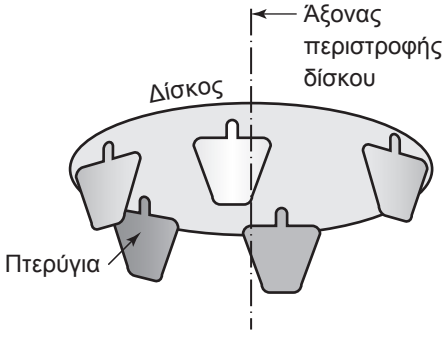
3) ***Έλικες*** με σχεδόν οριζόντιο άξονα, που διακρίνονται σε:
   α) Έλικες σταθερού βήματος (fixed pitch propellers).
   β) Έλικες μεταβαλλόμενου βήματος (controllable pitch propellers).
   γ) Έλικες που λειτουργούν μέσα σε δακτύλιο (kort nozzles).

4) ***Έλικες με κατακόρυφο άξονα***, που διακρίνονται σε:
   α) Έλικες Kirsten-Boeing.
   β) Έλικες Voith-Schneider.

Στοιχεία για τον τρόπο δράσης και χρησιμοποίησης των ελίκων με σχεδόν οριζόντιο άξονα (κοινές έλικες) θα δοθούν σε επόμενες παραγράφους.

Τα ***συστήματα πρόωσης με αντίδραση*** έχουν πολύ χαμηλό βαθμό απόδοσης και χρησιμοποιούνται μόνο σε εφαρμογές που η χρησιμοποίηση της έλικας είναι αδύνατη. Συστήματα προβολής δεν υπάρχουν σε πλοία κλασικού τύπου.

Στις έλικες Kirsten-Boeing, κάθε πτερύγιο, με κατάλληλο μηχανισμό, περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του (κατακόρυφο) όπως περιστρέφεται και ολόκληρος ο δίσκος (έλικα), στον οποίο στηρίζονται τα πτερύγια. Η διεύθυνση προς την οποία κατευθύνεται η συνιστάμενη δύναμη καθορίζεται από τη σχετική θέση των πτερυγίων μεταξύ τους. Έτσι είναι δυνατόν, με κατάλληλη θέση των πτερυγίων, το πλοίο να κινηθεί πρόσω, ανάποδα, προς την πλευρά ή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Λόγω αυτού του πλεονεκτήματος, η έλικα αυτή είναι ιδεώδης για ρυμουλκά, πλωτούς γερανούς και οποιοδήποτε σκάφος απαιτεί μεγάλη ευελιξία. Σε κάθε στροφή του άξονα της έλικας κάθε πτερύγιο κάνει μισή στροφή (σχ. 6.12).



Σχ. 6.12
Έλικα Kirsten-Boeing.

Οι έλικες ***Voith-Schneider*** βασίζονται στην ίδια αρχή μόνο, που σε κάθε στροφή του άξονα έχουμε και μία στροφή κάθε πτερυγίου.

Οι έλικες με κατακόρυφο άξονα έχουν αρκετά χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από ό,τι οι κοινές έλικες.

6.10 Στοιχεία από τη γεωμετρία της έλικας σταθερού βήματος – ολίσθηση

Οι έλικες σταθερού βήματος χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στην πρόωση των πλοίων.

Μία έλικα χαρακτηρίζεται ως ***αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη,*** ανάλογα με τη φορά περιστροφής, όταν το πλοίο κινείται πρόσω, που αντιλαμβάνεται παρατηρητής, ο οποίος κοιτάζει την έλικα από την πρύμνη.

Ένα πλοίο μπορεί να έχει μία, δύο ή περισσότερες έλικες. Αυτό εξαρτάται από την ισχύ που δίνεται στην έλικα σε συνδυασμό με τη διάμετρό της και από άλλους παράγοντες, όπως η ευελιξία και η αξιοπιστία. Συνηθισμένες περιπτώσεις εμπορικών πλοίων που έχουν δύο έλικες, είναι τα επιβατικά. Στα πολεμικά πλοία που έχουμε συνήθως μεγάλες ισχείς και ανάγκη για ευελιξία η χρησιμοποίηση δύο ελίκων αποτελεί κανόνα. Όπου υπάρχουν δύο έλικες η φορά περιστροφής τους είναι αντίθετη και συνήθως ***προς τα έξω,*** όπως φαίνεται στο σχήμα 6.13.

Ο αριθμός των πτερυγίων της έλικας κυμαίνεται συνήθως από 3–5, αλλά υπάρχουν και έλικες με δύο ή και με περισσότερα από πέντε πτερύγια.

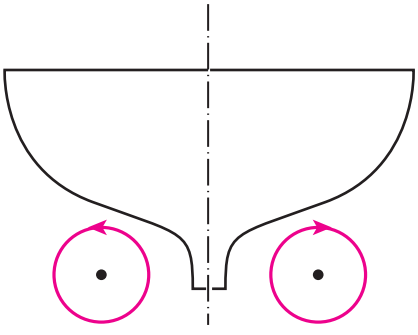
Στοιχεία από την ονοματολογία της έλικας βλέπουμε στο σχήμα 6.14.

Όπως φαίνεται από το σχήμα, ***όψη*** του πτερυγίου είναι η πλευρά που βλέπουμε από την πρύμνη. Η άλλη πλευρά ονομάζεται ***οπίσθια όψη.***

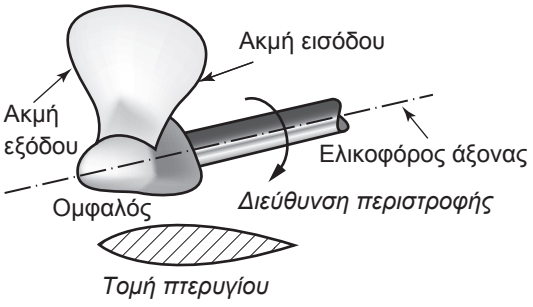
Ακμή εισόδου (leading edge), ονομάζεται η ακμή του πτερυγίου της πλευράς που ***μπαίνει*** στο νερό για περιστροφή της έλικας πρόσω. Η άλλη ακμή είναι η ***ακμή εξόδου*** (trailing edge).

Η μορφή των πτερυγίων περιγράφεται με τομές τους από ομοαξονικούς κυλίνδρους με άξονα που ταυτίζεται με τον άξονα της έλικας. Μία τέτοια τομή φαίνεται στο σχήμα 6.14. Επίσης στο ίδιο σχήμα φαίνεται και ο ***ομφαλός της έλικας.***

Η ισχύς που μπορεί να απορροφηθεί από την έλικα, εξαρτάται, με την προϋπό-



Σχ. 6.13
Συνήθης φορά περιστροφής ελίκων.



Σχ. 6.14
Ονοματολογία έλικας.

θεση ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι σταθεροί, από την επιφάνεια των πτερυγίων. Η επιφάνεια των πτερυγίων μπορεί να εκφρασθεί με την ***αναπτυγμένη επιφάνεια πτερυγίων*** που είναι το σύνολο των επιφανειών όψης των πτερυγίων. Άλλες επιφάνειες που χρησιμοποιούνται στην ορολογία των ελίκων είναι:

1) ***Η επιφάνεια δίσκου έλικας***, που είναι ίση με $\pi D^2/4$, όπου **D** η διάμετρος ενός κύκλου που εφάπτεται στα πτερύγια και έχει άξονα που συμπίπτει με τον άξονα της έλικας.

2) ***Η επιφάνεια προβολής των πτερυγίων***, που είναι το εμβαδόν της προβολής των πτερυγίων πάνω σε μία επιφάνεια κάθετη στον άξονα της έλικας.

Ιδιαίτερη σημασία για τη συμπεριφορά της έλικας παρουσιάζει και ο παρακάτω αδιάστατος αριθμός:

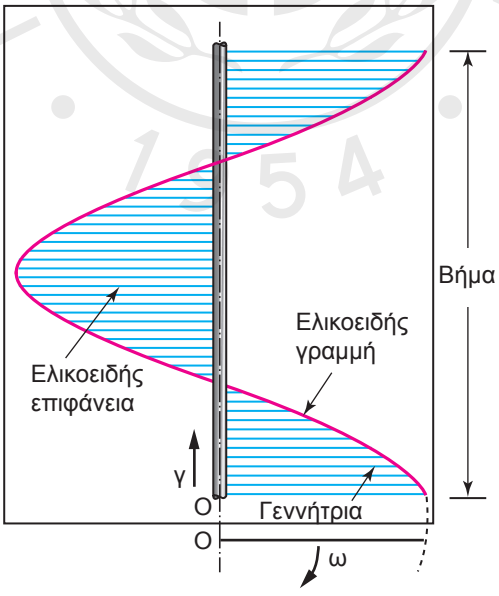
$$\text{BAR} = \text{Λόγος αναπτυγμένης επιφάνειας} = \frac{A_D}{A_0} = \frac{A_D}{\frac{\pi D^2}{4}} \qquad (52)$$

όπου: **D** η διάμετρος του δίσκου της έλικας σε m ή ft

$\mathbf{A_0}$ η επιφάνεια του δίσκου της έλικας σε m^2 ή ft^2

$\mathbf{A_D}$ η αναπτυγμένη επιφάνεια των πτερυγίων σε m^2 ή ft^2.

Μία πραγματική ελικοειδής επιφάνεια δημιουργείται από μία ευθεία, η οποία περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα κάθετο πάνω σε αυτήν και ταυτόχρονα μετακινείται παράλληλα κατά μήκος του άξονα περιστροφής (σχ. 6.15). Τόσο η ταχύτητα περιστροφής όσο και η ταχύτητα της μεταφοράς πρέπει να έχουν σταθερή τιμή σε συνάρτηση με τον χρόνο.



Σχ. 6.15
Γένεση ελικοειδούς επιφάνειας.

Βήμα της ελικοειδούς επιφάνειας ονομάζεται η απόσταση που διανύει η ευθεία κατά μήκος του άξονα περιστροφής, όταν πραγματοποιηθεί ένας πλήρης κύκλος.

Σε απλές έλικες η επιφάνεια όψης είναι μέρος μιας ελικοειδούς επιφάνειας. ***Βήμα της έλικας*** (pitch) είναι το βήμα αυτής της ελικοειδούς επιφάνειας.

Στις σύγχρονες έλικες, το βήμα μεταβάλλεται ομαλά κατά μήκος της ακτίνας ενός πτερυγίου. Στην περίπτωση αυτή ο όρος βήμα αναφέρεται σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο της ακτίνας.

Θεωρητικά η έλικα θα έπρεπε να προχωρεί μέσα στο νερό κατά απόσταση ίση με το βήμα P σε κάθε περιστροφή. Όμως μία έλικα που παράγει ώση, προχωρεί σε κάθε στροφή λιγότερο από P. Αυτό οδηγεί στον ορισμό δύο συντελεστών, του ***συντελεστή πραγματικής ολίσθησης και του συντελεστή φαινόμενης ολίσθησης,*** που ορίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\text{Συντελεστής πραγματικής ολίσθησης: } S_o = \frac{PN - V}{PN} \tag{53}$$

$$\text{Συντελεστής φαινόμενης ολίσθησης: } S_T = \frac{PN - V_a}{PN} \tag{54}$$

όπου: **P** το βήμα της έλικας σε m ή ft.
N οι στροφές της έλικας ανά λεπτό.
V η ταχύτητα του πλοίου (απόλυτη) σε σχέση με το βυθό σε m/min ή ft/min αντίστοιχα.
$\mathbf{V_a}$ η ταχύτητα του νερού που περιβάλλει στην έλικα σε m/min η πόδια ft/min αντίστοιχα. (ταχύτητα προχώρησης).

Η ταχύτητα V_a είναι μικρότερη από τη V στον ομόρου (απόνερα) του πλοίου. Οι δύο ταχύτητες συνδέονται με τη σχέση:

$$V_a = (1 - W) \times V \tag{55}$$

όπου: το (1 – W) ονομάζεται ***συντελεστής ομόρου,*** έχει τιμή μικρότερη από τη μονάδα και εξαρτάται από τη μορφή του πλοίου.

Παράδειγμα

Ένα πλοίο έχει έλικα με διάμετρο 4,5 m. Έχει εκτιμηθεί ότι ο συντελεστής ομόρου έχει τιμή 0,85. Όταν η έλικα στρέφει με 110 στροφές ανά λεπτό, το πλοίο (με βάση διαδοχικά στίγματα) βρέθηκε ότι κινείται με ταχύτητα 15 knots.

Να βρεθούν οι συντελεστές πραγματικής και φαινομενικής ολίσθησης.

Η ταχύτητα του πλοίου σε σχέση με το βυθό θα είναι:

$$V = 15 \frac{\text{μίλια}}{\text{ώρα}} \times 1852 \frac{\text{m}}{\text{μίλι}} \times \frac{1}{60} \times \frac{\text{ώρες}}{\text{λεπτά}} = 463 \frac{\text{m}}{\text{λεπτό}}$$

Από τη σχέση (55) θα έχουμε:

$$V_a = (1 - W)\, V = 0{,}85 \times 463 = 393{,}55 \frac{\text{m}}{\text{λεπτό}}$$

από τη σχέση (53) θα έχουμε:

$$S_o = \frac{P \times N - V}{P \times N} = \frac{(4,5)\,(110) - 463}{(4,5)\,(110)} = 0,065 \text{ ή } 6,5\%$$

Από τη σχέση (54) θα έχουμε:

$$S_T = \frac{P \times N - V_a}{P \times N} = \frac{(4,5)\,(110) - 393,55}{4,5 \times 110} = 0,204 \text{ ή } 20,4\%$$

6.11 Έλικες μεταβλητού βήματος

Ένα συνηθισμένο εμπορικό πλοίο ταξιδεύει τις περισσότερες φορές έμφορτο με τη μέγιστη ταχύτητά του. Αυτό συνεπάγεται κάποια σταθερότητα στις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος σκάφος-μηχανή-έλικα, που επιτρέπει την ιδανική σχεδίαση της έλικάς του, το σοβαρότερο μέρος της οποίας είναι η επιλογή του βήματος.

Σε άλλους τύπους πλοίων, όπως είναι τα ρυμουλκά ή τα αλιευτικά έχουμε δύο διαφορετικές καταστάσεις, στις οποίες μπορούν να λειτουργήσουν. Για παράδειγμα ένα ρυμουλκό πρέπει να είναι σε θέση να αναπτύσσει μεγάλη ταχύτητα σε κατάσταση ελεύθερου ταξιδιού ή μεγάλη ώση με μικρή ταχύτητα όταν ρυμουλκεί. Η ικανοποιητική αντιμετώπιση και των δύο αυτών καταστάσεων δεν είναι δυνατή με έλικα της οποίας τα πτερύγια είναι σταθερά.

Οι συνθήκες λειτουργίας μεταβάλλονται ακόμη και στα συνηθισμένα εμπορικά πλοία. Για παράδειγμα η κατάσταση με το πλοίο ερματισμένο (ballast) είναι διαφορετική από την κατάσταση του έμφορτου πλοίου. Επίσης το πλοίο όταν ρυπανθεί συμπεριφέρεται διαφορετικά (από πλευράς αντίστασης) από ό,τι όταν είναι καθαρό.

Όλες οι παραπάνω ανάγκες μπορούν να αντιμετωπισθούν ικανοποιητικά με τις ***έλικες μεταβαλλόμενου βήματος.***

Στις έλικες αυτές με ειδικό μηχανισμό που μπορεί να ενεργοποιείται υδραυλικά μέσω του άξονα, είναι δυνατή η μεταβολή της γωνίας σφήνωσης των πτερυγίων και επομένως του βήματος. Έτσι είναι δυνατή η προσαρμογή του βήματος σωστά στις εκάστοτε απαιτήσεις με αποτέλεσμα βελτιωμένους βαθμούς απόδοσης.

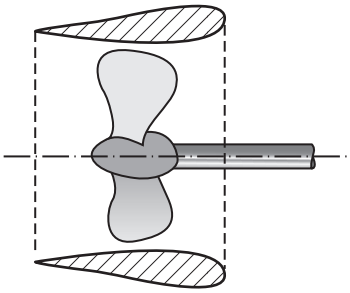
Το βήμα μπορεί ακόμη να ***μηδενισθεί,*** οπότε το πλοίο ακινητεί έστω και αν στρέφει η μηχανή του ή και να αναστρέφεται, οπότε το πλοίο μπορεί να κινηθεί ανάποδα χωρίς αλλαγή της φοράς περιστροφής της μηχανής. Η δυνατότητα αυτή δίνει μεγάλη ευελιξία στο πλοίο και βοηθά στην απλοποίηση του συστήματος πρόωσής του. Ιδιαίτερη σημασία από αυτή την άποψη έχει η έλικα μεταβλητού βήματος στα στροβιλοκίνητα πλοία, επειδή ο στρόβιλος μπορεί να περιστρέφεται μόνο προς μία διεύθυνση. Χωρίς έλικα μεταβλητού βήματος στην περίπτωση αυτή θα ήταν απαραίτητη η ύπαρξη ενός άλλου στροβίλου του λεγόμενου ***στροβίλου του ανάποδα***.

6.12 Έλικες μέσα σε σήραγγα

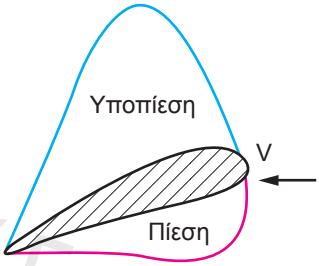
Οι έλικες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που το φορτίο

(στην έλικα) είναι μεγάλο και έχουν βελτιωμένο βαθμό απόδοσης σε αυτές τις περιπτώσεις.

Συνηθισμένες περιπτώσεις χρησιμοποίησης ελίκων με σήραγγα είναι τα ρυμουλκά. Σκαριφηματικά μία τέτοια έλικα απεικονίζεται στο σχήμα 6.16.



Σχ. 6.16
Έλικα σε σήραγγα.



Σχ. 6.17
Πίεση και υποπίεση σε τομή πτερυγίου.

6.13 Σπηλαίωση

Κατά τη λειτουργία της έλικας η ώση δημιουργείται ως αποτέλεσμα της πίεσης που ασκείται στην όψη του πτερυγίου και της υποπίεσης που δημιουργείται στην οπίσθια όψη (σχ. 6.17). Η υποπίεση αυτή σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να γίνει τόσο χαμηλή (σε μικρό βάθος από την επιφάνεια), ώστε να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία φυσαλίδων από την ατμοποίηση του θαλάσσιου νερού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ***σπηλαίωση*** (cavitation). Στην αρχή η σπηλαίωση εμφανίζεται στο άκρο του πτερυγίου και στη συνέχεια επεκτείνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια της οπίσθιας όψης. Επίσης σπηλαίωση μπορεί να δημιουργηθεί σε τοπικές ανωμαλίες που παρουσιάζονται στη ρίζα του πτερυγίου. Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατή η δημιουργία σπηλαίωσης και στην όψη του πτερυγίου.

Οι φυσαλίδες δημιουργούν μία ελάττωση της απόδοσης της έλικας. Επί πλέον μπορούν να παρασυρθούν σε περιοχές υψηλότερης πίεσης και να συνθλιβούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία:

1) Θορύβου, ο οποίος είναι ανεπίτρεπτος στα πολεμικά πλοία, γιατί αποκαλύπτει τη θέση του πλοίου.

2) Μηχανικής καταπόνησης στο υλικό της έλικας που δημιουργεί φθορές.

Σε μερικές περιπτώσεις, όπως είναι μικρά ταχύπλοα πλοία με υψηλό αριθμό στροφών έλικας, η έντονη σπηλαίωση είναι αναπόφευκτη. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι λεγόμενες έλικες με ***πλήρη σπηλαίωση.*** Τέτοιες έλικες στις οποίες η οπίσθια όψη καλύπτεται τελείως από σπηλαίωση χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ταχύτητες (της τάξης των 50 knots).

6.14 Σύγκριση του βαθμού απόδοσης διάφορων τύπων ελίκων

Στην παράγραφο 6.7.2 είδαμε ότι ο συντελεστής πρόωσης του πλοίου επηρεάζεται πολύ έντονα από τον βαθμό απόδοσης της έλικας.

Ο βαθμός απόδοσης καλά σχεδιασμένων ελίκων έχει ορισμένα όρια μέσα στα οποία μεταβάλλεται. Τα όρια αυτά εξαρτώνται από:

1) Το είδος της έλικας και

2) τον βαθμό με τον οποίο η έλικα είναι φορτωμένη.

Ο βαθμός με τον οποίο η έλικα είναι φορτωμένη μπορεί να φανεί από μία παράμετρο που δίνεται από τη σχέση:

$$B_p = \frac{N \times \sqrt{DHP}}{V_a^{2,5}} \qquad (56)$$

όπου: **N** ο αριθμός στροφών της έλικας ανά λεπτό

DHP η ισχύς που δίνεται στην έλικα και

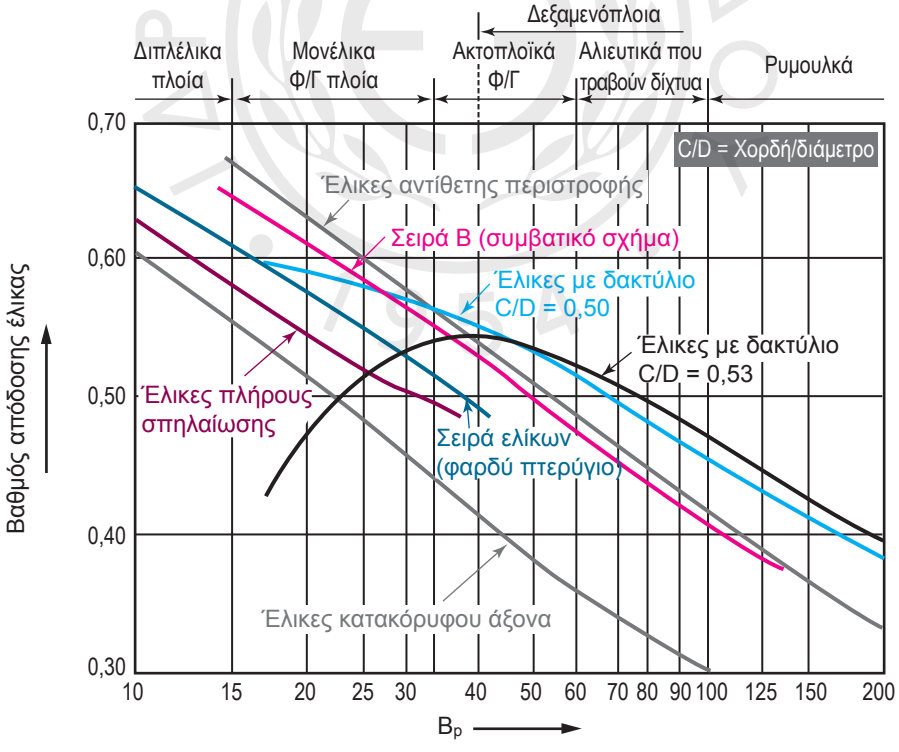
$\mathbf{V_a}$ = (1 – w)V σε κόμβους, όπου **V** η ταχύτητα του πλοίου.

Στο σχήμα 6.18 φαίνεται η μεταβολή του βαθμού απόδοσης διαφόρων τύπων ελίκων σε συνάρτηση με τη μεταβολή της παραμέτρου B_p. Στο σχήμα αυτό φαίνεται:

1) Η μείωση του βαθμού απόδοσης σε όλους (σχεδόν) τους τύπους ελίκων με την αύξηση του B_p.

2) Το πλεονέκτημα της έλικας με σήραγγα στις μεγάλες τιμές του B_p (μεγάλο φορτίο έλικας).

3) Ο χαμηλός συγκριτικά βαθμός απόδοσης των ελίκων με κατακόρυφο άξονα.



Σχ. 6.18
Μεταβολή βαθμού απόδοσης ελίκων.

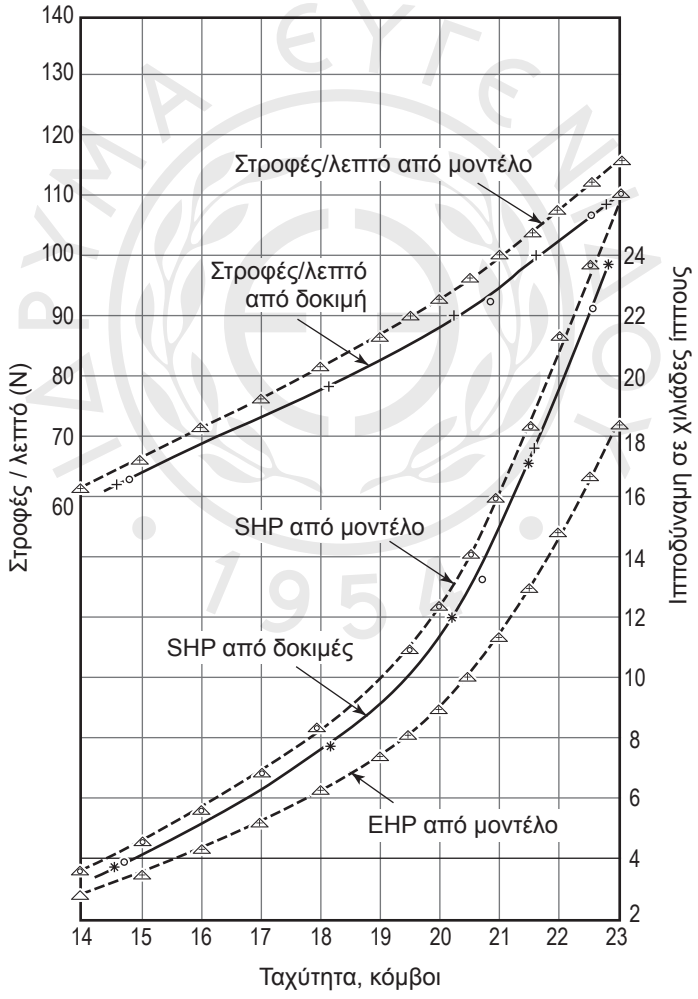
6.15 Σχέσεις ταχύτητας – ιπποδύναμης – κατανάλωσης – στροφών

Η γνώση των σχέσεων μεταξύ των παραπάνω μεγεθών είναι απόλυτα απαραίτητη για τον χειριστή του πλοίου, γιατί τον βοηθά να αντιλαμβάνεται τις επιπτώσεις των αποφάσεών του, κυρίως στην επιλογή της ταχύτητας ενός ταξιδιού.

Οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να βρεθούν στην τελική τους μορφή, με τις δοκιμές παραλαβής του πλοίου. Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών δίνονται σε μορφή καμπυλών ή πινάκων και τα στοιχεία που δίνουν είναι ακριβή μόνο όταν το πλοίο βρίσκεται σε κατάσταση ανάλογη με εκείνη των δοκιμών παραλαβής.

Μία δέσμη από τέτοιες καμπύλες για ένα πλοίο φαίνεται στο σχήμα 6.19.

Από τις καμπύλες αυτές είναι εύκολο να βρούμε την ταχύτητα του πλοίου όταν



Σχ. 6.19
Καμπύλες ιπποδύναμης ταχύτητας στροφών.

η έλικα στρέφει με ορισμένο αριθμό στροφών ανά λεπτό, καθώς και την αντίστοιχη ιπποδύναμη της μηχανής. Για παράδειγμα, όταν η έλικα στρέφει με 90 στροφές το λεπτό, το πλοίο (πάντα στην κατάσταση δοκιμών) αναπτύσσει ταχύτητα 20,2 κόμβους και η μηχανή του αποδίδει περίπου 12.000 ίππους.

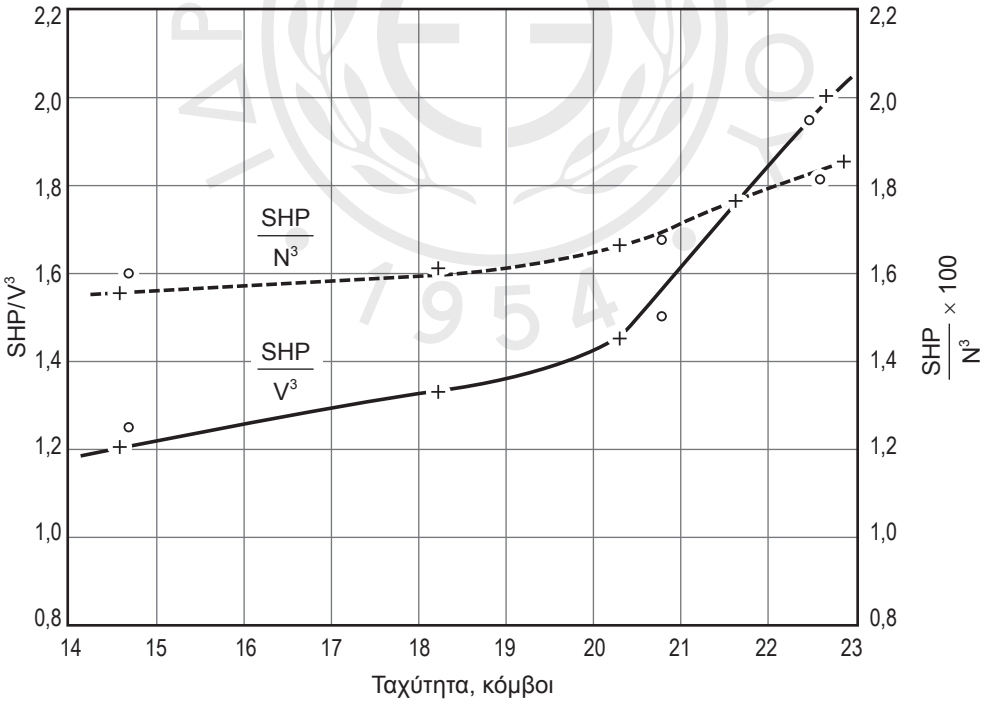
Στο σχήμα 6.20 φαίνεται (για το ίδιο πλοίο) η μεταβολή των μεγεθών SHP/N^3 και SHP/V^3, όπου το N παριστάνει τις στροφές της έλικας ανά πρώτο λεπτό και το V την ταχύτητα του πλοίου. Από το σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι:

1) Στην περιοχή μέχρι 19 knots περίπου, η παράμετρος SHP/N^3 έχει σχεδόν σταθερή τιμή. Με απλά λόγια αυτό σημαίνει ότι η ***ιπποδύναμη μεταβάλλεται με τον κύβο των στροφών.*** Για μεγαλύτερες ταχύτητες η ιπποδύναμη είναι ανάλογη με μεγαλύτερη από τον κύβο δύναμη των στροφών ανά λεπτό.

2) Στην περιοχή από 14 ως 19 knots περίπου, η παράμετρος SHP/V^3 έχει ελαφρά αυξανόμενη τιμή. Αυτό σημαίνει πάλι ότι η ***ιπποδύναμη μεταβάλλεται σε αυτήν την περιοχή με τον κύβο περίπου της ταχύτητας.***

Για μεγαλύτερες ταχύτητες η ιπποδύναμη είναι ανάλογη με μεγαλύτερη από τον κύβο δύναμη της ταχύτητας. Το αντίθετο συμβαίνει για μικρότερες ταχύτητες.

Εξάλλου από το σχήμα 6.19 προκύπτει ότι τα μεγέθη στροφές ανά λεπτό και ταχύτητα είναι σχεδόν ανάλογα.



Σχ. 6.20
Μεταβολή των SHP/N^3 και SHP/V^3 με την ταχύτητα.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι ***προσεγγιστικά*** ισχύουν για κάθε πλοίο οι σχέσεις:

$$V \simeq K \times N \quad (57)$$

$$SHP \simeq K_1 N^3 \quad (58)$$

$$SHP \simeq K_2 V^3 \quad (59)$$

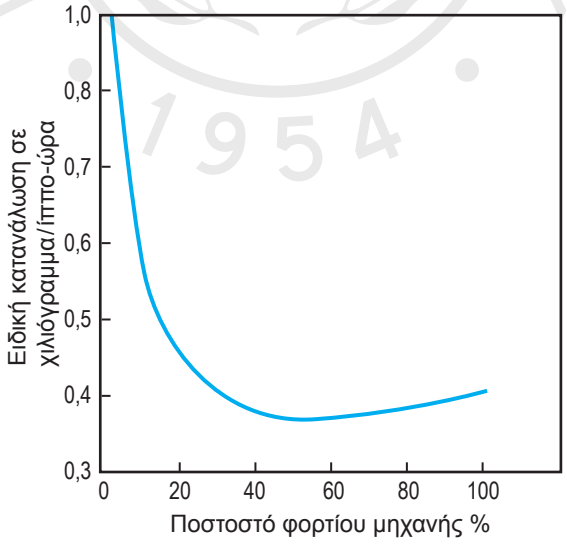
όπου: τα **K, K_1, K_2** είναι ***σχεδόν*** σταθερές για ένα πλοίο, μεταβάλλονται όμως πολύ από πλοίο σε πλοίο.

Από τα παραπάνω βλέπουμε το μεγάλο τίμημα που χρειάζεται να πληρωθεί στις μεγάλες ταχύτητες. Για παράδειγμα 10% αύξηση στην ταχύτητα (και τις στροφές ανά λεπτό) ενός πλοίου σημαίνει αύξηση στην ιπποδύναμη της τάξης του 45% περίπου, γιατί:

$$\frac{(SHP)_1}{(SHP)} = \left(\frac{V_1}{V}\right)^3 = (1{,}1)^3 = 1{,}4641$$

Στο σχήμα 6.21 βλέπουμε μία τυπική μεταβολή της ειδικής κατανάλωσης της μηχανής ενός πλοίου (κατανάλωση ανά ίππο και ώρα) σε συνάρτηση με το ποσοστό της μέγιστης ιπποδύναμης που αποδίδει η μηχανή. Τα στοιχεία του σχήματος αυτού προκύπτουν είτε από μετρήσεις στις δοκιμές είτε με υπολογισμούς χρησιμοποιώντας στοιχεία του πλοίου και της μηχανής.

Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι η ειδική κατανάλωση είναι πολύ υψηλή σε ποσοστό ισχύος της μηχανής μέχρι 20%, ενώ παραμένει σχεδόν σταθερή για μεγαλύτερα ποσοστά ισχύος. Στην περιοχή αυτή που η ειδική κατανάλωση είναι σταθερή, η



Σχ. 6.21
Μεταβολή ειδικής κατανάλωσης σε συνάρτηση με το φορτίο της μηχανής.

κατανάλωση της κύριας μηχανής ανά μίλι είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας του πλοίου. Για παράδειγμα, αύξηση της ταχύτητας κατά 10% συνεπάγεται αύξηση της κατανάλωσης της κύριας μηχανής κατά 20% περίπου ($1,1^2$).

Με τα παραπάνω στοιχεία και με δεδομένο φόρτο καυσίμων και κατανάλωση ανά ώρα των ηλεκτρομηχανών είναι δυνατό να υπολογισθεί η ***ακτίνα ενέργειας του*** πλοίου στις διάφορες ταχύτητες.

Παράδειγμα

Να βρεθεί η ακτίνα ενέργειας του πλοίου για το οποίο ισχύουν τα στοιχεία των σχημάτων 6.19 και 6.21 στην περιοχή ταχυτήτων 14 ως 22 knots. Η καταναλωση των ηλεκτρομηχανών να ληφθεί ίση με 200 kg/h. Η συνολική ποσότητα πετρελαίου του πλοίου είναι 1500 τόνοι και η μέγιστη ισχύ της κύριας μηχανής 25.000 ίπποι.

Οι σχετικοί υπολογισμοί φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 6.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4

ΣΤΗΛΗ 1	ΣΤΗΛΗ 2	ΣΤΗΛΗ 3	ΣΤΗΛΗ 4	ΣΤΗΛΗ 5	ΣΤΗΛΗ 6	ΣΤΗΛΗ 7	ΣΤΗΛΗ 8	ΣΤΗΛΗ 9
Ταχύτητα (knots)	SHP από (σχ. 6.19)	Ποσοστό ισχύος (στήλη 2)/ 25000	Ειδική κατανάλωση kg ανά ίππο και ώρα (σχ. 6.21)	Κατανάλωση κύριας μηχανής σε kg ανά ώρα (στήλη 2 × 4)	Κατανάλωση ηλεκτρομηχανής σε kg ανά ώρα	Συνολική κατανάλωση σε kg ανά ώρα (στήλη 5+6)	Ώρες εν πλω 1.500.000/ (στήλη 7)	Μίλια (στήλη 1 × 8)
14	3100	0,124	0,54	1674	200	1874	800	11.200
16	5100	0,204	0,43	2193	200	2393	629	10.064
18	7800	0,312	0,40	3120	200	3320	452	8136
20	11.200	0,448	0,37	4144	200	4344	345	6900
22	20.000	0,800	0,38	7600	200	7800	192	4224

Από τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι η απόσταση που μπορεί να διανύσει το πλοίο με τους 1500 t πετρελαίου σε ταχύτητα 22 knots είναι λιγότερο από το μισό εκείνης που μπορεί να διανύσει με ταχύτητα 14 knots.

Φυσικά η οικονομία καυσίμων δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη στις μεταφορές. Άλλοι παράγοντες, όπως ο ανταγωνισμός, οι απαιτήσεις χρονοναύλωσης ή οι μισθοί του πληρώματος, μπορεί να καθιστούν τη μέγιστη ταχύτητα απαραίτητη ή πιο συμφέρουσα οικονομικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Συμπεριφορά πλοίου σε κυματισμό

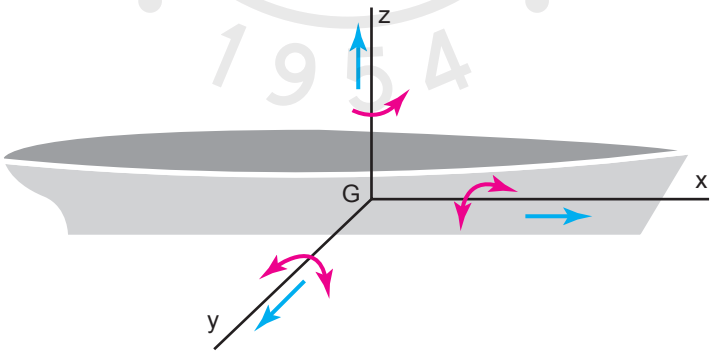
7.1 Γενικά

Με τον όρο ***κινήσεις πλοίου*** εννοούνται οι ταλαντώσεις του πλοίου που πραγματοποιούνται σε ήρεμο νερό ή κύματα.

Στην πράξη μεγάλη σημασία έχουν οι κινήσεις που πραγματοποιεί ένα πλοίο σε θαλασσοταραχή. Επειδή όμως η μελέτη αυτής της κατάστασης είναι εξαιρετικά δύσκολη, έχει επικρατήσει, όπως και στη μελέτη άλλων φυσικών φαινομένων, να προσεγγίζουμε το πρόβλημα προοδευτικά, κάνοντας στην αρχή μερικές επιβοηθητικές απλουστεύσεις. Μια τέτοια απλούστευση είναι η μελέτη των κίνησης του πλοίου σε ήρεμο νερό.

Κατά τη ναυσιπλοΐα μπορούμε να καθορίσουμε τη θέση και την πορεία ενός πλοίου χρησιμοποιώντας ένα σύστημα συντεταγμένων OXYZ σταθερά προσαρμοσμένο πάνω στη γη και στον χάρτη της περιοχής.

Αντίθετα για την περιγραφή των πιθανών κινήσεων ενός πλοίου σε θαλασσοταραχή, είναι απαραίτητο να θεωρήσουμε σταθερά τοποθετημένο πάνω σε αυτό ένα άλλο σύστημα συντεταγμένων Gxyz. Ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται στο σχήμα 7.1. Το σύστημα έχει ως αρχή των συντεταγμένων το κέντρο βάρους του πλοίου και κινείται (ταξιδεύει) μαζί με το πλοίο.



Σχ. 7.1
Άξονες συντεταγμένων πλοίου.

Οι κινήσεις που μπορεί γενικά να πραγματοποιήσει ένα πλοίο σχετικά με το σύστημα Gxyz, μπορούν να καταταγούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1) Κινήσεις μεταφοράς κατά τους τρεις άξονες.

2) Κινήσεις περιστροφής γύρω από τους τρεις άξονες:

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το πλοίο μπορεί γενικά να πραγματοποιήσει έξι (6) κινήσεις, δηλαδή έχει, όπως συνηθίζεται να λέμε, ***έξι βαθμούς ελευθερίας.*** Θεωρητικά καθεμιά από τις παραπάνω κινήσεις μπορεί να είναι σταθερή σε συνάρτηση με τον χρόνο, όπως είναι η κίνηση του πλοίου πρόσω ή μεταβαλλόμενη.

Στη στατική θεώρηση του πλοίου εξετάζουμε:

1) Τη γραμμική μετακίνησή του κατά τον άξονα z, δηλαδή την ***παράλληλη βύθιση*** ή ***αποβύθιση.***

2) Τη στροφή γύρω από τον άξονα x, δηλαδή την ***εγκάρσια κλίση (Heel)***.

3) Τη στροφή γύρω από τον άξονα y, που έχομε ονομάσει ***διαγωγή (Trim).*** Στη μελέτη της πρόωσης του πλοίου μας ενδιαφέρουν κυρίως οι σταθερές, σε συνάρτηση με τον χρόνο, κινήσεις του πλοίου κατά τον άξονα x που ονομάζουμε ***κίνηση πρόσω*** ή ***κίνηση ανάποδα.***

Στη μελέτη της στροφής του πλοίου εξετάζεται η κίνησή του γύρω από τον άξονα z που λέγεται ***στροφή*** και που συνοδεύεται πάντοτε και από μία κίνηση κατά μήκος του άξονα y, την ***έκπτωση.***

Οι μεταβαλλόμενες σε συνάρτηση με τον χρόνο κινήσεις του πλοίου σε θαλασσοταραχή (ταλαντώσεις) είναι οι:

1) Διαμήκης ταλάντωση κατά τον άξονα x (Surge).

2) Εγκάρσια ταλάντωση κατά τον άξονα y (Sway).

3) Κατακόρυφη ταλάντωση κατά τον άξονα z η ***ταλάντωση εμβάπτισης*** (Heave).

4) Στροφική ταλάντωση γύρω από τον άξονα x η ***διατοιχισμός*** (Roll).

5) Στροφική ταλάντωση γύρω από τον άξονα y η ***προνευτασμός*** (Pitch).

6) Στροφική ταλάντωση γύρω από τον άξονα z (Yaw).

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τον διατοιχισμό, προνευτασμό και τις ταλαντώσεις εμβάπτισης.

Σε καταστάσεις κυματισμού σπάνια μία από τις παραπάνω τρεις κινήσεις εμφανίζεται μόνη. Συνήθως συνυπάρχουν και οι τρεις σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Όπως θα δούμε όμως στα επόμενα η μελέτη των κινήσεων αυτών γίνεται χωριστά για λόγους μεγαλύτερης απλούστευσης.

7.2 Τα μειονεκτήματα από τις κινήσεις του πλοίου

Για δύο βασικούς λόγους επιβάλλεται η μελέτη των κινήσεων ενός πλοίου. Ο πρώτος αποβλέπει στο να σχεδιασθεί το πλοίο κατά τέτοιον τρόπο, ώστε τα μειονεκτήματα από τις κινήσεις του να είναι όσο το δυνατό πιο ασήμαντα. Ο δεύτερος λόγος αποσκοπεί στο να αποφεύγονται χειρισμοί στη θάλασσα κατά την πλεύση, που θα έχουν ως συνέπεια την επιδείνωση των κινήσεων του πλοίου. Στο βιβλίο αυτό το θέμα των κινήσεων εξετάζεται περισσότερο ***σε συνάρτηση με τον δεύτερο λόγο.***

Τα μειονεκτήματα από τις κινήσεις του πλοίου σε καταστάσεις κυματισμού μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

1) Πιθανότητα ανατροπής του πλοίου ως αποτέλεσμα υπερβολικής εγκάρσιας κλίσης κατά τον διατοιχισμό.

2) Πιθανότητα να υπάρξει κατασκευαστική αστοχία του πλοίου ή των υποσυστημάτων του, λόγω των πρόσθετων καταπονήσεων που οφείλονται στις κινήσεις του.

3) Μετακινήσεις φορτίων που έχουν ως επακόλουθο νέα επιδείνωση της κατάστασης.

4) Κάλυψη του καταστρώματος με νερά λόγω προνευτασμου ή και λόγω διατοιχισμού.

5) Προβλήματα στην κανονική λειτουργία των συστημάτων του πλοίου (π.χ. ξενέρισμα της προπέλας).

6) Ελάττωση της ταχύτητας λόγω της αυξημένης αντίστασης που οφείλεται στον κυματισμό.

7) Ναυτία σε επιβάτες και πλήρωμα.

Φυσικά όλα τα παραπάνω μειονεκτήματα δεν έχουν την ίδια πιθανότητα εμφάνισης σε όλα τα πλοία. Για παράδειγμα, σε ένα μεγάλο πλοίο με πολλά έξαλα έχουμε πολύ μικρή πιθανότητα ανατροπής. Αντίθετα σ' ένα μικρό πλοίο, οι πιθανότητες ανατροπής λόγω διατοιχισμού είναι πιο μεγάλες.

Οι υποκειμενικοί όροι που συχνά χρησιμοποιούνται, όπως ***καλοθάλασσο πλοίο*** ή ***πλοίο με ναυτικές αρετές,*** στην πραγματικότητα θέλουν να δείξουν ότι το πλοίο που έχει αυτά τα προσόντα, σε ίδιες ακριβώς συνθήκες θαλασσοταραχής, κάνει μικρότερες και πιο ομαλές κινήσεις από ένα άλλο πλοίο με χαμηλότερες τέτοιες επιδόσεις. Το μικρό μέγεθος και η ομαλότητα των κινήσεων έχουν ευμενείς επιπτώσεις στην ευστάθεια, αντίσταση και ευελιξία του πλοίου όταν ταξιδεύει σε κατάσταση θαλασσοταραχής.

7.3 Ο σχηματισμός του κύματος

Με τον όρο ***κύμα*** εκφράζουμε κάθε κορυφή και κοιλάδα που δημιουργείται στην επίπεδη επιφάνεια του νερού και φαίνεται σαν να ταξιδεύει πάνω σ' αυτήν. Κύματα μπορούν να δημιουργηθούν από διάφορες αιτίες, όπως είναι ο άνεμος, η διέλευση ενός πλοίου, η έλξη της σελήνης και ο σεισμός. Η συνηθέστερη πάντως αιτία δημιουργίας του κύματος είναι ο άνεμος.

Η κίνηση του κύματος οφείλεται στη συνεχή μεταβολή της μορφής της επιφάνειας του νερού και όχι σε πραγματική μεταφορά μαζών κατά την κατεύθυνση της κίνησης.

Στην απλούστερη μορφή τους τα κύματα αρχίζουν να δημιουργούνται με την πνοή του ανέμου και δείχνουν ότι κινούνται παράλληλα προς την κατεύθυνσή του ή το πολύ προς την κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία 45° με τη διεύθυνση του ανέμου. Στην αρχή το ύψος του κύματος είναι μικρό και η κλίση του προς την πλευράς του άνεμου είναι πιο απότομη από ό,τι στην άλλη πλευρά. Οι κορυφές του κύματος σπάνε και σχηματίζουν αφρό και το ύψος αυξάνεται προοδευτικά, εφόσον διατηρείται η πνοή του άνεμου. Το ύψος που μπορεί να αποκτήσει το κύμα έχει κάποιο όριο πέρα από το οποίο δεν είναι δυνατή η αύξησή του.

Αποθάλασσα ονομάζεται η κατάσταση του κυματισμού όταν έχει σταματήσει η πνοή του ανέμου. Στην κατάσταση αυτή οι συνιστώσες του κύματος που έχουν τα μικρότερα μήκη και ύψη υφίστανται (προοδευτικά) απόσβεση (μείωση μεγέθους) πρώτες, ενώ οι συνιστώσες με μεγάλα μήκη και ύψη παραμένουν για αρκετό χρόνο και εμφανίζονται και σε σχετικά μεγάλη απόσταση από την περιοχή που έπνεε ο άνεμος. Στο τέλος παραμένει μόνο ένα μεγάλο ***κανονικό κύμα.*** Κοντά στην ξηρά και όταν το βάθος της θάλασσας γίνει μικρότερο από το μισό μήκος κύματος, σχηματίζονται κύματα με μεγάλο ύψος.

Στο σχήμα 7.2 φαίνεται τομή κανονικού κύματος. Με βάση το σχήμα αυτό ορίζουμε τα παρακάτω ***γεωμετρικά στοιχεία του κύματος.***

1) ***Ύψος κύματος (Η).*** Είναι η απόσταση μεταξύ κορυφής και κοιλάδας.

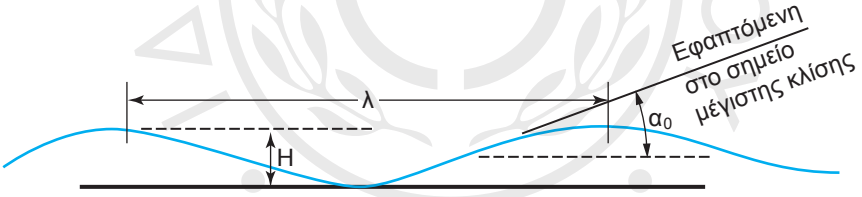
2) ***Μήκος κύματος (λ).*** Είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών η δύο διαδοχικών κοιλάδων.

3) ***Μέγιστη κλίση (α_0).*** Είναι η μέγιστη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εφαπτόμενης στο κύμα και της οριζόντιας.

4) ***Ταχύτητα του κύματος (C).*** Είναι η απόσταση που ***φαίνεται*** να διανύει μία κορυφή ανά δευτερόλεπτο.

5) ***Περίοδος κύματος (τ).*** Είναι ο χρόνος που μεσολαβεί για να περάσουν μπροστά από έναν ακίνητο παρατηρητή δύο διαδοχικές κορυφές.

Ένα χαρακτηριστικό επίσης στοιχείο του κύματος είναι ο λόγος Η/λ.



Σχ. 7.2
Τομή κανονικού κύματος

Οι σχέσεις που συνδέουν μεταξύ τους τα παραπάνω στοιχεία (το δεύτερο σκέλος της ισότητας ισχύει μόνο στο ***μετρικό*** σύστημα) είναι:

$$\tau = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}} \simeq 0{,}8\sqrt{\lambda} \qquad (60)$$

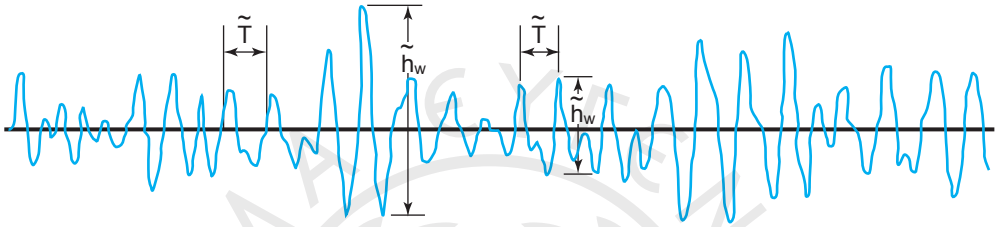
$$C = \frac{\lambda}{\tau} = \sqrt{\frac{g}{2\pi}} \times \lambda \simeq 1{,}25\sqrt{\lambda} \qquad (61)$$

$$\alpha_o = \frac{\pi H}{\lambda} \qquad (62)$$

Στις παραπάνω σχέσεις:
Το **τ** εκφράζεται σε s.
Το **λ** και το H σε m ή ft.
Το **g** σε m ή ft/s^2 (9,81 m/s^2 ή 31,2 ft/s^2) και
το α_0 σε άκτίνια (rad).

7.4 Στατιστική παρουσίαση της θαλασσοταραχής

Μία τυπική εικόνα της μεταβολής του κύματος σε μία περιοχή φαίνεται στο σχήμα 7.3.



Σχ. 7.3
Τυπική μορφή κυματισμού.

Στο σχήμα αυτό είναι:
1) $\tilde{T}$ η ***φαινόμενη*** (apparent) περίοδος μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών.
2) $\tilde{h}_w$ το στιγμιαίο ύψος μεταξύ μιας κορυφής και της κοιλιάς που ακολουθεί μετά από αυτή.

Αν και μια εικόνα του κύματος που θα παίρναμε στην ίδια περιοχή μετά από λίγα δευτερόλεπτα θα διέφερε από αυτή του σχήματος 7.3, έχει βρεθεί όμως ότι ορισμένες πληροφορίες ***στατιστικής μορφής*** μπορούν να χαρακτηρίσουν αρκετά καλά την κατάσταση της θάλασσας σε μια περιοχή. Πιο σωστά, η κατάσταση της θάλασσας μπορεί να παρασταθεί με τα λεγόμενα ***φάσματα*** (sea-sprectra) των οποίων η περιγραφή ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου. Η αντιστοιχία μεταξύ έντασης ανέμου-κατάστασης θάλασσας και βασικών ιδιοτήτων του κύματος δίνεται στον πίνακα 7.1. Οι πληροφορίες του πίνακα, οι οποίες έχουν στατιστικό χαρακτήρα, είναι σωστές μόνο για πολύ ανοικτές περιοχές. Σε κλειστές περιοχές, κυρίως λόγω ανακλάσεων του κύματος στις πλησιέστερες στεριές, δημιουργούνται συγκεχυμένες καταστάσεις κυματισμού και έτσι οι αντιστοιχίες που φαίνονται στον πίνακα 7.1 δεν είναι ακριβείς.

7.5 Δυνάμεις που επενεργούν στο πλοίο σε κατάσταση θαλασσοταραχής

Στη στατική θεώρηση της ισορροπίας του πλοίου είδαμε ότι πάνω σε αυτό επενεργούν δύο δυνάμεις μόνο, το βάρος και η άντωση, που είναι ίσες και δρουν πάνω στον ίδιο κατακόρυφο φορέα.

Όταν το πλοίο κινείται σε θαλασσοταραχή, η κατάσταση είναι αρκετά πιο συγκεχυμένη. Αν θεωρήσουμε ότι ένα ακίνητο από πλευράς ταλαντώσεων πλοίο τίθεται σε ταλάντωση (π.χ. διατοιχισμό), δημιουργούνται δυνάμεις απόσβεσης λόγω:

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ												
	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΑΝΕΜΟΣ		ΘΑΛΑΣΣΑ								
Κατάσταση θάλασσας	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Μποφόρ	Περιοχή ταχύτητας (κόμβοι)	Ταχύτητα ανέμου (κόμβοι)	Ύψος κύματος (πόδια)			Εύρος των πιο σημαντικών περιόδων (s)	Μέση περίοδος (s)	Μέσο μήκος κύματος (ft)	Ελάχιστη περιοχή που διανύει το κύμα (ν.μ.)	Ελάχιστος χρόνος διάρκειας ώρες
					Μέσο	Πιο σημαντικό	Μέσο του 1/10 των μεγαλύτερων ύψους κυμάτων					
0	Η θάλασσα σαν καθρέφτης.	0	<1	0	0	0	0	–	–	–	–	–
	Ασπρίσματα χωρίς αφρό.	1	1-3	2	0,05	0,08	0,10	<1,2	0,5	0,8	5	0,3
1	Κορυφές μικρού μήκους που δεν σπάνε.	2	4-6	5	0,18	0,29	0,37	0,4-2,8	1,4	6,7	8	0,6
	Κορυφές μικρού μήκους που αρχίζουν να σπάνε.	3	7-10	8,5	0,6	1,0	1,2	0,8-5,0	2,4	20	9,8	1,7
2				10	0,88	1,4	1,8	1-6	2,0	27	10	2,4
	Μικρά κύματα.	4	11-16	12	1,4	2,2	2,8	1-7	3,4	40	18	3,8
				13,5	1,8	2,9	3,7	1,4-7,6	3,9	52	24	4,8
3				14	2,0	3,3	4,2	1,5-7,8	4,0	59	28	5,2
				16	2,9	4,6	5,8	2-8,8	9,6	71	90	6,6
4	Μέτρια κύματα (μικρή πιθανότητα ομίχλης από το νερό της θάλασσας).	5	17-21	18	3,8	6,1	7,8	2,5-10	5,1	90	55	8,3
				19	4,3	6,9	8,7	2,8-10,6	5,9	90	65	9,2
5				20	5,0	8,0	10	3,0-11,1	5,7	111	75	10
	Αρχίζουν να σχηματίζονται μεγάλα κύματα και ίσως λίγη ομίχλη από το νερό του κύματος.	6	22-27	22	6,4	10,0	13	3,4-12,2	6,3	134	100	12
				24	7,9	12	16	3,7-13,5	6,8	160	130	14
6				24,5	8,2	13	17	3,8-13,6	7,0	164	140	15
				26	9,6	15	20	4-14,5	7,4	188	180	17
	Αύξηση του ύψους και σχηματισμός αφρού. Σπάσιμο της κορυφής του κύματος.	7	28-33	28	11	18	23	4,5-15,5	7,9	212	230	20
7				30	14	22	28	4,7-16,7	8,6	250	280	23
				30,5	14	23	29	4,8-17	8,7	258	290	24
				32	16	26	33	5-17,5	9,1	285	340	27
	Μέτρια υψηλό κύμα. Ο αφρός κινείται εμφανώς κατά τη διεύθυνση του κύματος.	8	34-40	34	19	30	38	5,5-18,5	9,7	322	420	30
				36	21	35	44	5,8-19,7	10,3	363	500	34
				37	23	37	46,7	6-20,5	10,5	376	530	37
				38	25	40	50	4,2-20,8	10,7	392	600	38
8				40	28	45	58	6,5-21,7	11,4	444	710	42
	Κύματα μεγάλου ύψους Στροβιλισμός Επίδραση στην ορατότητα.	9	41-47	42	31	50	64	7-23	12	492	830	47
				44	36	58	73	7-24,2	12,5	534	960	52
9				46	40	64	81	7-25	13,1	590	1110	57
	Πολύ ψηλά κύματα Έντονος αφρός Έντονος στροβιλισμός Επίδραση στην ορατότητα.	10	48-55	48	44	71	90	7,5-26	13,8	650	1250	63
				50	49	78	99	7,5-27	14,3	700	1410	63
				51,5	52	83	106	8-28,2	14,7	736	1560	73
				52	54	87	110	8-28,5	14,8	750	1610	75
				54	59	95	121	8-29,5	15,4	810	1800	81
	Εξαιρετικά ψηλά κύματα Η θάλασσα τελείως σκεπασμένη από αφρό. Επίδραση στην ορατότητα.	11	56-63	56	64	103	130	8,5-31	16,3	910	2100	88
				59,5	73	116	148	10-32	17,0	985	2500	101
	Ο αέρας γεμάτος αφρό και ομίχλη. Πολύ σοβαρή επίδραση στην ορατότητα.	12	64-71	>64	>80	>128	>164	10-(35)	(18)			

1) Της τριβής μεταξύ πλοίου και μορίων νερού κατά την ταλάντωση.

2) Του κύματος που δημιουργεί η ταλάντωση.

Η πρόσπτωση των κυμάτων σε ένα πλοίο που κινείται με ταχύτητα V, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας ***διεγείρουσας δύναμης***, που τείνει να δημιουργήσει ταλαντώσεις.

Άλλες δυνάμεις που ενεργούν πάνω στο πλοίο κατά την κίνησή του σε θαλασσοταραχή είναι οι ***δυνάμεις αδράνειας,*** καθώς και εκείνες που επιβάλλονται πάνω σ' αυτό ως συνέπεια της κίνησής του με ταχύτητα V.

Γενικά όλες οι παραπάνω δυνάμεις επενεργούν ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να έχομε μία σύνθετη περίπτωση ***βεβιασμένης ταλάντωσης.*** Για τη στοιχειώδη κατανόηση αυτής της ταλάντωσης δίνονται αμέσως παρακάτω μερικά στοιχεία από τη θεωρία του ***απλού ταλαντωτή.***

Ένα σύστημα λέμε ότι έχει ***ένα βαθμό ελευθερίας*** όταν η θέση του, σε οποιαδήποτε στιγμή, μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια μιας μόνο συντεταγμένης. Παράδειγμα ενός συστήματος με έναν βαθμό ελευθερίας είναι το απλό εκκρεμές. Γενικά, αν η γεωμετρική θέση ενός συστήματος μπορεί να περιγράφει με ν συντεταγμένες, λέμε ότι το σύστημα έχει ν βαθμούς ελευθερίας.

Ταλάντωση γενικά λέμε μία περιοδική κίνηση, δηλαδή μία κίνηση που επαναλαμβάνεται κάθε ορισμένο χρόνο που ονομάζεται ***περίοδος*** της ταλάντωσης και που συμβολίζεται με Τ. Παράδειγμα περιοδικής κίνησης φαίνεται στο σχήμα 7.4(α).

Η απλούστερη μορφή περιοδικής κίνησης είναι η ***αρμονική κίνηση*** [(σχ. 7.4(β)]. Αυτή δίνεται από τη σχέση:

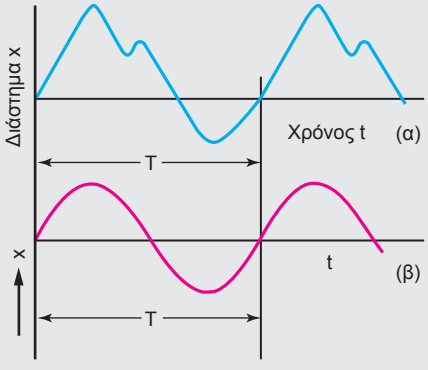
$$x = \eta_o \eta\mu\omega t$$

όπου: $\mathbf{x_o}$ είναι το μέγιστο πλάτος της κίνησης
ω η κυκλική συχνότητα σε ακτίνια ανά s και
t ο χρόνος σε δευτερόλεπτα.

Η περίοδος της ταλάντωσης Τ, η συχνότητα f (αντίστροφο της περιόδου και η κυκλική συχνότητα ω συνδέονται μεταξύ τους με τις σχέσεις:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{και} \quad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Από τη σχέση $x = x_0$ ημ t, η οποία δίνει σε κάθε στιγμή το διάστημα της κίνησης, μπορεί να βρεθεί (με διαφόριση) η ταχύτητα και η επιτάχυνση της ταλάντωσης.



Σχ. 7.4
Παράσταση περιοδικής και αρμονικής κίνησης (α) Περιοδικής, (β) Αρμονικής.

Συγκεκριμένα:

Ταχύτητα ταλάντωσης = $\dot{x} = x_0\omega t$ και

Επιτάχυνση ταλάντωσης = $\ddot{x} = -x_o\omega^2 \eta\mu\omega t$

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι η ταχύτητα έχει διαφορά φάσης από το διάστημα 90° και η επιτάχυνση 180°.

Πολλές από τις ταλαντώσεις που συναντούμε στην πράξη μπορούν εύκολα να αναλυθούν με αναφορά στον ***απλό ταλαντωτή.*** Ανάμεσα σ' αυτές περιλαμβάνονται και οι κινήσεις του πλοίου σε θαλασσοταραχή, αν εξετασθούν μεμονωμένα (π.χ. διατοιχισμός μόνο, χωρίς άλλες κινήσεις).

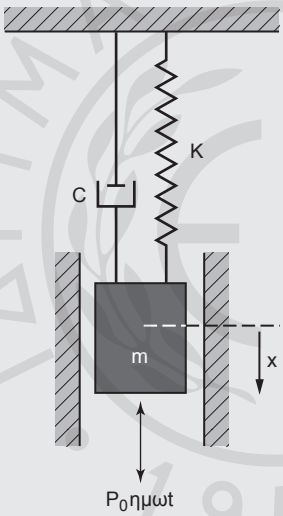
Ένας απλός ταλαντωτής (με έναν βαθμό ελευθερίας) φαίνεται στο σχήμα 7.5 και αποτελείται από:

1) Μία μάζα m, που μπορεί να κάνει ταλάντωση κατά τον αξονα των x.

2) Ένα ελατήριο με σταθερά K, που εκφράζει την απαραίτητη δύναμη για να παραμορφωθεί το ελατήριο κατά τη μονάδα μήκους.

3) Έναν αποσβεστήρα με σταθερά C, που εκφράζει τη δύναμη που δημιουργεί ο αποσβεστήρας ανά μονάδα ταχύτητας.

Στη μελέτη του απλού ταλαντωτή διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:



Σχ. 7.5
Απλός ταλαντωτής.

1) Ελεύθερη ταλάντωση χωρίς απόσβεση

Η μάζα m απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας και αφήνεται στη συνέχεια ελεύθερη. Αποσβεστήρας δεν υπάρχει. Στην περίπτωση αυτή η μάζα συνεχίζει να ***ταλαντώνεται ισόχρονα, ενώ το εύρος της ταλάντωσης παραμένει αμείωτο.***

Η περίοδος της ταλάντωσης, που λέγεται και ***φυσική περίοδος του συστήματος***, δίνεται από τη σχέση:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \qquad (63)$$

Από την παραπάνω σχέση μπορεί να βρεθεί εύκολα η φυσική συχνότητα ταλάντωσης οποιουδήποτε συστήματος με ένα βαθμό ελευθερίας, αρκεί να μπορέσει να αναγνωρίσει κάποιος ποια είναι η σταθερά του ελατηρίου για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Σε περιπτώσεις ***στρεπτικών ταλαντώσεων*** μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάλι μία ανάλογη σχέση που έχει τη μορφή:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{"K"}} \qquad (64)$$

όπου: **"K"** μία σταθερά (torsional stiffness) που εκφράζει την απαραίτητη ροπή για να στραφεί η μάζα κατά ένα ακτίνιο, και
I η ροπή αδράνειας του συστήματος.

2) Ελεύθερη ταλάντωση με απόσβεση

Η μάζα m απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας κατά x_0 και αφήνεται στη συνέχεια ελεύθερη. Το σύστημα φέρει αποσβεστήρα με σταθερά C.

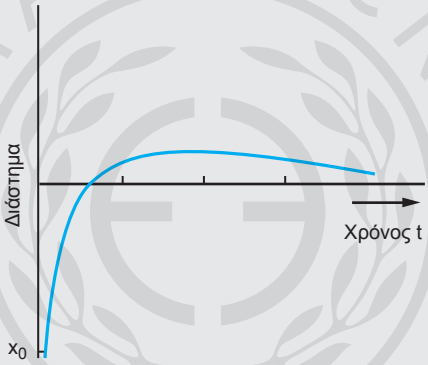
Για την περίπτωση αυτή απαιτείται να ορίσουμε τη ***σταθερά κρίσιμης απόσβεσης*** (critical damping) από τη σχέση:

$$C_c = 2m\sqrt{\frac{K}{m}} \qquad (65)$$

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

α) Όταν C > C_c

Στην περίπτωση αυτή η εξέλιξη της ταλάντωσης σε συνάρτηση με τον χρόνο είναι όπως φαίνεται στο σχήμα 7.6. Παρατηρούμε ότι σε ένα τέτοιο σύστημα η απόσβεση της ταλάντωσης είναι άμεση.



Σχ. 7.6.
Η εξέλιξη της ταλάντωσης σε συνάρτηση με τον χρόνο, όταν C > C_c.

β) Όταν C < C_c

Σε αυτήν την περίπτωση η εξέλιξη της ταλάντωσης σε συνάρτηση με τον χρόνο είναι όπως φαίνεται στο σχήμα 7.7. Σε αυτό το σύστημα παρατηρούμε ότι το μέγιστο εύρος της ταλάντωσης μειώνεται βαθμιαία. Η ταλάντωση είναι ισόχρονη και η περίοδος της ταλάντωσης μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$T = 2\pi \Big/ \sqrt{\frac{K}{m} - \frac{C^2}{4m^2}} \qquad (66)$$

3) Βεβιασμένη ταλάντωση με απόσβεση (σχ. 7.8)

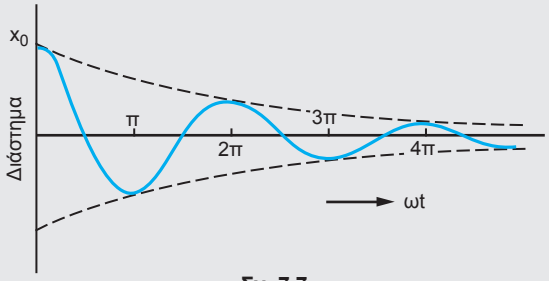
Αυτή η περίπτωση προκύπτει όταν το σύστημα της παραπάνω περίπτωσης 2 διεγερθεί από μία περιοδική δύναμη P_0ημωt, όπου $\mathbf{P_0}$ είναι η μέγιστη τιμή της διεγείρουσας δύναμης και **ω** η κυκλική συχνότητα της.

Ορίζουμε:

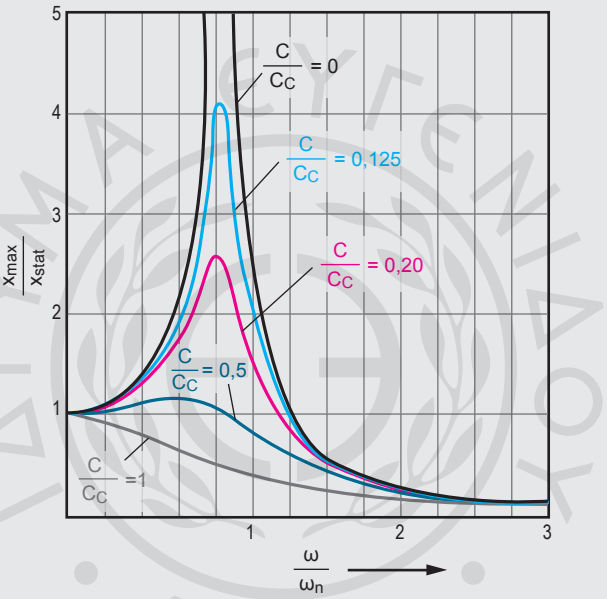
x_{stat} = Παραμόρφωση του ελατηρίου κάτω από τη στατική επίδραση της P_0 που είναι ίση με P_0/K.

ω_η = Φυσική κυκλική συχνότητα του συστήματος = 2π/T.

Η συμπεριφορά ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στο σχήμα 7.8. Συγκεκριμένα στο σχήμα



Σχ. 7.7
Μεταβολή εύρους ταλάντωσης όταν C < C_c.



Σχ. 7.8
Βεβιασμένη ταλάντωση με διάφορα ποσοστά απόσβεσης.

αυτό βλέπουμε τη μεταβολή του μέγιστου εύρους της ταλάντωσης εκφρασμένου στην αδιάστατη μορφή x_{max}/x_{stat}, σε συνάρτηση με τη μεταβολή του λόγου ω/ω_η για διάφορα ποσοστά απόσβεσης.

Από το σχήμα 7.8 παρατηρούμε ότι:

Σε κατάσταση συντονισμού ($\omega/\omega_\eta = 1$), το μέγιστο εύρος της ταλάντωσης μπορεί να γίνει πολλές φορές μεγαλύτερο από τη στατική παραμόρφωση, όταν το σύστημα δεν έχει απόσβεση.

1) Στην ίδια κατάσταση, το μέγιστο εύρος της ταλάντωσης γίνεται τόσο μικρότερο, όσο αυξάνεται η απόσβεση (αύξηση του C/C_c).

2) Η σημασία της απόσβεσης ελαττώνεται όταν δεν βρισκόμαστε στην περιοχή συντονισμού.

Κατά την εφαρμογή της δύναμης διέγερσης P_0ημωt μετά από παρέλευση μιας σύντομης μεταβατικής κατάστασης, το σύστημα ταλαντώνεται με την κυκλική συχνότητα (άρα και με την περίοδο) της διεγείρουσας) δύναμης.

Από το παραπάνω βλέπουμε ότι στη βεβιασμένη ταλάντωση ενός συστήματος (όπως ο διατοιχισμός ή ο προνευτασμός ενός πλοίου σε κανονικά κύματα) ***σημασία ως προς τη συμπεριφορά του συστήματος παίζει ο λόγος της συχνότητας της διεγείρουσας δύναμης (κύμα για το πλοίο) προς τη φυσική περίοδο του συστήματος, καθώς και ο βαθμός απόσβεσης.***

7.6 Κινήσεις του πλοίου σε ήρεμο νερό χωρίς αντίσταση

Κινήσεις του πλοίου σε ήρεμο νερό μπορούν να προκύψουν, όταν αυτό απομακρυνθεί από τη θέση ισορροπίας του, με εφαρμογή κάποιας δύναμης ή κάποιας ροπής και αφεθεί στη συνέχεια ελεύθερο. Στην πράξη τέτοιες κινήσεις μπορούν να εμφανισθούν σπάνια.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετασθούν οι κινήσεις του πλοίου σε ήρεμο νερό για την περίπτωση που δεν υπάρχουν δυνάμεις απόσβεσης, οι οποίες στην πραγματικότητα πάντοτε δημιουργούνται μεταξύ νερού και πλοίου.

7.6.1 Διατοιχισμός

Σε προηγούμενη παράγραφο είπαμε ότι διατοιχισμός (μπότζι) είναι η μεταβαλλόμενη σε συνάρτηση με τον χρόνο κίνηση γύρω από τον άξονα x (σχ. 7.1).

Είναι γνωστό από τη μελέτη της στατικής του πλοίου ότι για να παραμένει το εκτόπισμα του πλοίου σταθερό, οι εγκάρσιες κλίσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται γύρω από τον άξονα συμμετρίας της ισάλου (για μικρές γωνίες εγκάρσιας κλίσης). Το κέντρο βάρους του πλοίου μπορεί να βρίσκεται κατά την κατακόρυφη έννοια κοντά στην ίσαλο ή όχι. Συνηθίζεται να παίρνουμε ως άξονα διατοιχισμού έναν διαμήκη άξονα που περνάει από το κέντρο βάρους του πλοίου (και όχι τον διαμήκη άξονα συμμετρίας της ισάλου) γιατί αυτό απλοποιεί τη θεωρητική λύση του προβλήματος και το σφάλμα που κάνουμε είναι μικρό.

Όταν δεν υπάρχουν δυνάμεις αντίστασης και δοθεί με μία εξωτερική δύναμη στο πλοίο μια κλίση, έστω 30° προς τα αριστερά, και αφεθεί στη συνέχεια το πλοίο ελεύθερο, θεωρητικά θα συνεχίσει να διατοιχίζεται με εύρος από 30° αριστερά μέχρι 30° δεξιά και αντίστροφα. Η κίνηση αυτή (θεωρητική πάντα) θα διατηρηθεί με αμείωτο εύρος για πάντα. Στην πραγματικότητα όμως αυτό δεν συμβαίνει γιατί οι δυνάμεις αντίστασης πάντοτε υπάρχουν.

Από τη μαθηματική ανάλυση του προβλήματος προκύπτει ότι η περίοδος του διατοιχισμού μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$T_{\Phi} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \times \frac{K_{xx}}{\sqrt{GM}} \qquad (67)$$

όπου: $\mathbf{K_{xx}}$ η ακτίνα αδράνειας της μάζας του πλοίου γύρω από τον άξονα x (m ή ft) και **GM** το εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος του πλοίου (m ή ft αντίστοιχα).

Σημείωση.

Από τη θεωρία του απλού ταλαντωτή έχουμε:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{"K"}}$$

Αλλά για εγκάρσια ταλάντωση του πλοίου είναι:

$$I = K_{xx}^2 \; m = \; K_{xx}^2 \; \frac{\Delta}{g}$$

όπου: **g** η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Επίσης είναι:

$$\text{"K"} = GM \times \Delta \text{ (από τη στατική θεώρηση του πλοίου)}$$

Άρα:

$$T_\Phi = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\text{"K"}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \times \frac{K_{xx}}{\sqrt{GM}}$$

Ο υπολογισμός του K_{xx} είναι αρκετά δύσκολος. Γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιούμε έναν από τους παρακάτω εμπειρικούς τύπους:

$$\text{Τύπος Dwyer } K_{xx} = \sqrt{\frac{1}{12}(B^2 \times 4KG^2)} \qquad (68)$$

(μετρικό σύστημα μόνο)

ή

$$K_{xx} = CB \qquad (69)$$

(μετρικό ή αγγλικό σύστημα)

όπου: **B** το πλάτος του πλοίου σε m ή ft και

KG ή κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους πάνω από την τρόπιδα σε m ή ft αντίστοιχα.

Στη σχέση (69) το C είναι μια σταθερά με τιμές (περίπου): για επιβατικά πλοία 0,40 ως 0,43, για φορτηγά 0,40, για πολεμικά 0,36 ως 0,38.

Η περίοδος T_Φ εκφράζεται σε δευτερόλεπτα και λέγεται ***φυσική περίοδος διατοιχισμού.***

Παράδειγμα

Ένα φορτηγό πλοίο έχει πλάτος 20 m, κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους 6,8 m και μετακεντρικό ύψος 0,8 m. Να εκτιμηθεί ή φυσική περίοδος διατοιχισμού.

Από τη σχέση (68) έχουμε:

$$K_{xx} = \sqrt{\frac{1}{12}(20^2 = 4 \text{ x } 6{,}8^2)} = 6{,}98 \text{ m}$$

Από τη σχέση (67) έχουμε:

$$T_\Phi = \frac{2\pi}{\sqrt{9{,}81}} \text{x} \frac{6{,}98}{\sqrt{0{,}8}} = \frac{2{,}005 \text{ x } 6{,}98}{0{,}894} = 15{,}65 \text{ s}$$

Εναλλακτικά από τη σχέση (69) για C = 0,4,

$$K_{xx} = 0{,}4 \times 20 = 8 \text{ m}$$

και

$$T_\Phi = \frac{2{,}005 \text{ x } 8}{\sqrt{0{,}8}} = \frac{2{,}005 \text{ x } 8}{0{,}894} = 17{,}94 \text{ s}$$

Η σχέση (67) σε συνδυασμό με τη σχέση (69) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του μετακεντρικου ύψους ενός πλοίου με ένα απλό πείραμα (sallying experiment).

Στο πείραμα αυτό μετακινώντας το πλήρωμα ομαδικά, από τη μια πλευρά του καταστρώματος στην άλλη, επιτυγχάνεται η δημιουργία εγκάρσιας ταλάντωσης. Στη συνέχεια το πλήρωμα πηγαίνει στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου και με ενα χρονόμετρο μετριέται ο χρόνος μιας περιόδου (πλήρης κύκλος από αριστερά προς τα δεξιά και πάλι αριστερά). Με το πλάτος του πλοίου B και την περίοδο T_Φ γνωστά, υπολογίζουμε στη συνέχεια το μετακεντρικό ύψος. Σε μεγάλα πλοία το πείραμα αυτό είναι δύσκολο.

Προϋπόθεση φυσικά για να μπορεί να έχει κάποια ακρίβεια ένα τέτοιο πείραμα, είναι το μετακεντρικό του ύψος να είναι θετικό.

7.6.2 Προνευτασμός

Προνευτασμός είναι η μεταβαλλόμενη με τον χρόνο κίνηση γύρω από τον άξονα Y (σχ. 7.1).

Ο προνευτασμός εξετάζεται σχεδόν ανάλογα με τον διατοιχισμό, μόνο που η χρησιμοποίηση του κέντρου βάρους του πλοίου ως άξονα περιστροφής (αντί για το κέντρο βάρους της ισάλου) δημιουργεί πιο σημαντικό σφάλμα. Το θέμα αυτό εξετάζεται στην παράγραφο 7.6.5.

Η περίοδος προνευτασμού του πλοίου δίνεται από τη σχέση:

$$T_\theta = \frac{2\pi K_{yy}}{\sqrt{g\ GM_l}} \qquad (70)$$

όπου: **K_{yy}** η ακτίνα αδράνειας της μάζας του πλοίου ως προς τον άξονα Oy (m ή ft) και

GM_l το διάμηκες μετακεντρικό ύψος του πλοίου (m ή ft αντίστοιχα).

Από ανάλυση σειράς πλοίων έχει βρεθεί ότι είναι:

$$K_{yy} \simeq 0{,}25L$$

όπου: **L** το μήκος του πλοίου.

Παράδειγμα

Ένα πλοίο έχει μήκος 160 m και διάμηκες μετακεντρικό ύψος 100 m. Να εκτιμηθεί η περίοδος προνευτασμού. Θα έχουμε:

$$K_{yy} \simeq 0{,}25 \times L = 0{,}25 \times 160 = 40\ m$$

$$T_\theta = \frac{2\pi \times (40)}{\sqrt{9{,}81 \times 100}} = \frac{251{,}2}{31{,}32} = 8\,s$$

7.6.3 Ταλάντωση εμβάπτισης

Θεωρητικά ταλάντωση εμβάπτισης (δηλ. η μεταβαλλόμενη με τον χρόνο κίνηση

του πλοίου κατά μήκος του άξονα z, (σχ. 7.1) μπορεί να δημιουργηθεί εάν πιέσουμε το πλοίο με μια δύναμη κάθετη προς το νερό, ώστε να κινηθεί προς τα κάτω παράλληλα με τον εαυτό του και το αφήσομε στη συνέχεια ελεύθερο.

Στην πραγματικότητα, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, η ταλάντωση αυτή στην πράξη εμφανίζεται μαζί με προνευτασμό.

Η περίοδος της ταλάντωσης εμβάπτισης σε ήρεμο νερό μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$T_z = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{gT_f}{\Delta}}} \qquad (71)$$

όπου: $\mathbf{T_f}$ παριστάνει τους t/m ή ανά ft βύθισης και

g η επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/s^2 ή ft/s^2 αντίστοιχα.

Η περίοδος της ταλάντωσης εμβάπτισης μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι περίπου ίση με την περίοδο προνεταυσμού, δηλαδή μπορεί να υπολογισθεί και από τη σχέση (70).

7.6.4 Πρόσθετη μάζα

Εξαιτίας της μεταβαλλόμενης ταχύτητας που έχει το πλοίο, όταν πραγματοποιεί τις περιοδικές κινήσεις που έχουμε μέχρι τώρα αναφέρει, η μάζα του νερού που το περιβάλλει αποκτά επιταχύνσεις κατά μήκος και γύρω από τους τρεις άξονες. Οι επιταχύνσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα να ασκούνται πάνω στο πλοίο (από το νερό) δυνάμεις και ροπές που είναι ανάλογες με τις επιταχύνσεις.

Οι συντελεστές, οι οποίοι πολλαπλασιαζόμενοι με τις επιταχύνσεις δίνουν τις πρόσθετες αυτές δυνάμεις που αναφέραμε, ονομάζονται ***πρόσθετες μάζες.*** Στην πραγματικότητα όμως δεν πρόκειται για μάζες νερού που παρασύρει το πλοίο κατά τις κινήσεις του, όπως συχνά νομίζεται, αλλά για συντελεστές που έχουν διαστάσεις μάζας. Αντίστοιχα, τους συντελεστές που δίνουν ροπές ονομάζουμε ***ροπές αδράνειας πρόσθετης μάζας.***

Για κάθε κίνηση του πλοίου κατά μήκος ή γύρω από έναν άξονα, έχουμε έξι τέτοιους συντελεστές για την εύρεση των δυνάμεων και ροπών που δημιουργούνται (κατά μήκος και γύρω από τους τρεις άξονες). Δηλαδή συνολικά έχουμε 36 συντελεστές μερικοί από τους οποίους λόγω της συμμετρίας του πλοίου έχουν μηδενική τιμή. Οι παραπάνω συντελεστές βρίσκονται για ένα πλοίο αναλυτικά και χρησιμοποιούνται σε λεπτομερείς μελέτες των κινήσεών του που ξεφεύγουν από τα όρια αυτού του βιβλίου.

7.6.5 Συνδυασμός προνευτασμού και ταλαντώσεων εμβάπτισης

Για να μην έχουμε μεταβολή του εκτοπίσματος, όταν το πλοίο αλλάζει διαγωγή, ο άξονας γύρω από τον οποίο πραγματοποιείται η παραπάνω μεταβολή πρέπει να περνάει από το ***κέντρο πλευστότητας***, που είναι το κέντρο βάρους της επιφάνειας της ισάλου.

Επειδή ο προνευτασμός είναι κίνηση με άξονα γύρω από το κέντρο βάρους, η σταθερότητα του εκτοπίσματος στην περίπτωση αυτή θα είναι εξασφαλισμένη μόνο αν το κέντρο βάρους του πλοίου βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφο με το κέντρο πλευ-

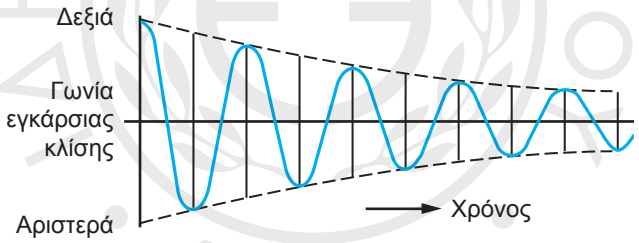
στότητας. Αυτό όμως δεν συμβαίνει γενικά στα πλοία και επομένως περιστροφή του πλοίου γύρω από το κέντρο βάρους τείνει να μεταβάλλει το εκτόπισμα. Για να διατηρηθεί το εκτόπισμα σταθερό, το πλοίο θα πρέπει ή να βυθιστεί ή να αποβυθιστεί παράλληλα με τον εαυτό του.

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι γενικά ο προνευτασμός δεν μπορεί να υπάρξει μόνος του αλλά συνοδεύεται πάντοτε και από ταλάντωση εμβάπτισης. Για τον λόγο αυτό στη μελέτη της κίνησης του πλοίου σε κυματισμό οι δύο αυτές κινήσεις εξετάζονται μαζί.

7.6.6 Διατοιχισμός με αντίσταση σε ήρεμο νερό

Μέχρι τώρα είχαμε θεωρήσει ότι μόνο στατικής προέλευσης δυνάμεις και ροπές δημιουργούνται κατά τις κινήσεις του πλοίου. Αποτέλεσμα αυτής της υπόθεσης είναι ότι οι ταλαντώσεις σε ήρεμο νερό έχουν αμείωτο εύρος.

Αν πραγματοποιήσουμε, το πείραμα του εδαφίου 1 αυτής της παραγράφου (sallying experiment) θα δούμε ότι το εύρος του διατοιχισμού που δημιουργείται, δεν είναι αμείωτο αλλά οι γωνίες που παίρνει το πλοίο μειώνονται συνέχεια μέχρις ότου σταματήσει τελείως η κίνηση. Η μείωση αυτή στο εύρος της κίνησης φαίνεται στο σχήμα 7.9 και οφείλεται στην ύπαρξη αντίστασης στην κίνηση, η οποία για απλοποίηση της μελέτης μέχρι τώρα δεν είχε υπολογισθεί.



Σχ. 7.9
Μείωση διατοιχισμού.

Η παραπάνω αντίσταση οφείλεται σε διάφορες αιτίες, όπως είναι:

1) Η τριβή των μορίων του νερού επάνω στο πλοίο.

2) Η δημιουργία κύματος.

Η ύπαρξη της αντίστασης κατά τον διατοιχισμό έχει, όπως είδαμε, ως αποτέλεσμα τη συνεχή μείωση του εύρους της κίνησης. Επιπλέον επηρεάζει ελαφρά και την περίοδο του διατοιχισμού.

Εξετάζοντας στην αρχή την περίοδο του διατοιχισμού διαπιστώσαμε (θεωρητικά και πρακτικά) ότι η ύπαρξη αντίστασης αυξάνει κάπως την περίοδο της κίνησης. Η αύξηση αυτή εξαρτάται από τη μορφή του πλοίου αλλά δεν υπερβαίνει το 0,5%. Με την παρατήρηση αυτή και από τη σχέση (67) βλέπουμε ότι για ***ένα πλοίο η φυσική περίοδος διατοιχισμού μεγαλώνει όσο μικραίνει το μετακεντρικό ύψος.*** Ένα πλοίο με μεγάλη περίοδο διατοιχισμού διατοιχίζεται αργά και είναι όπως λέμε ***οκνό.***

Αντίθετα ένα πλοίο με μικρή περίοδο (σκληρό) διατοιχίζεται γρήγορα και έχουμε μια κατάσταση δυσάρεστη για το πλήρωμα και τους επιβάτες. Βλέπουμε λοιπόν ότι το μικρό μετακεντρικό ύψος είναι πλεονέκτημα από άποψη άνεσης. Άλλοι λόγοι όμως ασφάλειας επιβάλλουν μεγαλύτερη τιμή του μετακεντρικού ύψους από εκείνη που θα ήταν επιθυμητή για λόγους άνεσης.

Η μείωση του εύρους του διατοιχισμού σε μισή περίοδο μπορεί να βρεθεί από μια σχέση της μορφής:

$$\delta_\theta = K_1\theta + K_2\theta^2 \qquad (72)$$

όπου: $\boldsymbol{\delta_\theta}$ η μείωση της γωνίας διατοιχισμού σε μοίρες και
$\boldsymbol{\theta}$ η μέγιστη γωνία διατοιχισμού στον κύκλο που εξετάζουμε.

Οι τιμές των K_1,K_2 βρίσκονται πειραματικά για κάθε πλοίο και εξαρτώνται από το μέγεθος και τη μορφή του αλλά και σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη ή όχι παρατροπιδίων.

Παράδειγμα

Σε ένα πλοίο οι συντελεστές K_1 και K_2 έχουν τις τιμές 0,065 και 0,017 αντίστοιχα. Αν σε κάποια στιγμή (σε διατοιχισμό σε ήρεμο νερό) το πλοίο πάρει κλίση προς τα δεξιά 20° πόση θα είναι η κλίση προς τα δεξιά του επόμενου κύκλου;

Στον επόμενο μισό κύκλο η ελάττωση της κλίσης (προς τα αριστερά) με βάση τη σχέση (72) θα είναι:

$$\delta_\theta = (0{,}065) \times (20) + (0{,}017) \times (20)^2 = 8{,}1°$$

Επομένως η μέγιστη γωνία προς τα αριστερά θα είναι:

$$20 - 8{,}1 = 11{,}9°$$

Η μείωση αυτής της γωνίας κατά τον επόμενο μισό κύκλο θα είναι πάλι:

$$\delta_\theta = (0{,}065) \times (11{,}9) + (0{,}017) \times (11{,}9)^2 = 3{,}18°$$

Επομένως η μέγιστη γωνία προς τα δεξιά θα είναι:

$$11{,}9 - 3{,}18 = 8{,}72°$$

Μία ακόμη παρατήρηση στην περίπτωση διατοιχισμού του πλοίου με αντίσταση είναι ότι για μικρές γωνίες και παρά το γεγονός ότι το εύρος ελαττώνεται συνέχεια, ο χρόνος κάθε περιόδου παραμένει σταθερός, δηλαδή η ταλάντωση είναι ***ισόχρονη.***

Η αντίσταση στον διατοιχισμό και επομένως ο ρυθμός απόσβεσης της κίνησης αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του πλοίου. Παραδείγματος χάρη για ένα πλοίο που παρουσίασε μείωση γωνίας διατοιχισμού μιας μοίρας όταν ήταν ακίνητο η αντίστοιχη μείωση ήταν 3° όταν το πλοίο κινούταν με ταχύτητα 6 knots.

7.7 Κινήσεις πλοίου σε κανονικά κύματα

Στην παράγραφο 7.5 είδαμε ποιες είναι οι δυνάμεις που επηρεάζουν τις κινήσεις

του πλοίου σε θαλασσοταραχή. Επιπλέον, επειδή τα κύματα προσεγγίζουν το πλοίο από οποιαδήποτε γωνία, υπάρχουν ταυτόχρονα διατοιχισμός, προνευτασμός ταλαντώσεις εμβάπτισης και άλλες κινήσεις.

Για απλοποίηση, όπως έγινε και στη μελέτη του πλοίου σε ήρεμο νερό, οι παραπάνω κινήσεις θα εξετασθούν χωριστά. Από τις δυνάμεις που επηρεάζουν τα φαινόμενα αυτά θα δοθεί περισσότερη έμφαση στην άντωση.

Γνωρίζουμε ότι θαλασσοταραχή είναι το άθροισμα πολλών μικρών και μεγαλύτερων κυμάτων. Εδώ η κίνηση του πλοίου θα εξετασθεί μόνο σε συνδυασμό με κανονικά κύματα.

7.7.1 Διατοιχισμός

Και στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να προσεγγίσουμε το θέμα προοδευτικά, αρχίζοντας χωρίς την ύπαρξη αντίστασης.

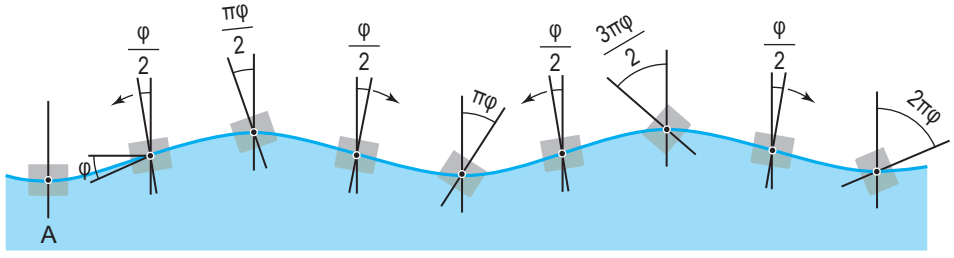
Εάν θεωρήσουμε ότι το πλοίο βρίσκεται κάτω από την επίδραση κυμάτων που το προσεγγίζουν από μία πλευρά υπό γωνία 90° και ότι το μήκος των κυμάτων είναι πολύ μεγαλύτερο από το πλάτος του πλοίου, μπορούμε να διαπιστώσουμε θεωρητικά ότι στην αρχή θα δημιουργηθεί μία ταλάντωση με εύρος το οποίο σε κάθε στιγμή μπορεί να εκφρασθεί ως το άθροισμα δύο ταλαντώσεων: μιας με περίοδο τη φυσική περίοδο ταλάντωσης του πλοίου και μιας άλλης με περίοδο ίση με εκείνη του κύματος. Στη συνέχεια παραμένει μόνο η ταλάντωση με συχνότητα εκείνη της διεγείρουσας δύναμης κύματος.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση που η περίοδος του κύματος είναι ίση με τη φυσική περίοδο διατοιχισμού του πλοίου. Στην περίπτωση αυτή έχουμε το φαινόμενο του ***συντονισμού*** που μπορεί να παρουσιασθεί σε οποιαδήποτε περίπτωση ταλάντωσης. Οι διαδοχικές γωνίες που παίρνει το πλοίο στην περίπτωση αυτή φαίνονται στο σχήμα 7.10.

Στο σχήμα αυτό, που με α_0 παριστάνομε τη μέγιστη κλίση του κύματος (βλ. σχέση 62) βλέπουμε ότι:

1) Το πλοίο παίρνει τις μέγιστες κλίσεις όταν βρίσκεται στην κορυφή και την κοιλάδα του κύματος.

2) Οι μέγιστες κλίσεις (όταν συνεχίζεται η επίδραση ενός κανονικού κύματος που έχει τον άξονα των κορυφών του παράλληλα προς τον άξονα του πλοίου) αυξάνονται συνέχεια.



Σχ. 7.10
Διαδοχικές θέσεις του πλοίου σε διατοιχισμό.

Ευτυχώς τα παραπάνω, που θα ήταν καταστροφικά στην πράξη, δεν συμβαίνουν ποτέ, γιατί πάντοτε υπάρχει αντίσταση, η οποία, όπως θα δούμε στη συνέχεια, περιορίζει το μέγιστο εύρος.

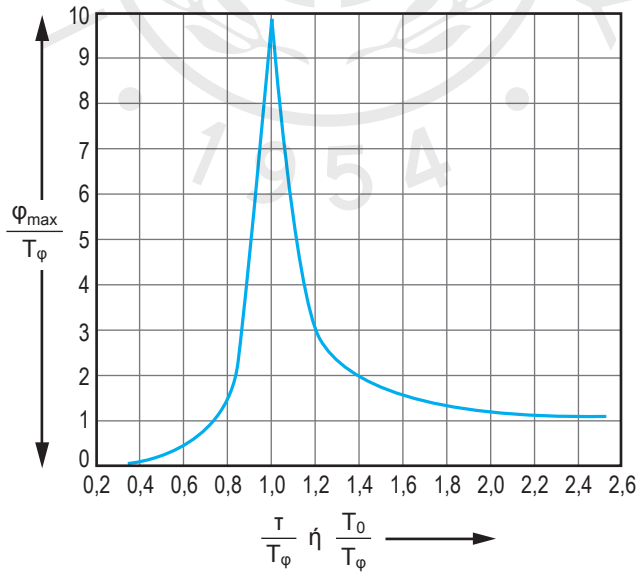
Σε μια πιο γενική περίπτωση, που τα κύματα έρχονται από οποιαδήποτε κατεύθυνση και το πλοίο έχει κάποια ταχύτητα κίνησης, ως περίοδος του κύματος, για να εξετάσουμε αν έχουμε συντονισμό, είναι όχι η πραγματική αλλά, όπως λέγεται, η ***περίοδος συνάντησης.***

Φυσικά όταν δεν υπάρχουν συνθήκες συντονισμού το μέγιστο εύρος του διατοιχισμού είναι μικρότερο.

Από την εξέταση του φαινομένου του συντονισμού όταν υπάρχει αντίσταση, δηλαδή σε πραγματικές συνθήκες, έχει διαπιστωθεί ότι το μέγιστο εύρος της κίνησης είναι πεπερασμένο. Διάφορες πηγές της βιβλιογραφίας συγκλίνουν ότι η μέγιστη εγκάρσια γωνία του πλοίου Φ_{max} δεν υπερβαίνει το δεκαπλάσιο της γωνίας Φ, όπου **Φ** είναι ίσο προς τα 7/10 της γωνίας που αντιστοιχεί στη μέγιστη κλίση του κύματος α.

Στο σχήμα 7.11 φαίνεται διάγραμμα συντονισμού, στο οποίο δίνεται, με βάση την παραπάνω υπόθεση, ο λόγος Φ_{max}/Φ για συνθήκες συντονισμού και εκτός συντονισμού σε προσέγγιση του κύματος από την πλευρά σε ένα ακίνητο πλοίο. Από το σχήμα αυτό βλέπουμε ότι όταν ο λόγος τ/T_φ είναι μικρότερος από 0,8 ή μεγαλύτερος από 1,4, η μέγιστη γωνία διατοιχισμού του πλοίου δεν ξεπερνά το διπλάσιο του Φ (τ είναι η περίοδος του κύματος και T_Φ η φυσική περίοδος διατοιχισμού του πλοίου).

Με βάση το ίδιο σχήμα μπορεί να διερευνηθεί η περίπτωση διατοιχισμού ενός πλοίου που κινείται για προσέγγιση του κύματος από οποιαδήποτε διεύθυνση, αρκεί να χρησιμοποιηθεί ο λόγος T_0/T_Φ και όπου $\mathbf{T_0}$ είναι η περίοδος συνάντησης.



Σχ. 7.11
Διάγραμμα συντονισμού.

Παράδειγμα

Ένα ακίνητο πλοίο βρίσκεται κάτω από την επίδραση κανονικού κύματος από την πλευρά. Το ύψος του κύματος είναι 11΄ και το μήκος του 212΄. Η φυσική περίοδος διατοιχισμού του πλοίου είναι 7,14 s.

Να εκτιμηθεί η μέγιστη γωνία διατοιχισμού που θα πάρει το πλοίο.

Το μήκος του κύματος σε m είναι λ = 212/3,281 = 64,61 m.

Από τη σχέση (60): $\tau \simeq 0{,}8\sqrt{\lambda} = 0{,}8\sqrt{64{,}61} = 6{,}43$ s

Από τη σχέση (62): $\alpha_0 = \frac{\pi H}{\lambda} = \frac{3{,}14 \times 11}{212} = 0{,}163$ ακτίνια

$$\Phi = 0{,}7 \times \alpha_0 = 0{,}7 \times 0{,}163 = 0{,}114 \text{ ακτίνια}$$

Ο λόγος: $$\frac{\tau}{T_\Phi} = \frac{6{,}43}{7{,}14} = 0{,}9$$

Από το σχήμα 7.11: $$\frac{\Phi_{max}}{\Phi} = 4$$

Άρα: $\Phi_{max} = 4 \times 0{,}114 = 0{,}456$ ακτίνια ή σε μοίρες

$$\Phi_{max} = 0{,}456 \times \frac{360}{2\pi} = 26°$$

– Μέτρηση της εγκάρσιας κλίσης

Το πιο συνηθισμένο σύστημα για τη μέτρηση της εγκάρσιας κλίσης είναι το κοινό εκκρεμές ***(κλινόμετρο).*** Όταν το κλινόμετρο δεν είναι τοποθετημένο στον άξονα διατοιχισμού του πλοίου, που περνάει από το κέντρο βάρους, οι ενδείξεις του είναι εσφαλμένες. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη ένδειξη του εκκρεμούς Φ'_{max} σχετίζεται με τη σωστή ένδειξη Φ_{max} με τον τύπο:

$$\Phi'_{max} \simeq \Phi_{max}\left(1 + \frac{4h}{g} \times \frac{\pi^2}{\tau^2}\right) \qquad (73)$$

όπου: **h** η κατακόρυφη απόσταση από τον άξονα διατοιχισμού ως τον άξονα του εκκρεμούς σε m ή ft,

τ η περίοδος της κίνησης σε s και

g η επιτάχυνση της βαρύτητας σε m ή ft άνα s^2.

Για συνηθισμένα πλοία (με βάση τον παραπάνω τύπο) τα κλινόμετρα που είναι εγκαταστημένα στη γέφυρα μπορούν να παρουσιάζουν ενδείξεις κατά 50 ως 100% αυξημένες. Μόνο όταν η φυσική περίοδος του εκκρεμούς είναι μεγαλύτερη από το τετραπλάσιο της περιόδου του πλοίου οι μετρήσεις είναι αξιόπιστες. Σε μοντέρνα πλοία χρησιμοποιούνται σύγχρονα κλινόμετρα (συχνά ηλεκτρονικά) που δίνουν με ακρίβεια τις εγκάρσιες κλίσεις του πλοίου σε διατοιχισμό.

7.7.2 Ταλαντώσεις εμβάπτισης

Ταλαντώσεις εμβάπτισης σε κατάσταση κυματισμού μπορούν να παρουσιασθούν σε συνδυασμό είτε με διατοιχισμό είτε με προνευτασμό ή και με τα δύο.

Στην ταλάντωση εμβάπτισης, το κέντρο βάρους του πλοίου βρίσκεται σε ταλάντωση κατά την κατακόρυφη έννοια. Όταν η ταλάντωση εμβάπτισης δημιουργείται σε συνδυασμό με προνευτασμό, μέγιστη απόκλιση του κέντρου βάρους προς τα πάνω παρατηρείται όταν το μέσο του πλοίου βρίσκεται στην κορυφή του κύματος και μέγιστη απόκλιση προς τα κάτω όταν βρίσκεται στην κοιλότητά του.

7.7.3 Προνευτασμός

Τα φαινόμενα που σχετίζονται με τον προνευτασμό είναι πιο έντονα όταν η ταχύτητα του κύματος έχει την ίδια διεύθυνση με την ταχύτητα του πλοίου. Δηλαδή όταν ο άξονας της κορυφής του κύματος είναι κάθετος στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου.

Η μορφή της κίνησης του πλοίου εξαρτάται από την αναλογία της φυσικής περιόδου του πλοίου T_θ σε διατοιχισμό και της περιόδου συνάντησης του κύματος T_0.

Περίπτωση 1η.

Όταν το T_0 είναι πολύ μεγαλύτερο από το T_θ.

Αυτή η κατάσταση εμφανίζεται όταν ένα αργό πλοίο συναντά κύματα με πολύ μεγάλο μήκος ή όταν το κύμα προσεγγίζει το πλοίο από την πρύμνη με ταχύτητα λίγο μικρότερη από εκείνη του πλοίου. Στην περίπτωση αυτή η γωνία Θ_{max} του πλοίου είναι ίση περίπου με τα 7/10 της μέγιστης κλίσης του κύματος α_0. Δηλαδή το πλοίο σε αυτήν την περίπτωση παρακολουθεί την κίνηση του κύματος.

Περίπτωση 2η.

Όταν το T_0 είναι πολύ μικρότερο από το T_θ.

Η περίπτωση αυτή εμφανίζεται όταν ένα πολύ ταχύπλοο πλοίο πλησιάζει κύματα με μικρό μήκος. Τότε θα έχουμε:

$$\theta_{max} \simeq \frac{T_o}{T_\theta} \times \left(\frac{7}{10} \alpha_0 \right) \tag{74}$$

Επειδή το T_0/T_θ είναι αρκετά μικρότερο από τη μονάδα, η μέγιστη κλίση του πλοίου είναι πολύ μικρότερη από την κλίση του κύματος.

Περίπτωση 3η.

Όταν το T_0 είναι ίσο με το T_θ, δηλαδή όταν έχουμε συνθήκες συντονισμού.

Στην περίπτωση αυτή η μέγιστη γωνία προνευτασμού θα μεγάλωνε απεριόριστα, όπως συμβαίνει με τον διατοιχισμό, εφόσον δεν υπήρχε αντίσταση.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του άξονα Gx του πλοίου και της εφαπτόμενης του κύματος. Όσο πιο μεγάλη είναι αυτή η γωνία τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να καλύπτεται ένα μέρος του καταστρώματος από το κύμα. Τη γωνία αυτή ονομάζουμε ***σχετική γωνία προνευτασμού*** και μπορεί να την υπολογίσουμε από τις σχέσεις:

$$\text{Σχετική Γωνία Προνευτασμού} \simeq \frac{\frac{7}{10}\,\alpha_o \times \frac{T_\theta}{T_o}}{1-\frac{T_\theta}{T_o}} \qquad (75)$$

και

$$\text{Σχετική Γωνία Προνευτασμού} \simeq \frac{\frac{7}{10}\,\alpha_o \times \frac{T_\theta}{T_o}}{1+\frac{T_\theta}{T_o}}$$

Στην περίπτωση που θα λάβουμε υπόψη και την αντίσταση, η μέγιστη γωνία προνευτασμού είναι σημαντικά μικρότερη, πράγμα που έχει ιδιαίτερη σημασία σε κατάσταση συντονισμού.

Οι μέγιστες γωνίες προνευτασμού είναι γενικά κατά πολύ μικρότερες απ' ό,τι εκείνες του διατοιχισμού. Όμως αυτό δεν σημαίνει ότι ο προνευτασμός δεν δημιουργεί δυσχέρειες και κινδύνους στον χειρισμό του πλοίου. Τα πιο σημαντικά προβλήματα λόγω του προνευτασμού είναι:

1) Προβλήματα διαμήκους αντοχής του πλοίου.
2) Ξενέρισμα της έλικας.
3) Ξενέρισμα της πλώρης και απότομο κτύπημα του πυθμένα της στο νερό ακολουθούμενο από ταλάντωση του πλοίου (slamming).
4) Μεγάλες κατακόρυφες επιταχύνσεις στα άκρα του πλοίου.
5) Κάλυψη του πρωραίου μέρους του καταστρώματος με νερό.

7.7.4 Συνδυασμός προνευτασμού και ταλαντώσεων εμβάπτισης

Όπως έχουμε ήδη εξηγήσει, σε κατάσταση κυματισμού είναι αδύνατο να υπάρχει προνευτασμός, χωρίς ταυτόχρονα να εμφανισθούν και ταλαντώσεις εμβάπτισης.

Για τον λόγο αυτό και επειδή οι κατακόρυφες επιταχύνσεις που δημιουργούνται στο πλοίο είναι το άθροισμα εκείνων που οφείλονται σε προνευτασμό και εκείνων που οφείλονται σε ταλαντώσεις εμβάπτισης, σε πιο προχωρημένες μελέτες οι δύο αυτές κινήσεις εξετάζονται ταυτόχρονα.

7.7.5 Επίδραση της πορείας και ταχύτητας του πλοίου στις κινήσεις σε κυματισμό. Περίοδος συνάντησης

Στην παράγραφο 7.3 είδαμε ότι ως περίοδος του κύματος έχει ορισθεί ο χρόνος που μεσολαβεί για να περάσουν μπροστά από ένα ακίνητο παρατηρητή δύο διαδοχικές κορυφές. Η περίοδος αυτή του κύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τον υπολογισμό των κινήσεων ενός ακίνητου πλοίου σε διατοιχισμό, με κύματα που προσεγγίζουν από την πλευρά και προνευτασμό με κύματα από την πλώρη ή την πρύμνη. Όταν όμως το πλοίο κινείται με κάποια ταχύτητα, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί η ***περίοδος συνάντησης του κύματος*** T_0, που είναι η περίοδος με την οποία αντιλαμβάνεται το πώς περνούν τα κύματα ένας παρατηρητής που κινείται με το πλοίο.

Η φαινόμενη περίοδος του κύματος προκύπτει από τη σχέση:

$$T_o = \frac{\lambda}{V_o} \tag{76}$$

όπου: **λ** το μήκος του κύματος σε ft ή m και
V_o η φαινόμενη ταχύτητα του κύματος σε ft ή m/s αντίστοιχα.

Η φαινόμενη ταχύτητα του κύματος βρίσκεται από τη σχέση:

$$V_o = |V\sigma\upsilon\nu\alpha - c| \tag{77}$$

όπου: **V** ή ταχύτητα του πλοίου σε m/s ή ft/s,
c η ταχύτητα του κύματος σε m/s ή ft/s και
α η γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση της κίνησης του πλοίου και του κύματος.

Παράδειγμα

Κύμα μήκους 200΄ προσεγγίζει από την πρύμνη ένα πλοίο που κινείται με ταχύτητα 20 knots.

Να βρεθεί η περίοδος και η φαινόμενη περίοδος για τις παραπάνω συνθήκες καθώς και όταν το κύμα προσεγγίζει υπό γωνία 30° από τη δεξιά πλευρά του πλοίου.

Το μήκος του κύματος σε m είναι:

$$\lambda = \frac{200}{3{,}281} = 60{,}96 \text{ m}$$

Η ταχύτητα του πλοίου σε m/s είναι:

$$V = 20\left(\frac{\text{μίλια}}{\text{ώρα}}\right) \times 1852\left(\frac{\text{m}}{\text{μίλι}}\right) \times \frac{1}{3600}\left(\frac{\text{ώρες}}{\text{s}}\right) = 10{,}29 \text{ m/s}$$

Από τη σχέση (60), η περίοδος του κύματος είναι:

$$\tau \simeq 0{,}8\sqrt{\lambda} = 0{,}8\sqrt{60{,}96} = 6{,}246 \text{ s}$$

Από τη σχέση (61), η ταχύτητα του κύματος είναι:

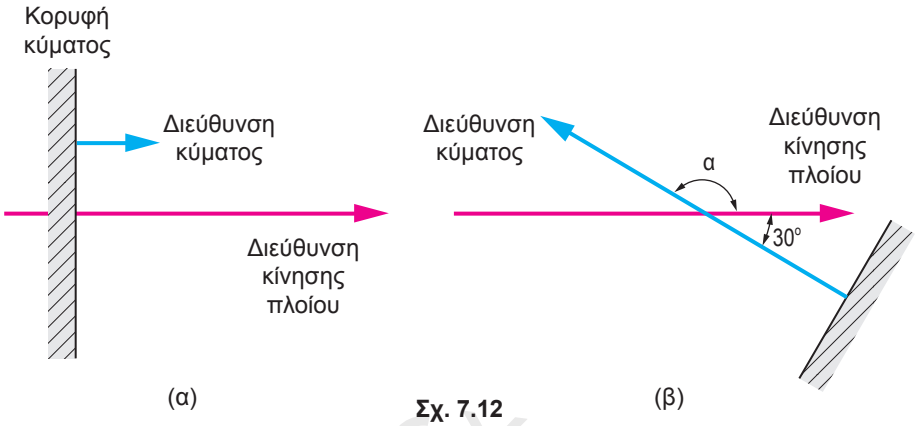
$$c \simeq 1{,}25\sqrt{\lambda} = 1{,}25\sqrt{60{,}96} = 9{,}76 \text{ m/s}$$

Όταν το κύμα προσεγγίζει το πλοίο από την πρύμνη [σχ. 7.2(α)] (α = 0) από τη σχέση (77) έχουμε:

$$V_0 = |10{,}29 - 9{,}76| = 0{,}53 \text{ m/s}$$

Από τη σχέση (76) έχουμε:

$$T_0 = \frac{\lambda}{V_0} = \frac{60{,}96}{0{,}53} = 115 \text{ s}$$



Σχ. 7.12
Σχετική διεύθυνση κύματος.
(α) Προσέγγιση κύματος από την πρύμνη. (β) Προσέγγιση κύματος υπό γωνία της πλώρης 30° από τη δεξιά πλευρά της πλώρης.

Στην περίπτωση που το κύμα προσεγγίζει το πλοίο υπό γωνία 30° από τη δεξιά πλευρά [σχ.7.12(β)], θα έχουμε α = 150° και επομένως συνα = – 0,866.

$$V_0 = |10{,}29 \times (-0{,}866) - 9{,}76| = 18{,}671 \text{ m/s}$$

$$T_0 = \frac{\lambda}{V_0} = \frac{60{,}96}{18{,}671} = 3{,}26 \text{ s}$$

Από τη σχέση (77) και από το παραπάνω παράδειγμα βλέπουμε πόσο έντονα η αλλαγή πορείας του πλοίου (σε σχέση με το κύμα) ή η μεταβολή της ταχύτητας του μπορεί να επηρεάσει τη φαινόμενη περίοδο του κύματος και επομένως να βοηθήσει στην αποφυγή του συντονισμού. Δυστυχώς σε αρκετές περιπτώσεις οι χειριστές των πλοίων, για να αποφύγουν το χάσιμο χρόνου, δεν αλλάζουν ούτε την πορεία ούτε την ταχύτητα, έστω και αν το πλοίο πραγματοποιεί ανεπίτρεπτες κινήσεις. Η επιμονή αυτή έχει αρκετές φορές οδηγήσει σε μεγάλες ζημιές που έχουν φθάσει σε συνδυασμό και με άλλες δυσμενείς συνθήκες μέχρι και στην απώλεια πλοίων.

Μεταξύ των σχετικών διευθύνσεων κίνησης πλοίου και κύματος οι πιο χαρακτηριστικές είναι:

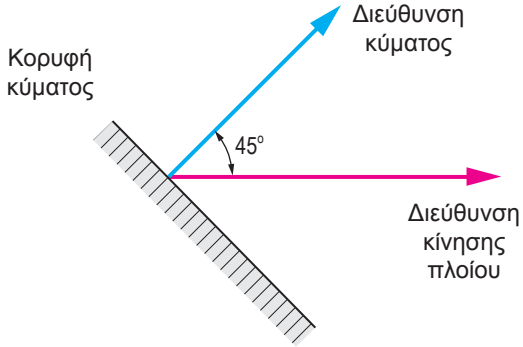
– Όταν α = 0, έχουμε ***κύμα που ακολουθεί*** (following seas).
– Όταν α = 0, έχουμε ***κύμα αντίθετο*** (head seas).
– Όταν α = 90°, έχουμε ***θάλασσα από την πλευρά*** (beam seas).

Παράδειγμα

Να εκτιμηθεί τι θα συμβεί στο πλοίο του παραδείγματος της παραγράφου 7.7.1 (από πλευράς διατοιχισμού) αν αυτό κινείται με ταχύτητα 15 knots και με πορεία που σχηματίζει γωνία 45° ως προς την ταχύτητα του κύματος (σχ. 7.13, στο οποίο φαίνεται η σχετική διεύθυνση κύματος).

Εδώ έχουμε α = 45° και συνα = 0,707. Η ταχύτητα του πλοίου είναι:

$$V = 15 \times \frac{1852}{3600} = 7{,}716 \text{ m/s}$$



Σχ. 7.13
Σχετική διεύθυνση κύματος.

Η ταχύτητα του κύματος είναι:

$$c \simeq 1{,}25\sqrt{64{,}61} = 10{,}05 \text{ m/s}$$

Η φαινόμενη ταχύτητα του κύματος είναι:

$$V_0 = |7{,}716 \times 0{,}707 - 10{,}05| = 4{,}594 \text{ m/s}$$

Η φαινόμενη περίοδος του κύματος θα είναι:

$$T_0 = \frac{\lambda}{V_0} = \frac{64{,}61}{4{,}594} = 14{,}064 \text{ s}$$

Έτσι έχομε:

$$\frac{T_0}{T_\Phi} = \frac{14{,}064}{7{,}14} = 1{,}97$$

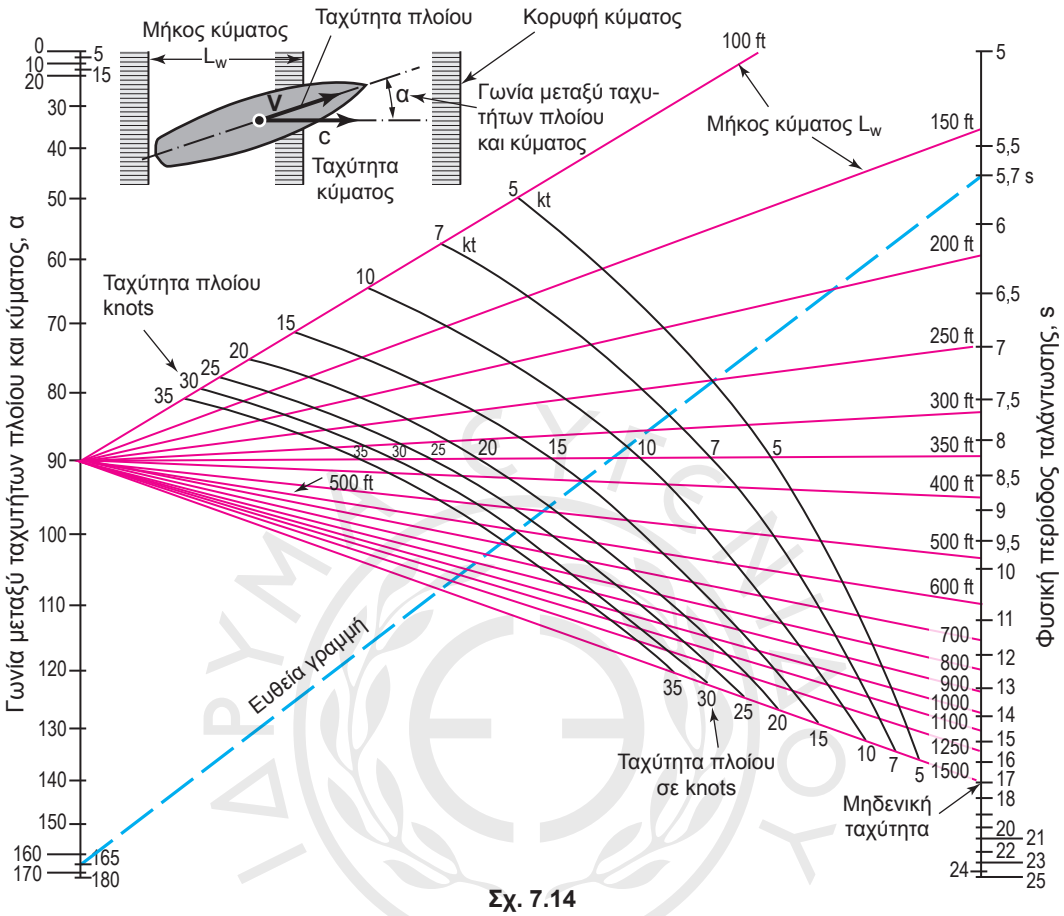
Από το σχήμα 7.11:

$$\frac{\Phi_{max}}{\Phi} = 1{,}3$$

Άρα: $\Phi_{max} = 1{,}3 \times 0{,}114 = 0{,}1482$ ακτίνια ή σε μοίρες

$$\Phi_{max} = 0{,}1482 \times \frac{360}{2\pi} = 8{,}5 \text{ μοίρες}$$

Για την ευκολότερη εύρεση της πιθανότητας συντονισμού σε διατοιχισμό, προνευτασμό ή ταλάντωση εμβάπτισης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το νομογράφημα συντονισμού του σχήματος 7.14. Συνδέοντας με μία ευθεία τη φυσική περίοδο του πλοίου, σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω τρεις κινήσεις, με τη γωνία α που σχηματίζουν οι διευθύνσεις κίνησης του πλοίου και του κύματος έχουμε (πάνω στην ευθεία) όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μήκους κύματος και ταχύτητας που οδηγούν σε συντονισμό. Στο παράδειγμα του σχήματος έχουμε ένα πλοίο με περίοδο προνευτασμού 5,7 s, όταν η γωνία α είναι 165°. Σε αυτήν την περίπτωση, όταν το πλοίο κινείται με ταχύτητα 10 knots, συντονίζεται με κύμα μήκους 325΄, ενώ όταν κινείται με 20 knots έχουμε συντονισμό με κύμα μήκους 470΄.



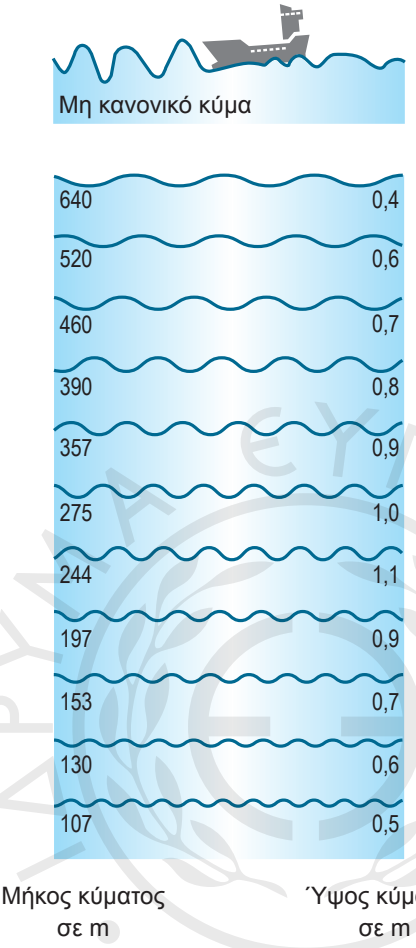
Σχ. 7.14
Νομογράφημα συντονισμού.

7.8 Στατιστική εξέταση των κινήσεων του πλοίου σε μη κανονικά κύματα

Στα προηγούμενα κεφάλαια δόθηκαν μερικά στοιχεία για τις κινήσεις που πραγματοποιεί ένα πλοίο το οποίο ταξιδεύει σε περιβάλλον κανονικών κυμάτων. Τις περισσότερες φορές, όμως, η θαλασσοταραχή περιλαμβάνει μία σειρά όχι κανονικών κυμάτων. Η περιγραφή μιας τέτοιας κατάστασης της θάλασσας γίνεται με τα λεγόμενα ***φάσματα ενέργειας του κύματος***, που περιγράφουν με μαθηματικό τρόπο την κατάσταση (από πλευράς κύματος) που επικρατεί σε μία περιοχή όταν, πνέει άνεμος με συγκεκριμένη ένταση.

Στο σχήμα 7.15 φαίνεται ένα μη κανονικό κύμα. Στο κάτω μέρος του σχήματος, βλέπουμε μια σειρά από κανονικά κύματα με διάφορα ύψη και μήκη που όταν αθροισθούν θα δώσουν το μη κανονικό κύμα. Με μια τέτοια αναλύση μπορούμε στη συνέχεια με μαθηματικές μεθόδους να κατασκευάσουμε το φάσμα ενέργειας του κύματος που προαναφέραμε.

Με τις πληροφορίες που δίνουν τα παραπάνω φάσματα και με άλλα στοιχεία



Σχ. 7.15
Ανάλυση κύματος σε συνιστώσες.

που προκύπτουν από πειράματα σε δεξαμενές προτύπων, είναι δυνατό να βρεθούν σε στατιστική μορφή, διάφορες πληροφορίες που σχετίζονται με τη λειτουργία του. Τέτοιες πληροφορίες είναι για παράδειγμα το πόσες φορές θα ξενερίσει η πλώρη ή η πρύμνη του πλοίου ή τι πιθανότητα έχει η κατακόρυφη επιτάχυνση να υπερβεί κάποια τιμή, όταν το πλοίο αντιμετωπίσει θαλασσοταραχή που αντιστοιχεί σε ένα ορισμένο φάσμα. Μια άλλη σοβαρή πληροφορία που μπορεί να βρεθεί με τις παραπάνω μεθόδους είναι η μείωση της ταχύτητας του πλοίου που θα προκύψει ως αποτέλεσμα της θαλασσοταραχής.

Οι παραπάνω στατιστικές πληροφορίες είναι πάρα πολύ χρήσιμες για:

1) Τη σύγκριση διάφορων πλοίων μεταξύ τους.

2) Την εξέταση διάφορων αλλαγών στη μορφή του πλοίου πριν αυτό σχεδιασθεί.

3) Την απόκτηση στατιστικών πληροφοριών που σχετίζονται με την εκμετάλλευση του πλοίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Βασικά σχέδια και μελέτες για την κατασκευή πλοίου

8.1 Κατάταξη σχεδίων και μελετών

Για να κατασκευασθεί ένα πλοίο, χρειάζεται να εκπονηθεί μεγάλος αριθμός σχεδίων και μελετών. Ανάλογα με τη χρονική περίοδο που εκπονούνται τα παραπάνω σχέδια και οι μελέτες και ανάλογα με τις λεπτομέρειες που περιέχουν και τον σκοπό τους, μπορούν να καταταγούν σε:

1) ***Προκαταρκτικά σχέδια και μελέτες***, που περιγράφουν, σε πολύ γενικές γραμμές, τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός πλοίου που πρόκειται να κατασκευαστεί,

2) ***Σχέδια συμβολαίου***, που προκύπτουν από τα προκαταρκτικά σχέδια, αλλά περιέχουν πολύ περισσότερες λεπτομέρειες, ώστε να είναι δυνατή με αυτά η πλήρης περιγραφή του πλοίου και των συστημάτων του στο συμβόλαιο που υπογράφεται για την κατασκευή του.

3) ***Λεπτομερειακά κατασκευαστικά σχέδια***, που περιέχουν όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες του πλοίου και των συστημάτων του και έχουν τέτοιο βαθμό πληρότητας, ώστε να είναι δυνατή με αυτά η κατασκευή του πλοίου από το ναυπηγείο.

Τα προκαταρκτικά σχέδια και οι μελέτες, καθώς και τα σχέδια του συμβολαίου μπορούν να εκπονηθούν από το γραφείο του πλοιοκτήτη ή από ανεξάρτητο γραφείο μελετών ή και από το ναυπηγείο. Αντίθετα, τα κατασκευαστικά σχέδια εκπονούνται σχεδόν πάντοτε από το ναυπηγείο που θα κατασκευάσει το πλοίο.

Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός από τα παραπάνω σχέδια και μελέτες υπάρχει στο αρχείο του πλοίου με σκοπό να χρησιμοποιηθούν από το πλήρωμα στις διάφορες φάσεις κατασκευής του. Τα σχέδια αυτά μπορούν, γενικά, να καταταγούν σε:

1) Περιγραφικά και

2) κατασκευαστικά.

Μία άλλη κατάταξη των σχεδίων, ανάλογα με τον τομέα που καλύπτουν, είναι η παρακάτω:

1) Σχέδια δυνατοτήτων και χαρακτηριστικών.

2) Σχέδια σκάφους.

3) Μηχανολογικά σχέδια.

4) Ηλεκτρολογικά σχέδια.

Για ένα πλοίο, που πρόκειται να κατασκευασθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς κάποιου Νηογνώμονα, είναι απαραίτητη η έγκριση από τον Νηογνώμονα ορισμένου αριθμού σχεδίων.

Τα σχέδια που πρέπει να εγκριθούν, ποικίλλουν από Νηογνώμονα σε Νηογνώ-

μονα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σύμφωνα με τους κανονισμούς του ABS θα πρέπει να υποβληθούν σε αυτόν για έγκριση τα ακόλουθα σχέδια:

1) Κατασκευαστικό μέσης τομής.
2) Κατασκευαστική πλάγια όψη του πλοίου.
3) Κατασκευαστικά καταστρωμάτων.
4) Κατασκευαστικά πυθμένα και ενισχύσεων του πυθμένα.
5) Τοποθέτησης νομέων.
6) Ελασμάτων διπύθμενου.
7) Αναπτύγματος ελασμάτων.
8) Υποστηλωμάτων και άλλων ενισχύσεων.
9) Κατασκευαστικά φρακτών.
10) Κατασκευαστικά σηράγγων αξόνων.
11) Κατασκευαστικά αναφωτίδων μηχανοστασίου και βάσεων μηχανών και μηχανημάτων.
12) Κατασκευαστικά πλώρης και ενισχύσεων της πλώρης.
13) Κατασκευαστικά πρύμνης και ενισχύσεων της πρύμνης.
14) Κατασκευαστικά πηδαλίου.
15) Κατασκευαστικά στηριγμάτων ελικοφόρων αξόνων.
16) Κατασκευαστικά υπερκατασκευών.
17) Κατασκευαστικά ανοιγμάτων αμπαριών και συστημάτων κλεισίματός τους.
18) Κατασκευαστικά συστημάτων χειρισμού αγκυρών.

Επίσης, είναι απαραίτητο να δίνονται προς έγκριση στην Κρατική Αρχή, που είναι επιφορτισμένη με τον έλεγχο και την παρακολούθηση της ασφάλειας και της καλής κατάστασης του πλοίου, και ορισμένα άλλα σχέδια και μελέτες.

Για την «αναγνώριση» π.χ. ενός πλοίου ως ελληνικού επιβατικού, είναι απαραίτητο να υποβάλλονται στην Επιθεώρηση Εμπορικών Πλοίων (ΕΕΠ) του Υ.Ε.Ν. σύμφωνα με το Β.Δ. 569/13/31 Αυγούστου 68, τα παρακάτω σχέδια και μελέτες:

1) Σχέδιο γραμμών.
2) Σχέδιο γενικής διάταξης πλοίου.
3) Σχέδιο αναπτύγματος ελασμάτων.
4) Υδροστατικό διάγραμμα.
5) Σχέδιο καμπυλών ευστάθειας.
6) Σχέδιο διάταξης δεξαμενών με χωρητικότητες.
7) Σχέδιο μέγιστου νομέα.
8) Σχέδιο κλιμάκων βυθισμάτων-Deadweight.
9) Σχέδιο καταστρώματος με στοιχεία αντοχής.
10) Σχέδιο διάταξης μηχανοστασίου - ηλεκτροστασίου.
11) Σχέδιο βάσεων μηχανών και μηχανημάτων.
12) Κατασκευαστικό σχέδιο πηδαλίου.
13) Σχέδιο μετάδοσης κίνησης από τη γέφυρα στο πηδάλιο.
14) Σχέδιο έδρασης αξόνων.
15) Σχέδιο διάταξης δικτύου υγρού έρματος-κύτους-πυρκαγιάς.

16) Σχέδιο πυρίμαχης προστασίας και μέσων ανίχνευσης πυρκαγιάς.
17) Σχέδιο διάταξης χώρων επιβατών.
18) Σχέδιο διάταξης σωστικών μέσων.
19) Σχέδιο λεπτομερειών ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.
20) Μελέτη κατάκλυσης.
21) Μελέτη γραμμής φόρτωσης.
22) Μελέτη αρχικής ευστάθειας.
23) Μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη.
24) Μελέτη ισολογισμού ηλεκτρικής ενέργειας.
25) Περιγραφή μηχανών και μηχανημάτων.
26) Περιγραφή μέσων φορτοεκφόρτωσης.
27) Περιγραφή συστημάτων ασυρμάτου-ραδιοτηλεφωνίας.
28) Περιγραφή σωστικών μέσων.

Υπάρχουν εκτός από το Β.Δ. 569/13/31 Αυγούστου 68, και άλλα νομοθετημένα κείμενα που καθορίζουν τα σχέδια που πρέπει να υποβληθούν στην ΕΕΠ πριν από την κατασκευή πλοίου.

Στις επόμενες παραγράφους θα γίνει απαρίθμηση και σύντομη περιγραφή των σχεδίων (κυρίως περιγραφικών) και μελετών, που την ύπαρξη και χρησιμοποίησή τους πρέπει να γνωρίζει ο Πλοίαρχος και οι Αξιωματικοί του πλοίου.

8.2 Σχέδια και μελέτες που ισχύουν για όλα τα πλοία

8.2.1 Σχέδιο γραμμών (Lines Plan)

Το σχέδιο αυτό αποτελεί τη βάση της γεωμετρίας του πλοίου και είναι απόλυτα απαραίτητο για την πραγματοποίηση των περισσότερων μελετών.

Εξαιτίας του πολύπλοκου σχήματος του πλοίου, δεν είναι δυνατή η παράστασή του με τις συνηθισμένες τρεις όψεις (κάτοψη, πρόσοψη και πλάγια όψη) του μηχανολογικού σχεδίου. Για την παράσταση του πλοίου είναι απαραίτητη η τομή του από τρία συστήματα παράλληλων επιπέδων. Δηλαδή επιπέδων που είναι παράλληλα προς:

Την ***ίσαλο σχεδίασης,*** το ***επίπεδο συμμετρίας*** του πλοίου και το ***επίπεδο της μέσης τομής***.

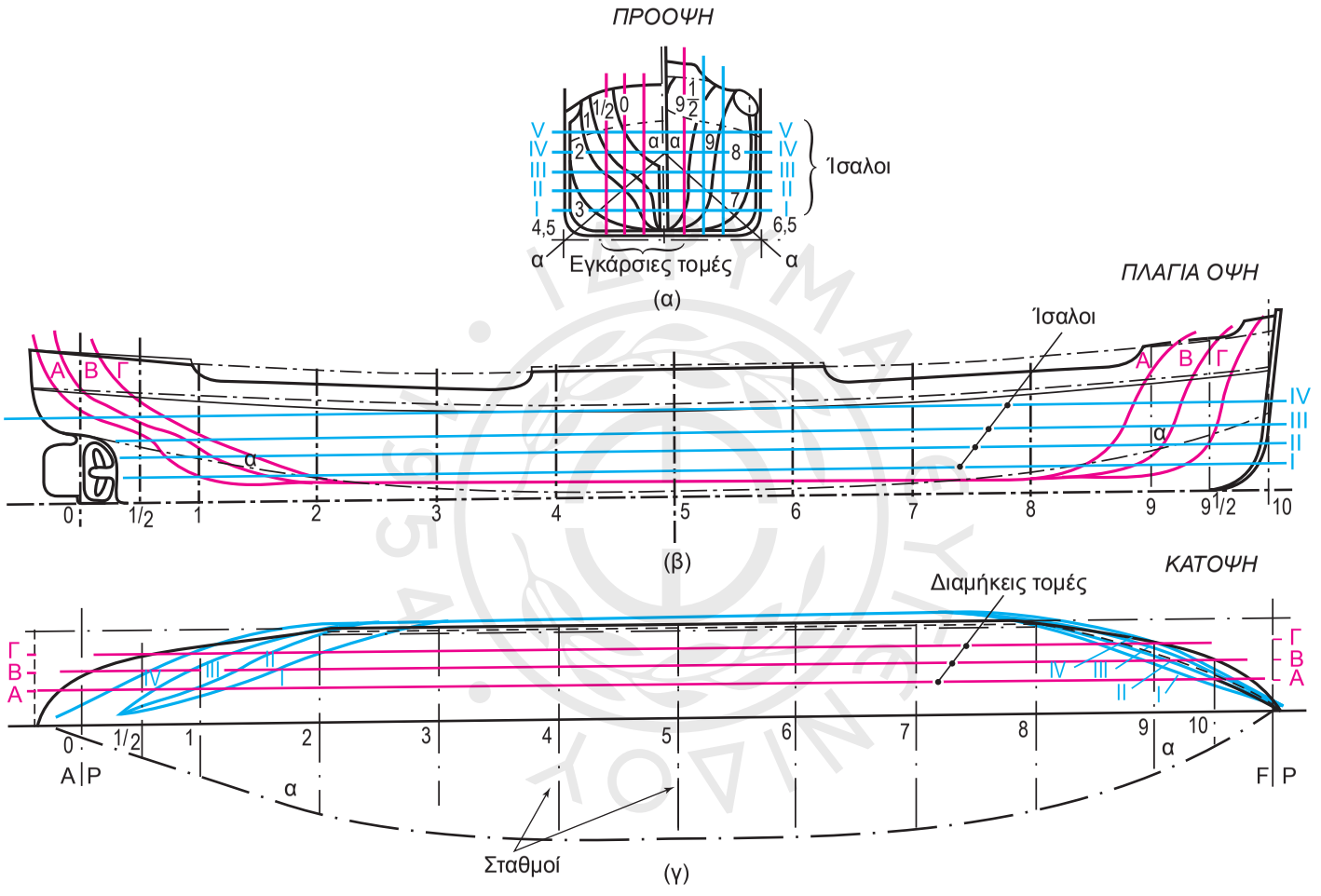
Οι προβολές των τομών του περιβλήματος του πλοίου με τα παραπάνω επίπεδα δίνουν το σχέδιο γραμμών που αποτελείται από τρία τμήματα:

1) Το σχέδιο εγκάρσιων τομών (body plan).
2) Το σχέδιο των παρισάλων (half-breadth plan).
3) Το σχέδιο διαμήκων τομών (profile ή sheer plan).

Στο σχήμα 8.1 φαίνεται τυπικό σχέδιο γραμμών πλοίου.

8.2.2 Σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου (Capacity Plan)

Το σχέδιο αυτό περιλαμβάνει μία διαμήκη τομή του πλοίου, κατόψεις των καταστρωμάτων και, ορισμένες φορές, μερικές χαρακτηριστικές εγκάρσιες τομές, με επεξηγήσεις πάνω στη χρήση κάθε χώρου. Στο σχέδιο αυτό περιέχονται, συνήθως, οι παρακάτω ουσιαστικές για την εκμετάλλευση του πλοίου, πληροφορίες:



Σχ. 8.1
Τυπικό σχέδιο γραμμών πλοίου
(α) Σχέδιο εγκάρσιων τομών. (β) Σχέδιο διαμήκων τομών. (γ) Σχέδιο παρισάλων.

1) Βασικές διαστάσεις.

2) Κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος πρόωσης.

3) Στοιχεία των δεξαμενών του πλοίου (πόσιμο νερό, τροφοδοτικό νερό, υγρό έρμα, λάδι λίπανσης, πετρέλαιο). Στα στοιχεία των δεξαμενών περιλαμβάνεται η θέση τους, που περιγράφεται με τους νομείς και τα καταστρώματα που τις ορίζουν, οι όγκοι και τα βάρη των υγρών που θα δεχθούν, η θέση του κέντρου βάρους κάθε δεξαμενής (κατά τους τρεις άξονες) και οι ελεύθερες επιφάνειες.

4) Πληροφορίες για την ανυψωτική ικανότητα των ανυψωτικών μέσων του πλοίου.

5) Διαστάσεις των ανοιγμάτων των αμπαριών,

6) Όγκοι και κέντρα βάρους (κατά τους τρεις άξονες) των αμπαριών του πλοίου.

7) Κλίμακα εκτοπίσματος και Deadweight από την οποία, με βάση το μέσο βύθισμα του πλοίου, μπορούν να βρεθούν: το εκτόπισμα, το Deadweight, t/cm ή ανά in βύθισης και η ροπή μεταβολής διαγωγής κατά 1 cm ή 1 in. Στην κλίμακα αυτή είναι χαραγμένη και η γραμμή φόρτωσης του πλοίου.

8) Στοιχεία για τον αριθμό επιβατών που μπορεί να μεταφέρει το πλοίο (για επιβατικά πλοία μόνο).

8.2.3 Σχέδια γενικής διάταξης (General Arrangement Plans)

Μπορεί να είναι ένα μόνο σχέδιο ή περισσότερα, ανάλογα με το πόσα καταστρώματα υπάρχουν. Το σχέδιο ή τα σχέδια γενικής διάταξης περιέχουν πλάγια όψη του πλοίου και κατόψεις καταστρωμάτων. Μοιάζουν αρκετά με το σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου, με τη διαφορά ότι έχουν λιγότερες περιγραφικές πληροφορίες και περισσότερες λεπτομέρειες σχετικές με την εσωτερική διάταξη του πλοίου, π.χ. εσωτερική διάταξη του σαλονιού ή του εστιατορίου σε ένα επιβατικό πλοίο.

8.2.4 Υδροστατικό διάγραμμα (Hydrostatic Curves)

Το υδροστατικό διάγραμμα είναι μία δέσμη από καμπύλες που μας δίνουν τη μεταβολή διάφορων γεωμετρικών χαρακτηριστικών του πλοίου. Ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζονται τα διάφορα στοιχεία που περιέχονται στο υδροστατικό διάγραμμα και η λεπτομερής περιγραφή του γίνεται στο βιβλίο: «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Τα στοιχεία του υδροστατικού διαγράμματος έχουν εξαιρετική χρησιμότητα για τον Πλοίαρχο, γιατί χρησιμοποιούνται σε υπολογισμούς σχετικούς με τη φόρτωση του πλοίου.

Όλες οι πληροφορίες δίνονται ως συναρτήσεις του μέσου βυθίσματος ή του βυθίσματος στο κέντρο πλευστότητας.

Συνοπτικά, το υδροστατικό διάγραμμα περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:

1) Τον όγκο εκτοπίσματος σε m^3 ή ft^3.

2) Το εκτόπισμα σε γλυκό νερό σε t (μετρικούς ή αγγλικούς).

3) Το εκτόπισμα σε θάλασσα σε t (μετρικούς ή αγγλικούς).

4) Τη διαμήκη θέση του κέντρου όγκου, μετρούμενη σε m ή ft από την πρυμναία κάθετο ή το μέσο του πλοίου.

5) Τη διαμήκη θέση του κέντρου πλευστότητας του πλοίου, μετρούμενη σε m ή ft από την πρυμναία κάθετο ή το μέσο του πλοίου.

6) Την κατακόρυφη θέση του κέντρου όγκου πάνω από την τρόπιδα, σε m ή ft.

7) Τους t/cm ή ανά in παράλληλης βυθισης του πλοίου.

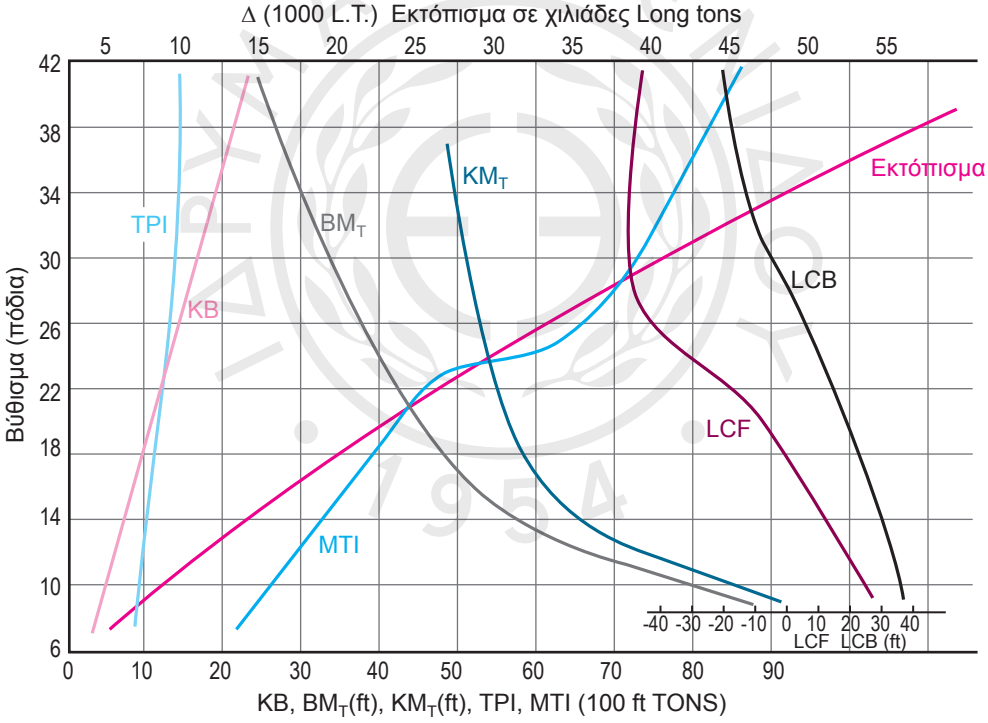
8) Τη ροπή μεταβολής διαγωγής του πλοίου κατά 1 cm ή in σε τονόμετρα ή τονόποδες αντίστοιχα.

9) Την κατακόρυφη θέση του εγκάρσιου μετάκεντρου (πάνω από την τρόπιδα), σε m ή ft.

10) Τους συντελεστές λεπτότητας γάστρας.

11) Τη βρεχόμενη επιφάνεια.

Για μεγαλύτερη διευκόλυνση του Πλοιάρχου οι παραπάνω πληροφορίες σε πολλά πλοία δίνονται, εκτός από τη μορφή δέσμης καμπυλών, και με τη μορφή πίνακα. Ένα τυπικό υδροστατικό διάγραμμα φαίνεται στο σχήμα 8.2.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

TPI = t/in βυθίσματος LT/in
KB = Κατακόρυφη θέση κέντρου όγκου (ft)
BM_T = Εγκάρσια μετακεντρική ακτίνα (ft)
KM_T = Κατακόρυφη θέση εγκάρσιου μετάκεντρου (ft)
LCB = Διαμήκης θέση κέντρου όγκου (από το μέσο σε ft)
LCF = Διαμήκης θέση κέντρου πλευστότητας (από το μέσο σε ft)
MTI = Ροπή μεταβολής διαγωγής κατά 1 in (t-ft/in)

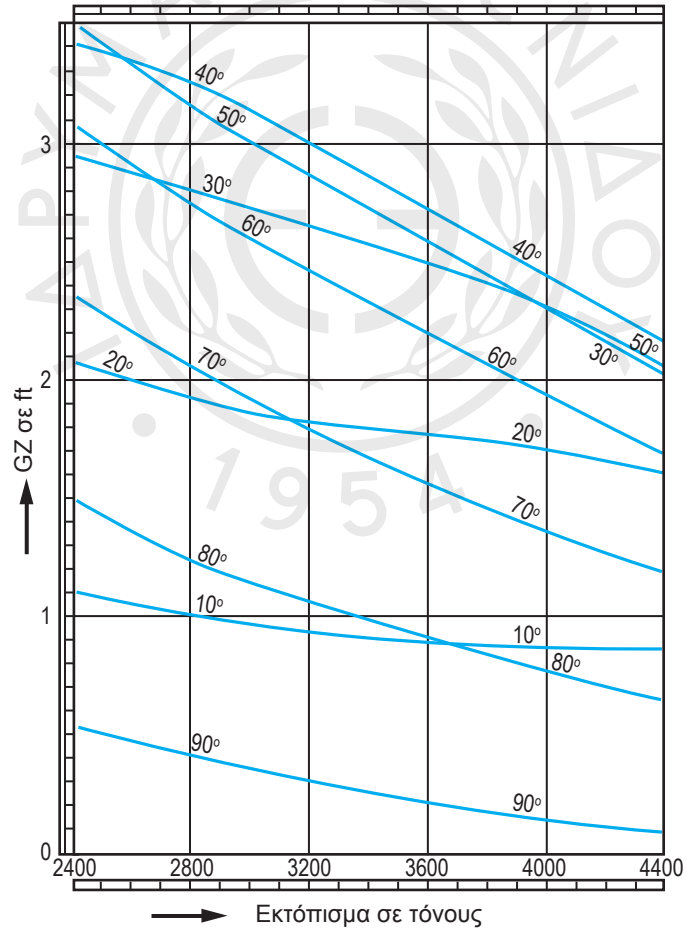
Σχ. 8.2
Υδροστατικό διάγραμμα.

8.2.5 Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας (Cross Curves of Stability)

Το σχέδιο αυτό περιγράφεται λεπτομερώς στο βιβλίο: «Ευστάθεια - Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Περιλαμβάνει μία δέσμη από καμπύλες από τις οποίες καθεμιά δίνει τη μεταβολή του μοχλοβραχίονα επαναφοράς του πλοίου (GZ) σε συνάρτηση με το εκτόπισμα, για κάθε γωνία εγκάρσιας κλίσης (σχ. 8.3).

Κάθε τέτοιο σχέδιο βασίζεται σε μια υποθετική κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους. Για οποιαδήποτε άλλη θέση του κέντρου βάρους, οι πληροφορίες του σχεδίου (μοχλοβραχίονες επαναφοράς GZ) πρέπει να διορθώνονται. Πολύ συχνά, οι υπολογισμοί γίνονται για KG = 0 (παρόλο που μια τέτοια τιμή είναι αδύνατη) επειδή έτσι προκύπτουν πιο ευανάγνωστες καμπύλες. Αν γνωρίζουμε σε κάποια κατάσταση φόρτου το εκτόπισμα του πλοίου και την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους, μπορούμε, από τα στοιχεία του σχεδίου παραμετρικών καμπύλων ευστάθειας, να



Σχ. 8.3
Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.

σχεδιάσουμε την ***καμπύλη ευστάθειας,*** απαραίτητη σε πολλούς υπολογισμούς που σχετίζονται με τη φόρτωση και ευστάθεια του πλοίου.

8.2.6 Σχέδιο αναπτύγματος ελασμάτων (Shell Expansion Plan)

Το σχέδιο αναπτύγματος ελασμάτων δίνει, σε επίπεδη μορφή, την παράπλευρη επιφάνεια κάθε πλευράς του πλοίου. Το σχέδιο αυτό περιέχει συνοπτικά:

1) Αριθμολόγηση με γράμματα και αριθμούς των ελασμάτων του περιβλήματος του πλοίου.
2) Διαστάσεις και πάχος κάθε ελάσματος.
3) Θέσεις συγκολλήσεων μεταξύ των ελασμάτων.
4) Θέσεις νομέων και φρακτών.
5) Άλλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

Ειδικότερα για το πάχος των ελασμάτων, στο σχέδιο του αναπτύγματος αναγράφεται το αρχικό και εγκεκριμένο από τον Νηογνώμονα πάχος. Τα αποτελέσματα από κάθε μέτρηση του πάχους των ελασμάτων του πλοίου, καταγράφονται σε ένα αντίγραφο του σχεδίου αναπτύγματος, για να είναι έτσι δυνατή η σύγκριση με τα αρχικά και ο προγραμματισμός επισκευών (αντικαταστάσεων ελασμάτων) του περιβλήματος του πλοίου.

Ένα τυπικό σχέδιο αναπτύγματος ελασμάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 8.4. Στο σχήμα αυτό βλέπομε επίσης και το ανάπτυγμα ενός καταστρώματος.

8.2.7 Κατασκευαστικό σχέδιο μέσης τομής (Midship Section Structural Plan)

Το σχέδιο αυτό δίνει τα βασικά στοιχεία από την κατασκευαστική διαμόρφωση της μέσης τομής του πλοίου. Πιο συγκεκριμένα, το κατασκευαστικό σχέδιο της μέσης τομής του πλοίου περιλαμβάνει στοιχεία για:

1) Τα πάχη της επίπεδης τρόπιδας του πυθμένα, των πλευρών και των καταστρωμάτων.
2) Τις θέσεις και διαστάσεις των διαμήκων ενισχύσεων.
3) Τη διαμόρφωση του διπύθμενου, αν υπάρχει.
4) Τη διαμόρφωση των ανοιγμάτων των αμπαριών.
5) Τη διαμόρφωση κιόνων, αν υπάρχουν.
6) Άλλα κατασκευαστικά στοιχεία.

Περισσότερες λεπτομέρειες για το σχέδιο αυτό δίνονται στο επόμενο κεφάλαιο (κεφ. 9) που αναφέρεται στην κατασκευή του πλοίου.

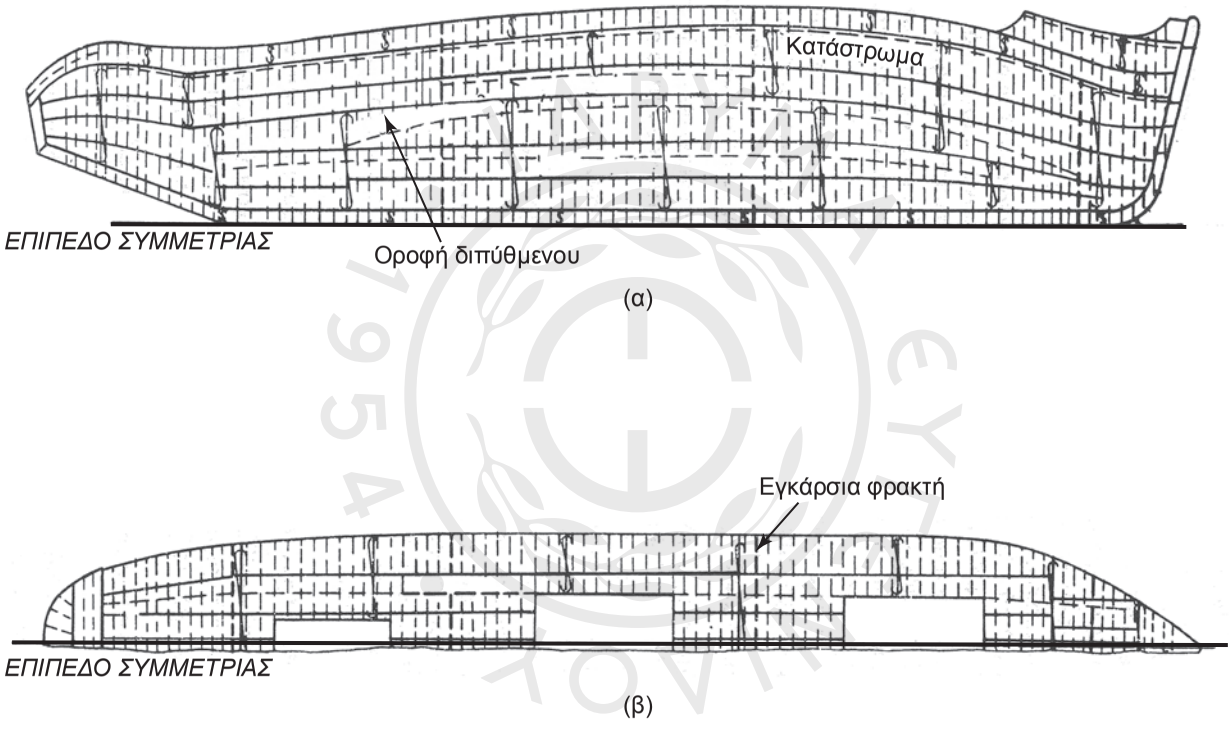
8.2.8 Κατασκευαστικές πλάγιες όψεις και καταστρώματα (Profiles and Decks)

Τα σχέδια αυτά, μαζί με το κατασκευαστικό σχέδιο της μέσης τομής, συμπληρώνουν τη γενική περιγραφή της κατασκευαστικής δομής του πλοίου.

Λεπτομέρειες για τις πληροφορίες που περιέχουν, δίνονται στο κεφάλαιο 9.

8.2.9 Σχέδια συσχετισμού ταχύτητας – στροφών – ιπποδύναμης – κατανάλωσης

Τα παραπάνω σχέδια είναι βασικά για τη σωστή εκμετάλλευση του πλοίου.



Σχ. 8.4
Ανάπτυγμα ελασμάτων.
(α) Σχέδιο αναπτύγματος ελασμάτων.
(β) Σχέδιο αναπτύγματος καταστρώματος.

Πιο συγκεκριμένα, με τις πληροφορίες αυτών των σχεδίων είναι δυνατός ο συσχετισμός ταχύτητας και κατανάλωσης, που είναι ζωτικής σημασίας για τη λήψη αποφάσεων που επηρεάζουν την οικονομική λειτουργία του πλοίου. Στοιχεία για τον τρόπο χρησιμοποίησης των πληροφοριών έχουν δοθεί στην παράγραφο 6.14.

8.3 Σχέδια και μελέτες για επιβατικά πλοία

8.3.1 Γενικά

Επειδή τα επιβατικά πλοία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μεγάλου αριθμού επιβατών κάθε ηλικίας και μάλιστα όχι εξοικειωμένους με το θαλάσσιο στοιχείο, είναι απαραίτητο να πληρούν ειδικούς κανονισμούς ασφάλειας.

Η απόδειξη αλλά κυρίως οι προϋποθέσεις για την εξασφάλιση της τήρησης των παραπάνω κανόνων ασφάλειας, επιβάλλει την εκπόνηση ειδικών μελετών. Η γνώση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από τις μελέτες είναι ουσιαστική για τον Πλοίαρχο, γιατί του επιτρέπει να γνωρίζει:

1) Μέχρι πού μπορεί να φθάσει η ασφάλεια του πλοίου του, κυρίως από την υπόψη κατάκλυσης διαμερισμάτων.

2) Τι πρέπει να γίνεται στο πλοίο, για να είναι τα παραπάνω περιθώρια ασφάλειας ***πράγματι*** εξασφαλισμένα.

Στα επόμενα θα δοθεί μια συνοπτική περιγραφή των ειδικών αυτών μελετών. Περισσότερα στοιχεία για τη χρησιμοποίησή τους θα δοθούν στο σχετικό με την αντιμετώπιση βλαβών κεφάλαιο.

8.3.2 Σχέδια προστασίας από πυρκαγιά (Fire Control Plans)

Τα σχέδια προστασίας από πυρκαγιά πρέπει, οπωσδήποτε, να υπάρχουν στο πλοίο και να είναι, οπωσδήποτε, αναρτημένα σε συγκεκριμένα σημεία του.

Τα σχέδια αυτά είναι στην ουσία σχέδια γενικής διάταξης του πλοίου, που περιέχουν:

1) Τις ζώνες προστασίας και τους σταθμούς ελέγχου για κάθε κατάστρωμα.

2) Τα σημεία σήμανσης πυρκαγιάς.

3) Τα συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς.

4) Τις λεπτομέρειες του συστήματος ράντισης.

5) Τον εξοπλισμό για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς.

6) Τρόπους διαφυγής από κάθε διαμέρισμα.

7) Λεπτομέρειες για τον χειρισμό των ανεμιστήρων και των διαφραγμάτων του δικτύου αερισμού.

8.3.3 Μελέτη κατάκλυσης (Floodable Lengths Curve)

Σε αυτήν εξετάζονται οι επιπτώσεις από την κατάκλυση ενός ή περισσότερων διαδοχικών στεγανών διαμερισμάτων στον προσδιορισμό της ισάλου στην οποία θα πλεύσει το πλοίο στο τέλος της κατάκλυσης. Για τους σχετικούς υπολογισμούς θα πρέπει να γνωρίζουμε:

1) Το βύθισμα στο οποίο πλέει το πλοίο αρχικά.

2) Τη θέση και το μέγεθος του διαμερίσματος ή των διαμερισμάτων που θεωρούνται ότι βρίσκονται σε επικοινωνία με τη θάλασσα.

3) Τον βαθμό στον οποίο μπορεί να γεμίσει το νερό το διαμέρισμα λόγω της παρουσίας μέσα σε αυτό διάφορων αντικειμένων (διαχωρητότητα).

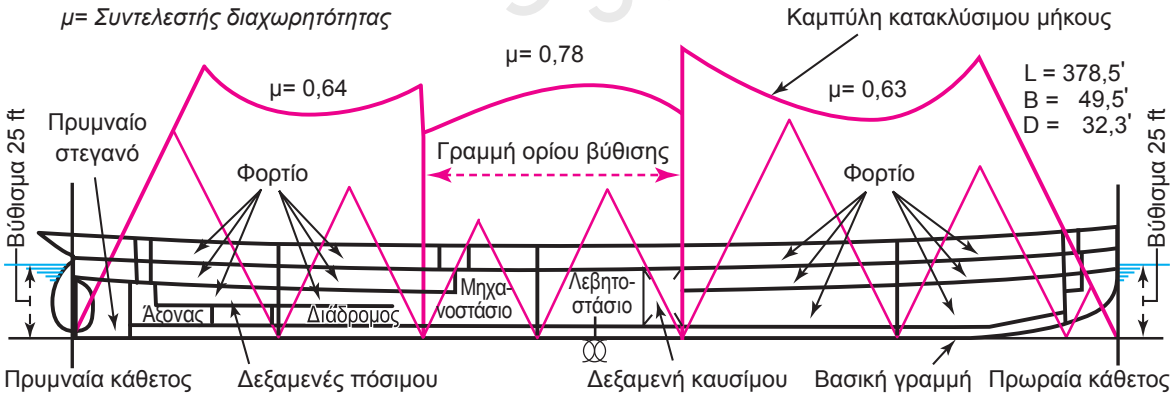
Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης βρίσκονται συγκεντρωμένα σε ένα σχέδιο το οποίο ονομάζεται ***σχέδιο κατακλύσιμων μηκών*** (floodable length curve). Το σχέδιο αυτό (σχ. 8.5) δείχνει σε ποια στεγανά διαμερίσματα ή σε ποιους συνδυασμούς στεγανών διαμερισμάτων είναι δυνατή η κατάκλυση, χωρίς να δημιουργείται βύθιση του πλοίου σε σημείο που να πλησιάζει το ***κατάστρωμα στεγανής υποδιαίρεσης*** (subdivision deck) στην πλευρά (στεγανό κατάστρωμα μέχρι το οποίο φθάνουν οι στεγανές φρακτές) σε απόσταση μικρότερη από 3 in.

Υποτίθεται ότι όταν η στάθμη του νερού βρίσκεται χαμηλότερα από το παραπάνω όριο, που ονομάζεται ***Γραμμή ορίου βύθισης*** (margin line), θα αποφευχθεί η προοδευτική κατάκλυση και άλλων διαμερισμάτων από ανοίγματα πάνω από το κατάστρωμα στεγανής υποδιαίρεσης, πράγμα που θα μπορούσε να δημιουργήσει ολική βύθιση του πλοίου. Οι σχετικοί υπολογισμοί γίνονται για κατάσταση ήρεμου νερού (χωρίς κυματισμό).

Το σχέδιο κατακλύσιμων μηκών δεν δίνει στοιχεία ούτε για τα τελικά (μετά την κατάκλυση) βυθίσματα ούτε για την τελική ευστάθεια του πλοίου.

Οι ευθείες που φέρονται στα άκρα των στεγανών φρακτών του πλοίου σχηματίζουν με την οριζόντια γωνία 63° 26. Όταν το σημείο τομής δύο τέτοιων ευθειών βρίσκεται κάτω από την καμπύλη, η κατάκλυση του διαμερίσματος δεν θα επιφέρει βύθιση του πλοίου πιο κάτω από τη ***Γραμμή ορίου βύθισης.*** Το ίδιο ισχύει για κάθε ζευγάρι διαδοχικών διαμερισμάτων. Στο σχήμα 8.5 κανένα διαμέρισμα, αν κατακλυσθεί μόνο του, δεν δημιουργεί βύθιση του πλοίου κάτω από την γραμμή του ορίου βύθισης.

Οι καμπύλες που φαίνονται στο σχήμα αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο αρχικό βύθισμα του πλοίου. Για άλλα βυθίσματα θα είχαμε άλλες καμπύλες. Όσο το βύθισμα αυξάνεται τόσο οι καμπύλες κατεβαίνουν χαμηλότερα.



Σχ. 8.5
Σχέδιο κατακλύσιμων μηκών.

8.3.4 Μελέτη ευστάθειας στην άθικτη κατάσταση

Λέμε ότι ένα πλοίο βρίσκεται σε ***άθικτη κατάσταση,*** όταν κανένα από τα διαμερίσματά του δεν βρίσκεται σε ελεύθερη επικοινωνία με τη θάλασσα.

Ένα επιβατικό πλοίο οφείλει, σύμφωνα με τους κανονισμούς, να ικανοποιεί, όταν βρίσκεται σε άθικτη κατάσταση, ορισμένες απαιτήσεις ευστάθειας. Συνοπτικά, οι απαιτήσεις αυτές αφορούν στο μέγεθος της εγκάρσιας κλίσης του πλοίου κάτω από την επίδραση των παρακάτω αιτίων.

1) Της δυσμενούς κατανομής και αριθμού επιβατών, όπου εξετάζονται οι επιπτώσεις που δημιουργούνται στην ευστάθεια, όταν υποτεθεί ότι όλοι οι επιβάτες του πλοίου βρίσκονται στα ανώτερα καταστρώματα και μάλιστα προς τη μία πλευρά τους.

2) Της επίδρασης ανέμου από την πλευρά, όπου εξετάζονται οι επιπτώσεις που δημιουργούνται στην ευστάθεια, όταν το πλοίο υφίσταται την πνοή, από την πλευρά, ανέμου συγκεκριμένης έντασης.

3) Της στροφής του πλοίου με τη μέγιστη ταχύτητα.

Οι συγκεκριμένες παράμετροι για τις τιμές των οποίων εξετάζονται τα παραπάνω θέματα, καθώς και οι απαραίτητες απαιτήσεις συμπεριφοράς του πλοίου καθορίζονται από νομοθετημένους κανονισμούς.

Η δυνατότητα ενός συγκεκριμένου πλοίου να ικανοποιήσει τις παραπάνω απαιτήσεις, εξαρτάται από τα βυθίσματα στα οποία πλέει και από το μετακεντρικό του ύψος. Με βάση τα παραπάνω, τα αποτελέσματα της μελέτης ευστάθειας σε άθικτη κατάσταση συνοψίζονται σε ένα σχέδιο (μια καμπύλη) συσχετισμού του μετακεντρικού ύψους και του βυθίσματος που εξασφαλίζει οριακά την ικανοποίηση των κανονισμών. Πιο συγκεκριμένα, η παραπάνω καμπύλη δίνει για κάθε βύθισμα το ***ελάχιστο μετακεντρικό ύψος*** που πρέπει να έχει το πλοίο, για να ικανοποιεί τους κανονισμούς. Εναλλακτικά, αντί για το ελάχιστο μετακεντρικό ύψος, η καμπύλη μπορεί να δίνει την υψηλότερη επιτρεπόμενη κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους (μέγιστο KG).

Με τον παραπάνω τρόπο παράστασης των αποτελεσμάτων είναι εύκολο για τον Πλοίαρχο να διαπιστώσει, με έναν υπολογισμό ζύγισης μόνο (εύρεση μέσου βυθίσματος και KG), κατά πόσο ικανοποιούνται οι κανονισμοί ευστάθειας στην άθικτη κατάσταση.

8.3.5 Μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη

Λέμε ότι ένα πλοίο βρίσκεται σε ***κατάσταση βλάβης,*** όταν ένα ή περισσότερα διαδοχικά διαμερίσματά του βρίσκονται σε ελεύθερη επικοινωνία με τη θάλασσα. Για παράδειγμα, αν σε ένα πλοίο δημιουργηθεί ρήγμα πάνω σε μία εγκάρσια φρακτή, μπορούμε να πούμε ότι έχει υποστεί βλάβη σε δύο στεγανά διαμερίσματα.

Όπως και στην άθικτη κατάσταση, ένα πλοίο σε κατάσταση βλάβης πρέπει, σύμφωνα με τους κανονισμούς, να ικανοποιεί ορισμένες απαιτήσεις ευστάθειας και πλευστότητας. Οι λεπτομέρειες των σχετικών κανονισμών περιέχονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φορτώσεις» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Η μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη έχει ως σκοπό να επιβεβαιώσει τη δυνατότητα του πλοίου να ικανοποιήσει τους σχετικούς κανονισμούς. Ταυτόχρονα, από τη μελέτη προκύπτουν και ορισμένοι συγκεκριμένοι περιορισμοί που σχετίζονται με

τη χρησιμοποίηση του πλοίου (π.χ. η υποχρέωση μερικές δεξαμενές του πλοίου να είναι πάντοτε γεμάτες).

Όπως και στην άθικτη κατάσταση, τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να συνοψισθούν σε ένα διάγραμμα με μία δέσμη από καμπύλες, η καθεμία από τις οποίες δίνει σε κάθε βύθισμα το απαιτούμενο (για έναν συνδυασμό διαμερισμάτων) ***ελάχιστο αρχικό*** (πριν από τη βλάβη) ***μετακεντρικό ύψος*** για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των κανονισμών. Παράδειγμα ενός τέτοιου διαγράμματος παρουσιάζεται στο σχήμα 8.6.

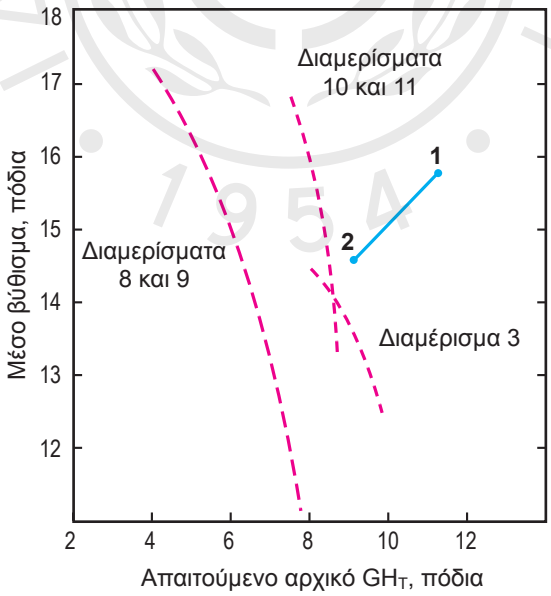
Στο σχήμα αυτό βλέπουμε τις απαιτήσεις σε μετακεντρικό ύψος για την ικανοποίηση των κανονισμών για τους συνδυασμούς των διαμερισμάτων 8, 9, 10 και 11, καθώς και για το διαμέρισμα 3. Επίσης στο σχήμα φαίνονται και δύο καταστάσεις φόρτωσης του πλοίου, οι οποίες βρίσκονται δεξιότερα απ' όλες τις καμπύλες, γεγονός που υποδηλώνει την ικανοποίηση των σχετικών απαιτήσεων.

8.4 Σχέδια και μελέτες ειδικά για φορτηγά πλοία

8.4.1 Γενικά

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των τύπων των φορτηγών πλοίων και Δ/Ξ, είναι δύσκολο να περιγράψει κάποιος κατά ενιαίο τρόπο τα σχέδια και τις μελέτες, που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον Πλοίαρχο. Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν συνοπτικές πληροφορίες για:

1) Το εγχειρίδιο ευστάθειας.
2) Τη μελέτη φόρτωσης σιτηρών.



Σχ. 8.6
Απαιτήσεις μετακεντρικού ύψους για κάλυψη των απαιτήσεων ευστάθειας μετά από βλάβη. (**1**=Κατάσταση πλήρους φόρτου-αναχώρηση. **2**=Κατάσταση πλήρους φόρτου-10% κατανάλωση καυσίμου).

Λεπτομέρειες για τις σχετικές μελέτες αναφέρονται στο βιβλίο: «Ευστάθεια -Φόρτωση» του Ιδρύματος Εύγενίδου.

8.4.2 Εγχειρίδιο ευστάθειας (Stability Manual)

Οι διάφοροι κρατικοί οργανισμοί που έχουν ως σκοπό την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και οι Νηογνώμονες έχουν θέσει κανονισμούς που σχετίζονται κυρίως με τη μορφή και τις ιδιότητες της καμπύλης ευστάθειας σε κάθε κατάσταση φόρτωσης ενός φορτηγού πλοίου.

Το ***εγχειρίδιο ευστάθειας*** είναι μία μελέτη που επιβεβαιώνει την ικανότητα του πλοίου να ικανοποιήσει τους σχετικούς κανονισμούς.

Συνοπτικά ένα εγχειρίδιο ευστάθειας περιέχει τις εξής πληροφορίες:

1) Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.

2) Στοιχεία του πειράματος ευστάθειας.

3) Στοιχεία για τις ελεύθερες επιφάνειες των δεξαμενών.

4) Υπολογισμούς για τον έλεγχο ικανοποίησης των κανονισμών σε συγκεκριμένες καταστάσεις φόρτωσης του πλοίου.

5) Στοιχεία τα οποία πρέπει να χρησιμοποιηθούν από τον Πλοίαρχο, ώστε να γίνουν από τον ίδιο υπολογισμοί σε καταστάσεις φόρτωσης, εκτός από εκείνες που περιέχονται στη μελέτη.

8.4.3 Μελέτες φόρτωσης σιτηρών (Grain Loading Manual)

Από όλα τα φορτία που μπορεί να μεταφέρει ένα φορτηγό πλοίο, τα σιτηρά παρουσιάζουν την ιδιομορφία να μετακινούνται όταν το πλοίο παίρνει εγκάρσιες κλίσεις. Η ιδιότητα αυτή των σιτηρών επηρεάζει δυσμενώς τη συμπεριφορά του πλοίου και μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνα προβλήματα ευστάθειας.

Για τον παραπάνω λόγο, η ΔΣ για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα έχει θεσπίσει ειδικούς κανονισμούς που πρέπει να ικανοποιούν τα φορτηγά πλοία όταν πρόκειται να μεταφέρουν σιτηρά.

Η μελέτη που επιβεβαιώνει την ικανοποίηση αυτών των κανονισμών από ένα πλοίο ονομάζεται ***μελέτη φόρτωσης σιτηρών.*** Επιπλέον η μελέτη φόρτωσης σιτηρών περιέχει και ορισμένα ειδικά μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται, ώστε το συγκεκριμένο πλοίο να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των κανονισμών (π.χ. τοποθέτηση μέσα στα αμπάρια διαμήκων διαχωρισμάτων).

Συνοπτικά μια μελέτη φόρτωσης σιτηρών περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:

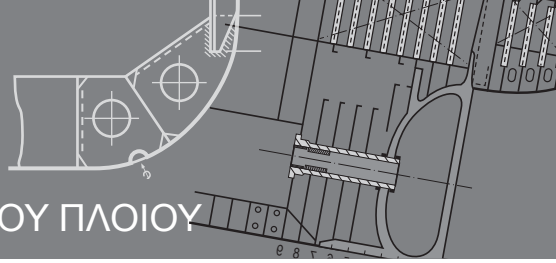
1) Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.

2) Στοιχεία για τις χωρητικότητες, τα κέντρα βάρους και τις ελεύθερες επιφάνειες των δεξαμενών.

3) Στοιχεία για τις χωρητικότητες και τα κέντρα βάρους των αμπαριών.

4) Υπολογισμούς για τον έλεγχο ικανοποίησης των κανονισμών σε συγκεκριμένες καταστάσεις φόρτωσης του πλοίου.

5) Στοιχεία που απαιτείται να χρησιμοποιηθούν από τον Πλοίαρχο, ώστε να γίνουν από τον ίδιο υπολογισμοί σε καταστάσεις φόρτωσης εκτός από εκείνες που περιέχονται στη μελέτη.



ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9
Υλικά κατασκευής του πλοίου και των συστημάτων του - Δοκιμές υλικών

9.1 Γενικά

Η επιλογή των διάφορων υλικών για την κατασκευή του πλοίου και των συστημάτων του καθορίζεται από τη μελέτη των ειδικών συνθηκών και απαιτήσεων για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή. Για την ορθή επιλογή κάθε υλικού, απαιτούνται γνώσεις από διάφορους τομείς της αντοχής των υλικών, της μεταλλουργίας και της ναυτικής μηχανολογίας.

Για την επιλογή του υλικού κατασκευής του πλοίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

1) Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες θα χρησιμοποιηθεί το υλικό. Σε αυτές περιλαμβάνεται και το μέγεθος των καταπονήσεων που αναμένονται.

2) Η προηγούμενη πείρα για τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένων υλικών σε κάθε σύστημα.

3) Οι ειδικές απαιτήσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή των κανονισμών του Νηογνώμονα ή άλλων νομοθετημένων κανονισμών.

4) Οι ειδικοί περιορισμοί που επιβάλλονται από τις μεθόδους επεξεργασίας των υλικών από το ναυπηγείο.

5) Άλλες ειδικές απαιτήσεις, όπως η επιτυχημένη συμπεριφορά των υλικών σε διαβρώσεις, οξειδώσεις ή υψηλή θερμοκρασία. Για την κατασκευή ενός πλοίου χρησιμοποιείται τεράστια ποικιλία υλικών που κατατάσσονται γενικά σε:

1) ***Μεταλλικά υλικά*** (π.χ. ο χάλυβας και το αλουμίνιο).

2) ***Μη μεταλλικά υλικά*** (π.χ. το ξύλο και τα πλαστικά).

Η συμπεριφορά ενός μεταλλικού υλικού εξαρτάται γενικά από:

1) Τη χημική του σύσταση.

2) Τη θερμική κατεργασία που έχει γίνει στο υλικό.

3) Τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού, που είναι αποτέλεσμα της χημικής σύστασης και της κατεργασίας.

Η χημική σύσταση και η θερμική κατεργασία ενός υλικού ανήκουν στον εξειδικευμένο τομέα γνώσεων του μεταλλουργού μηχανικού.

9.2 Μηχανικές ιδιότητες των υλικών και τρόποι πειραματικής διαπίστωσής τους

Η αρμοδιότητα για την επιθεώρηση και τη διαπίστωση (με πειράματα) των μη-

χανικών ιδιοτήτων των υλικών (κυρίως του χάλυβα), που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του πλοίου και των συστημάτων του, ανήκει στους επιθεωρητές του Νηογνώμονα.

Κάθε υλικό, μετά την επιβεβαίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του από τους επιθεωρητές του Νηογνώμονα, θεωρείται ***αποδεκτό*** και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το ναυπηγείο. Για παράδειγμα τα ελάσματα, που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του πλοίου, είναι σφραγισμένα με την ειδική σφραγίδα του Νηογνώμονα και το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ότι οι ιδιότητες του υλικού είναι σύμφωνες (και έχουν επιβεβαιωθεί) από τους επιθεωρητές του Νηογνώμονα.

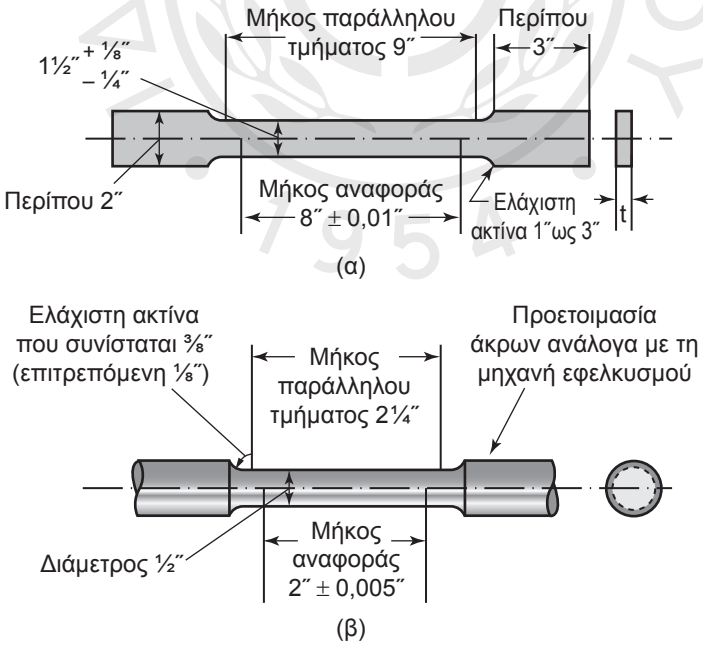
Στους κανονισμούς των Νηογνωμόνων καθορίζονται τα όρια των ιδιοτήτων του υλικού που επιτρέπουν τον χαρακτηρισμό του ως ***αποδεκτό*** για τη χρησιμοποίηση του στο πλοίο.

9.2.1 Το πείραμα εφελκυσμού

Για την πραγματοποίηση του πειράματος εφελκυσμού χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα ***δοκίμια*** κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής (σχ. 9.1).

Το δοκίμιο τοποθετείται σε ειδική θέση του ***μηχανήματος εφελκυσμού*** και εφελκύεται προοδευτικά μέχρι τη θραύση του.

Το μηχάνημα εφελκυσμού έχει μια ειδική γραφίδα που η θέση της πάνω σ' ένα κομμάτι χαρτί καθορίζεται από την τάση που εφαρμόζεται στο υλικό και από την παραμόρφωσή του. Έτσι πάνω στο χαρτί απεικονίζεται κατά την πραγματοποίηση

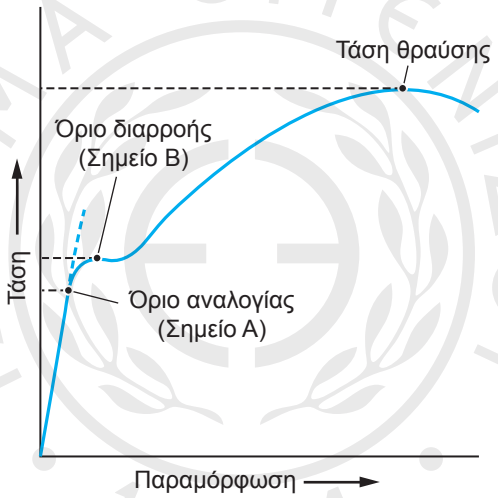


Σχ. 9.1

Δοκίμια εφελκυσμού. (α) Τετραγωνικό δοκίμιο. (β) Δοκίμιο κυκλικής διατομής.

του πειράματος η ***καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης.*** Μια τέτοια καμπύλη φαίνεται στο σχήμα 9.2.

Όπως φαίνεται από το σχήμα 9.2, η διαδικασία καταπόνησης του υλικού, που τελικά οδηγεί στη θραύση του, περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια. Στην αρχή η επιμήκυνση του υλικού είναι ανάλογη με την εφαρμοζόμενη τάση. Δηλαδή με την εφαρμογή διπλάσιας τάσης δημιουργείται και διπλάσια παραμόρφωση. Αυτό συνεχίζεται μέχρι κάποιο σημείο Α, το οποίο αποτελεί το ***όριο ελαστικότητας*** του υλικού. Μικρή αύξηση του φορτίου προκαλεί όχι πια ανάλογες παραμορφώσεις και ακολουθεί μία φάση αύξησης της παραμόρφωσης του υλικού χωρίς αύξηση της τάσης. Το τέλος αυτής της φάσης (σημείο Β) χαρακτηρίζεται ως το ***σημείο διαρροής.*** Η τάση που αντιστοιχεί σε αυτό το σημείο και που είναι ίση με το πηλίκο του φορτίου διά της αρχικής διατομής του δοκιμίου, ονομάζεται ***τάση διαρροής.***



Σχ. 9.2
Καμπύλη τάσης παραμόρφωσης.

Μετά το σημείο διαρροής η τάση αυξάνεται κάπως και στη συνέχεια ελαττώνεται μέχρι να επέλθει θραύση του δοκιμίου. Το πηλίκο του μέγιστου φορτίου διά της αρχικής διατομής του δοκιμίου ονομάζεται ***αντοχή θραύσης.***

Τόσο η τάση διαρροής όσο και η αντοχή θραύσης εκφράζονται στο μετρικό σύστημα σε kp/mm^2 και στο αγγλικό σε lb/in^2.

Μετά τη θραύση του δοκιμίου φέρουμε σε κανονική επαφή (ταιριάζουμε) τα δύο κομμάτια και συγκρίνοντας το αρχικό μήκος του δοκιμίου υπολογίζουμε την ***επιμήκυνση.*** Η επιμήκυνση εκφράζεται ως ποσοστό του αρχικού μήκους του δοκιμίου.

Το πηλίκο μεταξύ της μικρότερης διατομής που διαπιστώνεται μετά τη θραύση και της αρχικής διατομής του δοκιμίου (εκφρασμένο ως ποσοστό της αρχικής διατομής) ονομάζεται ***μείωση της επιφάνειας του δοκιμίου.***

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα ενός πειράματος εφελκυσμού και τα λοιπά σχετικά στοιχεία που καταγράφονται σε ένα τέτοιο πείραμα είναι:

1) Είδος δοκιμίου (κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής).
2) Μήκος (αρχικό) δοκιμίου.
3) Διατομή (αρχική) δοκιμίου.
4) Τάση διαρροής.
5) Αντοχή θραύσης.
6) Επιμήκυνση.
7) Μείωση της επιφάνειας του δοκιμίου.

9.2.2 Το πείραμα κάμψης

Για την περίπτωση υλικού ελασμάτων και μορφοδοκών, χρησιμοποιούνται δοκίμια ορθογωνικής διατομής με πλάτος $1^1/_2$ in και πάχος ίσο με εκείνο του υλικού. Αν το πάχος του υλικού υπερβαίνει το $1^1/_2$ της ίντσας, χρησιμοποιούμε δοκίμιο με πάχος $^1/_2$. Το δοκίμιο κάμπτεται με την εφαρμογή μίας δύναμης στο μέσο του. Για να θεωρηθεί ότι τα αποτελέσματα του πειράματος είναι ικανοποιητικά, πρέπει το δοκίμιο να καμφθεί κατά 180°, χωρίς να παρουσιασθεί ρωγμή στην εξωτερική του πλευρά.

9.2.3 Δοκιμή κρούσης

Για την πραγματοποίηση αυτής της δοκιμής χρησιμοποιείται δοκίμιο τετραγωνικής διατομής με πλευρά 10 mm και μήκος 55 mm. Σε μία πλευρά του δοκιμίου δημιουργούμε μία εγκοπή σχήματος V με βάθος 2 mm και άνοιγμα στο επάνω μέρος 0,25 mm. Η γωνία εγκοπής είναι 45°.

Μετά τη στερέωση του δοκιμίου στη συσκευή με την οποία γίνεται η δοκιμή, αφήνεται ένα εκκρεμές να πέσει από ορισμένο ύψος πάνω στο δοκίμιο από την αντίθετη πλευρά της εγκοπής.

Από το ύψος από το οποίο αφήνεται να πέσει το εκκρεμές και από εκείνο στο οποίο τινάσσεται μετά τη θραύση του δοκιμίου, βρίσκεται η ενέργεια που απορρίφθηκε.

Με το πείραμα αυτό ελέγχεται η δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας από το υλικό πριν από τη θραύση του, που επηρεάζει κυρίως τη συμπεριφορά του σε χαμηλές θερμοκρασίες.

9.2.4 Μη καταστροφικές δοκιμές

Όλες οι παραπάνω δοκιμές, όπως είδαμε, γίνονται με δοκίμια που καταστρέφονται με την πραγματοποίηση της δοκιμής.

Σε μερικές περιπτώσεις όμως χρειάζεται να ελεγχθεί το ίδιο το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί σε μία κατασκευή. Εδώ εφαρμόζουμε άλλες μεθόδους ελέγχου, που λέγονται ***μη καταστροφικές,*** γιατί ο έλεγχος του υλικού γίνεται χωρίς να καταστρέφεται το δοκίμιο.

Με τις παραπάνω μεθόδους ελέγχουμε συνήθως την ύπαρξη ελαττωμάτων στο εσωτερικό ή στην επιφάνεια του υλικού (ρωγμές, φυσαλίδες κ.λπ.).

Τέτοιες μέθοδοι είναι:

1) Οι ακτινογραφήσεις.

2) Ο έλεγχος με υπερήχους.

3) Ο έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια.

4) Ο έλεγχος με διεισδυτικά υγρά.

Περισσότερα στοιχεία για τις παραπάνω μεθόδους θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

9.3 Χάλυβες που χρησιμοποιούνται στα πλοία

Ο χάλυβας αποτελεί σήμερα το υλικό που κατεξοχήν χρησιμοποιείται στην κατασκευή των πλοίων και των συστημάτων τους. Γενικά μπορούμε να κατατάξουμε τους χάλυβες που χρησιμοποιούνται στα πλοία σε *κοινούς* και *ειδικούς* χάλυβες.

Οι ***κοινοί χάλυβες*** που χρησιμοποιούνται στα πλοία έχουν χημική σύσταση και ιδιότητες που καθορίζονται από τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων. Συνοπτικά στοιχεία γι' αυτούς τους χάλυβες θα δοθούν στην παράγραφο 9.4. Στην κατηγορία των ***ειδικών χαλύβων*** περιλαμβάνονται οι *χάλυβες υψηλής αντοχής*, οι *χάλυβες για εφαρμογές σε χαμηλές θερμοκρασίες*, οι *ανοξείδωτοι χάλυβες* και οι *χάλυβες για ψυχρή έλαση*.

Οι ***χάλυβες υψηλής αντοχής*** χρησιμοποιούνται σε κατασκευές, στις οποίες οι καταπονήσεις είναι τέτοιες που θα επέβαλαν μεγάλα πάχη αν χρησιμοποιούνταν κοινοί χάλυβες. Τέτοιες περιπτώσεις είναι πολύ συνηθισμένες στα πολεμικά πλοία όπου με τους χάλυβες υψηλής αντοχής μπορούν να συγκεραστούν οι μεγάλες καταπονήσεις με την ελαφρότητα (σε βάρος) της κατασκευής. Αλλά και στο Εμπορικό Ναυτικό οι τελευταίες εξελίξεις στη μορφή των πλοίων έχουν κάνει τη χρησιμοποίηση χαλύβων υψηλής αντοχής αρκετά συνηθισμένη.

Τέτοιοι χάλυβες κυκλοφορούν στο Αμερικανικό Ναυτικό (και σε άλλα Ναυτικά) με τα ονόματα HTS (High Tensile Steel), HY-80 κ.ά.. Από το American Bureau of Shipping προδιαγράφονται οι χάλυβες AH, BH, CH και EH με αντοχή θραύσης μεταξύ 70-85000 lb/in^2 (50 ως 60 kp/mm^2).

Η μεταφορά υγροποιημένων αερίων σε δεξαμενές πλοίων είναι εφικτή μόνο σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, το προπάνιο υγροποιείται στους –50 °F, ενώ το υδρογόνο μπορεί να υπάρξει σε υγρή μορφή σε θερμοκρασίες κάτω από –423 °F. Στις θερμοκρασίες όμως αυτές οι κοινοί χάλυβες γίνονται εξαιρετικά ***φαθυροί*** (εύθραυστοι σαν κιμωλία). Για τον λόγο αυτό για την κατασκευή των δεξαμενών μεταφοράς των υγροποιημένων αερίων χρησιμοποιούνται ειδικοί ***χάλυβες για εφαρμογή σε χαμηλές θερμοκρασίες.*** Πιο συγκεκριμένα:

1) Ανθρακούχοι χάλυβες χρησιμοποιούνται για θερμοκρασίες μέχρι –70 °F.

2) Νικελιούχοι (1,5 ως 3% νικέλιο) χάλυβες για θερμοκρασίες μέχρι –150 °F.

3) Νικελιούχοι (9% νικέλιο) ή χάλυβες με στοιχεία αλουμινίου ή ανοξείδωτοι χά-

λυβες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ακόμα χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Ανοξείδωτοι χάλυβες χρησιμοποιούνται για την επένδυση δεξαμενών μεταφοράς χημικών και γενικά εκεί που η βαφή με ειδικά χρώματα δεν είναι επαρκής.

Τέλος για εφαρμογές όπου κατά την προετοιμασία του χάλυβα θα χρειασθεί ***ψυχρή έξέλαση,*** χρειάζονται χάλυβες κάπως πιο μαλακοί από τους κοινούς.

9.4 Προδιαγραφές Νηογνωμόνων για κοινούς χάλυβες

Οι κανονισμοί κάθε Νηογνώμονα περιγράφουν τον τρόπο παραγωγής, τη χημική σύσταση, τις μηχανικές ιδιότητες και τη θερμική κατεργασία που απαιτούνται για να θεωρηθεί ένας χάλυβας ***αποδεκτός*** για χρησιμοποίηση στην κατασκευή πλοίων. Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι κάθε Νηογνώμονας προσαρμόζει τους κανονισμούς του σύμφωνα με τις σχετικές απαιτήσεις των κανονισμών που ισχύουν για τη βιομηχανία στη χώρα του.

Οι σχετικές απαιτήσεις όμως δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των διαφόρων Νηογνωμόνων. Ενδεικτικά, στον πίνακα 9.1 δίνονται οι σχετικές προδιαγραφές του American Bureau of Shipping.

Οι κανονισμοί του νηογνώμονα προδιαγράφουν επίσης το πού επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί ο κάθε τύπος χάλυβα. Το ABS για παράδειγμα επιτρέπει τη χρήση του χάλυβα τύπου A οπουδήποτε για πάχη μέχρι 19 mm. Επίσης χάλυβας A μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μεγαλύτερα πάχη (μέχρι 51 mm) σε οποιαδήποτε θέση εκτός από τον πυθμένα, τα ελάσματα του ζωστήρα, το κύριο κατάστρωμα και μερικές άλλες θέσεις με ισχυρές καταπονήσεις.

Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι σύμφωνα με τους κανονισμούς του ABS:

1) Οι χάλυβες A, B και C είναι γενικής χρήσης.

2) Ο χάλυβας D είναι σχεδόν ισοδύναμος με τον C αλλά πιο προσαρμοσμένος στις ευρωπαϊκές προδιαγραφές.

3) Σε ειδικές εφαρμογές που απαιτείται μεγάλη ***δυσθραυστότητα*** (δυνατότητα απορρόφησης μεγάλης ενέργειας πριν από ενδεχόμενη θραύση) χρησιμοποιούνται οι χάλυβες E και CS.

4) Ο χάλυβας R έχει πολύ χαμηλές προδιαγραφές και χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και με ειδική έγκριση του Νηογνώμονα.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 9.1 τα ελάσματα μετά τον έλεγχό τους από τον εκπρόσωπο του Νηογνώμονα σφραγίζονται. Έτσι για παράδειγμα ένα έλασμα με σφραγίδα AB/C είναι του τύπου C κατά τους κανονισμούς του American Bureau of Shipping.

9.5 Μορφές με τις οποίες χρησιμοποιείται ο χάλυβας στα πλοία

Οι κυριότερες μορφές με τις οποίες χρησιμοποιείται ο χάλυβας στα πλοία είναι τα ***ελάσματα*** και οι ***μορφοδοκοί.***

Η παραγωγή των ελασμάτων γίνεται με τη διέλευση του χάλυβα, μετά τη χύτευσή του από διάφορα έλαστρα με τα οποία πραγματοποιείται διαδοχική μείωση του πάχους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1

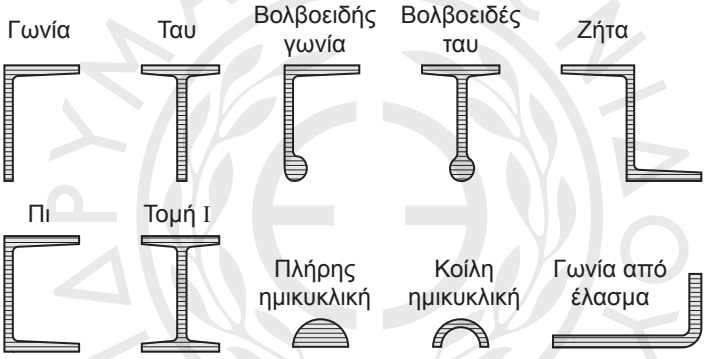
ΤΥΠΟΣ		A	B	C	CS	D	E	R
ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	α) Ηλεκτρική κάμινος β) Ανοικτη φλογοκάμινος γ) Βασική μέθοδος οξυγόνου	α, β, γ	α β, γ	α, β, γ	α, β, γ	α, β, γ	α, β, γ	α, β, γ
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	Άνθρακας επί τοις εκατό	—	0,21 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,23 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,18 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,21 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,18 ΜΕΓΙΣΤΟ	—
	Μαγγάνιο επί τοις εκατό		0,804 ÷ 1,1	0,60 ÷ 0,90	1,00 ÷ 1,35	0,60 ÷ 1,40	0,70 ÷ 1,50	2,5 × C όπου C το ποσοστό άνθρακα
	Φωσφόρος επί τοις εκατό	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ
	Θείο επί τοις εκατό	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,05 ΜΕΓΙΣΤΟ
	Πυρίτιο επί τοις εκατό	—	—	0,10 ÷ 0,35	0,10 ÷ 0,35 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,35 ΜΕΓΙΣΤΟ	0,10 ÷ 0,35	–
ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΦΕΛΚΥ-ΣΜΟΥ	Τάση θραύσης	58000-71000 lb/in^2 ή 41-50 kp/mm^2						
	Επιμηκυνση	21% σε μήκος δοκιμίου 8 in (200 mm) ή 24% σε μήκος δοκιμίου 2 in (50 mm)						
ΠΕΙΡΑΜΑ ΚΑΜΨΗΣ		180° με διάμετρο ίση με το τριπλάσιο του πάχους του δοκιμίου						
ΔΟΚΙΜΗ ΚΡΟΥΣΗΣ	Θερμοκρασία κατά την πραγματοποίηση δοκιμης	—	—	—	—	0°C (32°F)	-10°C (14F)	—
	Ενέργεια που απορροφάται	—	—	—	—	35 ft-lb	45 ft-lb	—
	Αριθμός δοκιμίων	—	—	—	—	3 άνα 40 t ύλικοϋ	3 για κάθε έλασμα	—
ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ		—	—	επαναφορά για πάχη μεγαλύτερα από 1½ in	ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ	—	ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ	—
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΣΦΡΑΓΙΔΑ ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΑ		$\frac{AB}{A}$	$\frac{AB}{B}$	$\frac{AB}{C}$ ή $\frac{AB}{N}$	$\frac{AB}{CS}$	$\frac{AB}{D}$	$\frac{AB}{E}$	$\frac{AB}{R}$

Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται σε υψηλή θερμοκρασία (800 °C), ώστε ο χάλυβας να έχει πλαστικές ιδιότητες και η παραμόρφωσή του να είναι εύκολη. Η μεταφορά του ελάσματος από το ένα έλαστρο στο άλλο γίνεται με ένα σύστημα με κυλιόμενους κυλίνδρους και ενδιάμεσα, εφόσον απαιτείται, πραγματοποιείται νέα θέρμανση του χάλυβα. Ανάλογη είναι και η διαδικασία σχηματισμού των μορφοδοκών.

Τα ελάσματα διακρίνονται σε λεπτά, με πάχος μικρότερο από 5 mm, και χονδρά με πάχη μέχρι και 50 mm. Τα λεπτά ελάσματα μπορεί να είναι και γαλβανισμένα.

Το πλάτος των ελασμάτων εξαρτάται από το πλάτος στο οποίο φθάνουν πρακτικά τα έλαστρα. Ελάσματα κυκλοφορούν σε διαστάσεις ως 12 × 3 m. Σε ναυπηγικές όμως κατασκευές το πλάτος είναι συνήθως από 1,5 ως 2,5 m, ενώ το μήκος δεν υπερβαίνει τα 8 m. Το βάρος των ελασμάτων μπορεί να βρεθεί εύκολα λαμβάνοντας υπόψη ότι ***ένα m² ελάσματος με πάχος 1 mm ζυγίζει γύρω στα 8 kg.***

Οι διατομές των μορφοδοκών έχουν διάφορα σχήματα (σχ. 9.3).



Σχ. 9.3

Ειδικοί πίνακες των κατασκευαστών των μορφοδοκών δίνουν τις λεπτομερείς διαστάσεις τους, το βάρος τους ανά μέτρο και άλλες χρήσιμες γεωμετρικές πληροφορίες, όπως η επιφάνεια της διατομής, οι ροπές αδράνειας και αντίστασης κατά τους δύο άξονες κ.λπ.. Ενδεικτικά ένας τέτοιος πίνακας για διατομές Π είναι ο πίνακας 9.2.

Μερικές φορές μορφοδοκοί διάφορων μορφών και διαστάσεων μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους για τον σχηματισμό περισσότερο πολύπλοκων διατομών. Η επιλογή κατάλληλων μορφοδοκών για κάθε θέση γίνεται με βάση:

1) Τις απαιτήσεις αντοχής.

2) Τους τυχόν υπάρχοντες γεωμετρικούς περιορισμούς.

3) Την ευκολία της κατασκευής.

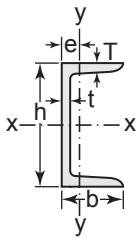
Ο συμβολισμός των μορφοδοκών στα κατασκευαστικά σχέδια του πλοίου περιλαμβάνει πληροφορίες για το σχήμα, τις βασικές διαστάσεις και τα πάχη που χαρακτηρίζουν τη μορφοδοκό. Για παράδειγμα, ο συμβολισμός L 100 × 50 × 6 δείχνει μία ανισοσκελή γωνία με διαστάσεις πλευρών 100 και 50 mm αντίστοιχα και πάχος 6 mm.

Εκτός από μορφοδοκούς και ελάσματα, ορισμένα τμήματα της κατασκευής του

πλοίου ή του εξοπλισμού του μπορεί να είναι χυτά ή ***σφυρήλατα*** (όπως το ποδόστημα και το κοράκι).

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2

Διαστάσεις μορφοδοκών Π.



e = Θέση κέντρου βάρους
J_x και J_y= Ροπή αδράνειας ως προς τους ομώνυμους άξονες
W_x και W_y = Αντίστοιχη ροπή αντίσταση

Διαστάσεις (h × b × t × T)	Διατομή F cm^2	Βάρος G kg/m	J_x cm^4	W_x cm^3	e cm	J_y cm^4	W_y cm^3	Μέγιστο πάχος mm	Διατομή F cm^2	J_x cm^4	w_x cm^3
200 × 85 × 11 × 14	43,3	34,0	2560	256	2.50	269	44,9	14	49,3	2760	276
220 × 90 × 11 × 15	48,6	38,1	3520	320	2,60	342	53,8	15	57,4	3870	352
240 × 95 × 12 × 15,5	55,2	43,4	4690	391	2,70	425	62,4	16	64,8	5150	429
260 × 95 × 12 × 16	58,5	45,9	5800	446	2,65	446	65,1	16	68,9	6380	491
280 × 100 × 13 × 16,5	65,9	51,7	7470	533	2,70	545	74,9	17	77.1	8200	586
300 × 100 × 14 × 17	72,1	56,6	9140	609	2,65	573	77,9	17	81,1	9810	654
320 × 100 × 14 × 17,5	75.8	59,5	10870	679	2,60	597	80,6	18	88,6	11960	748
350 × 100 × 14 × 16	77.3	60,6	12840	734	2,40	570	75,0	18	91,3	14270	815
381 × 102 × 13,34 × 16	79,7	62,6	15730	826	2.35	613	78;4	18	97,4	17870	938
400 × 110 × 14 × 18	91,5	71,8	20350	1020	2,65	846	102	18	107,5	22490	1120

9.6 Κράματα αλουμινίου

Σε μικρά σκάφη και σε ορισμένα σημεία μεγάλων σκαφών, όπου η οικονομία βάρους και σε μερικές περιπτώσεις η αποφυγή διαβρώσεων έχουν ιδιαίτερη σημασία, χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια κράματα αλουμινίου.

Αν και η αντοχή θραύσης του αλουμινίου με θερμικές κατεργασίες μπορεί να αυξηθεί πολύ, τα κράματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία έχουν αντοχή θραύσης μεταξύ 14000 και 23000 lb/in^2.

Τα σημαντικότερα προβλήματα κατά τη χρησιμοποίηση του αλουμινίου στα πλοία είναι:

1) Η ανάγκη πραγματοποίησης των συγκολλήσεων σε ειδικό περιβάλλον (αδρανούς αερίου) για αποφυγή δημιουργίας διαβρώσεων μετά τη συγκόλληση.

2) Η απώλεια της αντοχής του αλουμινίου μετά από σημαντική θέρμανσή του.

3) Η ανάγκη παρεμβολής μεταξύ αλουμινίου και χάλυβα (στα σημεία σύνδεσης) ισχυρής μόνωσης για να αποφύγουμε τη ***γαλβανική διάβρωση***.

9.7 Υλικά σωληνώσεων

Ένας αριθμός από τα δίκτυα που έχουν μεγάλη σημασία για το πλοίο, χρησιμοποιείται για θαλάσσιο νερό. Αποτέλεσμα αυτού είναι να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα διαβρώσεων. Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει πολύ σημαντικά την επιλογή του υλικού των σωληνώσεων αυτών των δικτύων.

Στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις εμπορικών πλοίων τα δίκτυα θαλασσινού νερού είναι κατασκευασμένα από σίδηρο ή χάλυβα και έχουν ένα εσωτερικό στρώμα ***επιψευδαργύρωσης*** (γαλβάνισμα). Ο ρυθμός με τον οποίο χάνεται το υλικό ενός τέτοιου σωλήνα είναι γύρω στα 0,15 mm τον χρόνο. Ο ρυθμός αυτός μπορεί να γίνει ακόμη και δεκαπλάσιος και επηρεάζεται δυσμενώς από:

1) Την αύξηση της ταχύτητας του νερού.

2) Την ύπαρξη ανόμοιων μετάλλων στο δίκτυο (σε επαφή μεταξύ τους) που δημιουργούν γαλβανική διάβρωση.

3) Την υψηλή θερμοκρασία.

4) Την περιοδική εκκένωση του δικτύου.

Σε πιο σύγχρονα πλοία χρησιμοποιούνται κράματα χαλκού-νικελίου. Παλαιότερα τα κράματα αυτά είχαν 70% χαλκό και 30% νικέλιο. Σήμερα όμως τα ποσοστά αυτά έχουν γίνει 90% και 10% αντίστοιχα με αποτέλεσμα μικρότερο κόστος. Σωληνώσεις από τα παραπάνω κράματα έχουν πολύ καλύτερη συμπεριφορά σε διάβρωση.

Σε μικρές διατομές σωληνώσεων έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης ο χαλκός και ο ορείχαλκος.

9.8 Ξυλεία

Η ξυλεία έχει παύσει από πολλά χρόνια να αποτελεί κύριο υλικό κατασκευής των πλοίων και χρησιμοποιείται μόνο για την κατασκευή μικρών σκαφών, λέμβων, καθώς και σε εσωτερικές διαρρυθμίσεις των μεγάλων πλοίων. Πλεονεκτεί από το χάλυβα λόγω μικρού βάρους και ευκολίας κατεργασίας. Όμως η ξυλεία έχει μικρή και ***ανισότροπη*** (διαφορετική προς διάφορες κατευθύνσεις) αντοχή και χρειάζεται πολύ περισσότερη συντήρηση για να αποφύγουμε τη σήψη.

Ανάλογα με τις διαστάσεις και τη μορφή της διατομής, η ξυλεία χρησιμοποιείται σε μορφές ημισανίδων, σανίδων, διπλοσανίδων μαδεριών, μισοκάδρονων και καδρονιών.

Οι ιδιότητες της ξυλείας επηρεάζονται εκτός από τη διεύθυνση των ινών και από τις ουσίες που περιέχονται σε αυτήν και τα σφάλματα (ελαττώματα που υπάρχουν).

Από πλευράς ουσιών που περιέχονται στην ξυλεία, αυτή διακρίνεται σε ***ρητινώδη*** ή ***γαλακτώδη.*** Καθεμία από αυτές τις κατηγορίες υποδιαιρείται σε μαλακή και σκληρή.

Από πλευράς σφαλμάτων, τα πιο συνηθισμένα είναι οι ρόζοι, αποκλίσεις των ινών και ακτινικές και περιφερειακές σχισμές.

Οι πιο συνηθισμένες χρήσεις της ξυλείας παρουσιάζονται στον πίνακα 9.3.

Μία ειδική περίπτωση ξύλου είναι το ***αγιόξυλο*** που έχει ειδικό βάρος (αποξηραμένο) γύρω στους 1,25 t/m^3. Το ξύλο αυτό, που σχίζεται και μορφοποιείται δύσκολα,

χρησιμοποιείται ως υλικό έδρασης και αντιτριβής στους στορείς των ελικοφόρων αξόνων.

Η αντοχή των διαφόρων ειδών ξυλείας σε υγρές και ξηρές συνθήκες χρησιμοποίησης μπορεί να ληφθεί από τους πίνακες 9.4, 9.5, 9.6 και 9.7. Οι τιμές των πινάκων περιέχουν ήδη και έναν συντελεστή ασφάλειας που κυμαίνεται ανάμεσα σε 1,25 και 2,5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.3
Οι πιο συνηθισμένες χρήσεις της ξυλείας.

Ονομασία	Χρώμα	Ιδιότητες	Χρήση
Μαόνι	Υπέρυθρο προς κανελλόχρωμο.	Εκλεκτό είδος, μέτριου βάρους. Σκληρό.	Σε πολυτελή σκάφη για περιβλήματα και καταστρώματα.
Τίκ	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 τμηματα σκελετού. Βραστοί νομείς. Ακατάλληλο για περίβλημα.
Έλατο	Υπόλευκο ή υποκίτρινο ως υπέρυθρο	Ελαφρό, μαλακό.	Ιστοί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.4

Βασικές τιμές αντοχής για καθαρή ξυλεία σε πλήρες φορτίο και υγρές συνθήκες.

ΕΙΔΗ ΞΥΛΕΙΑΣ	Αντοχή σε κάμψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Αντοχή σε διάτμηση (οριζόντια) lb/In^2	Θλίψη (κάθετα προς τις ίνες) lb/in^2	Θλίψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη lb/in^2 × 1000
ΣΚΛΗΡΗ ΞΥΛΕΙΑ	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.
Δεσποτάκι (μελανό)	1450	130	220	850	1100
Δεσποτάκι (λευκό)	2050	185	363	1450	1500
Οξυά	2200	185	365	1600	1600
Birch	2200	185	365	1600	1600
Καραγάτσι (αμερικανικό)	1600	150	185	1050	1200
Καραγάτσι Rock	2200	185	365	1600	1300
Hickory	2800	205	440	2000	1800
Khaya	2000	175	430	1300	1300
Μαόνι	2200	175	450	1500	1300
Σφένδαμνος	2200	165	365	1600	1600
Δρυς	2050	185	365	1350	1500
Sweetgum	1600	150	220	1050	1200
Tangile	2000	175	430	1500	1300
Τίκ	2750	200	600	1900	1600

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.5

Βασικές τιμές αντοχής για καθαρή ξυλεία σε πλήρες φορτίο και ξηρές συνθήκες.

ΕΙΔΗ ΞΥΛΕΙΑΣ	Αντοχή σε κάμψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Αντοχή σε διάτμηση (διαμήκης) lb/In^2	Θλίψη (κάθετα προς τις ίνες) lb/in^2	Θλίψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Μέτρο ελαστικότητας (6 – κάμψη) 1000 lb/in^2
ΣΚΛΗΡΗ ΞΥΛΕΙΑ	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.
Κυπαρίσσι	2400	170	130	2000	1300
Κέδρος:					
Αλάσκας	2000	150	275	1450	1300
Λευκός	1400	115	195	1050	900
Port orpord	2000	150	275	1650	1600
Ερυθρός	1600	138	220	1300	1100
Ελάτη (μέση ίνα)	2750	150	350	2000	1800
Ελάτη (πυκνή ίνα)	2950	150	375	2150	1800
Ελάτη (πυκνότατη ίνα)	3300	150	419	2350	1800
Λάριξ	2750	150	350	2000	1600
Πεύκη:					
Λευκή Ponderosa sugar και Δυτικής Αμερικής	1600	135	275	1400	1100
Νότιας Αμερικής	2750	180	150	2000	1800
Νότιας (πυκνή ίνα)	3200	180	410	2350	1800
Red wood	2200	115	275	1850	1300
Red wood (πυκνή ίνα)	2400	115	295	2000	1300
Ελάτη (ερυθρή ή λευκή)	2000	135	275	1450	1300
Tamarack	2200	160	330	1850	1400

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.6

Βασικές τιμές αντοχής για καθαρή ξυλεία σε πλήρες φορτίο και υγρές συνθήκες.

ΕΙΔΗ ΞΥΛΕΙΑΣ	Αντοχή σε κάμψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Αντοχή σε διάτμηση (οριζόντια) lb/In^2	Θλίψη (κάθετα προς τις ίνες) lb/in^2	Θλίψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη lb/in^2 × 1000
ΣΚΛΗΡΗ ΞΥΛΕΙΑ	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.
Κυπαρίσσι	1900	150	220	1450	1200
Κέδρος:					
Αλάσκας	1600	130	185	1050	1200
Λευκός	1100	100	130	750	800
Port orpord	1600	130	165	1200	1500
Ερυθρός	1300	120	145	950	1000
Ελάτη (μέση ίνα)	2200	130	235	1450	1600
Ελάτη (πυκνή ίνα)	2350	130	250	1550	1600
Ελάτη (πυκνότατη ίνα)	2350	130	275	1900	1600
Λάριξ	2200	130	235	1450	1500
Πεύκη:					
Λευκή Ponderosa sugar και Δυτικής Αμερικής	1000	120	185	1000	1000
Νότιας Αμερικής	2200	160	235	1450	1600
Νότιας (πυκνή ίνα)	2550	160	275	1700	1600
Red wood	1750	100	165	1350	1200
Red wood (πυκνή ίνα)	1900	100	195	1450	1200
Ελάτη (ερυθρή ή λευκή)	1500	120	185	1050	1200

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.7

Βασικές τιμές αντοχής για καθαρή ξυλεία σε πλήρες φορτίο και ξηρές συνθήκες.

ΕΙΔΗ ΞΥΛΕΙΑΣ	Αντοχή σε κάμψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Αντοχή σε διάτμηση (διαμήκης) lb/In^2	Θλίψη (κάθετα προς τις ίνες) lb/in^2	Θλίψη (παράλληλα προς τις ίνες) lb/in^2	Μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη 1000 lb/in^2
ΣΚΛΗΡΗ ΞΥΛΕΙΑ	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.	p.s.i.
Δεσποτάκι (μελανό)	1800	150	330	1150	1200
Δεσποτάκι (λευκό)	2550	210	350	2000	1600
Οξυά	2750	210	350	2200	1800
Birch	2750	210	550	2200	1800
Καραγάτσι (αμερικανικό)	2750	210	550	2200	1400
Hickory	3500	235	660	2750	2000
Khaya	2500	200	645	1800	1400
Μαόνι	2750	200	675	2050	1400
Σφένδαμνος	2750	210	550	2200	1800
Δρυς	2550	210	550	1850	1600
Sweetgum	2000	170	330	1450	1300
Tangile	2500	200	445	2050	1400
Τικ	3450	230	900	2600	1800
Tupelo	2000	170	130	1450	1300

9.9 Πλαστικά υλικά

Ο όρος ***πλαστικά*** υλικά χρησιμοποιείται για σύνθετα υλικά συνδεμένα μεταξύ τους έτσι, ώστε να αντιδρούν στις εξωτερικές επιδράσεις ως σύνολο.

Ήδη, εκτός από μικρές λέμβους και θαλαμηγούς, έχουν κατασκευασθεί από πλαστικά υλικά και πλοία (περιπολικά-ναρκαλιευτικά) των οποίων το μήκος φθάνει μέχρι τα 50 m.

Τα πλαστικά αποτελούνται γενικά από:

1) Τη συνδετική ύλη.

2) Την ενισχυτική ύλη.

3) Το υλικό εξωτερικής προστασίας.

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες συνδετικές ύλες είναι η ***πολυστερίνη*** και η ***εποξική*** ρητίνη. Καλύτερη θεωρείται η εποξική ρητίνη γιατί έχει μεγαλύτερη αντοχή και παρουσιάζει επίσης μεγαλύτερη αντίσταση στο νερό.

Η ενισχυτική ύλη είναι συνήθως υαλοβάμβακας σε μορφή ινών που μπορεί να είναι συνεχείς, κομμένες ή να σχηματίζουν πλέγμα. Ως υλικά εξωτερικής προστασίας χρησιμοποιούνται τα χρωστικά.

Η αντοχή των πλαστικών κυμαίνεται μέσα σε ευρύτατα όρια. Πλαστικά με βάση τις εποξικές ρητίνες μπορούν να κατασκευασθούν με αντοχή σε εφελκυσμό μεγαλύτερη από οποιοδήποτε μέταλλο.

Τα βασικά ***πλεονεκτήματα*** των πλαστικών είναι:

1) Ότι έχουν μικρό βάρος.

2) Ότι έχουν ικανοποιητική αντοχή.

3) Ότι δεν διαβρώνονται.

4) Ότι δεν είναι μαγνητικά.

5) Ότι παρέχουν θερμική προστασία.

6) Ότι έχουν μονωτικές ικανότητες.

7) Ότι κατασκευάζονται εύκολα.

Το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι, σε σχέση με τα μέταλλα, δεν παρουσιάζουν ελαστικότητα.

9.10 Υλικά για χρήση σε εσωτερικούς χώρους – Θερμομονωτικά υλικά

Για επιστρώσεις σε εσωτερικούς χώρους του πλοίου χρησιμοποιούνται:

1) ***Τάπητας λινελαίου***, για επιστρώσεις σε καμπίνες και διαδρόμους.

2) ***Τσιμέντα***, που διακρίνονται σε κοινά, ταχείας πήξης, ασφαλτικά και τσιμέντα με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.

3) ***Πλάκες κεραμικής συστάσης και πλαστικά πλακίδια.***

Οι πλάκες κεραμικής συστάσης χρησιμοποιούνται σε χώρους υγιεινής και μαγειρεία, ενώ τα πλαστικά πλακίδια σε διαδρόμους και αίθουσες παραμονής επιβατών.

Εξάλλου πολλά από τα διαμερίσματα του πλοίου φέρουν εσωτερικά μονώσεις θερμικής και ηχητικής προστασίας που είναι χρήσιμες για την παρεμπόδιση της

εξάπλωσης πυρκαγιάς. Στοιχεία από τις σχετικές απαιτήσεις των κανονισμών για τη μη εξάπλωση της πυρκαγιάς δίνονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Τα σπουδαιότερα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται γενικά στα πλοία είναι:

1) Ο αμίαντος.

2) Ο υαλοβάμβακας.

3) Ο μαρινίτης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο μαρινίτης που είναι μείγμα πυρίμαχης γαίας και διάφορων ανόργανων υλικών και προσφέρεται σε μορφή φύλλων με διάφορα πάχη. Λόγω της μορφής αυτής του μαρινίτη η χρήση του στη διαμόρφωση χώρων ενδιαίτησης είναι πολύ διαδομένη.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

10.1 Στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής

10.1.1 Γάστρα

Η γάστρα ενός πλοίου είναι ουσιαστικά ένα υδατοστεγανό κέλυφος με λεπτά τοιχώματα που περιβάλλει τους χώρους ενδιαίτησης, μηχανών και φορτίου του πλοίου.

Η γάστρα, για τα εμπορικά πλοία, έχει σχεδόν ορθογωνικό σχήμα στο μέσο που γίνεται λεπτότερο στα άκρα. Το τμήμα του πλοίου που βρίσκεται προς την κατεύθυνση της κανονικής κίνησής του ονομάζεται ***πλώρη,*** ενώ εκείνο που βρίσκεται προς την αντίθετη διεύθυνση, ***πρύμνη.*** Το κατώτερο τμήμα του σκάφους ονομάζεται ***πυθμένας*** (bottom), τα σχεδόν κατακόρυφα τμήματα ***πλευρές*** (sides) και το ανώτερο τμήμα ***κατάστρωμα*** (deck). Το σύνολο των ελασμάτων που περιβάλλουν εξωτερικά τα συστήματα του πλοίου και εξασφαλίζουν την απαραίτητη υδατοστεγανότητα ονομάζονται ***περίβλημα.***

Έτσι, με βάση τη γενική υποδιαίρεση των τμημάτων του σκάφους, τα ελάσματα διακρίνονται σε ***ελάσματα πυθμένα, πλευρών και καταστρώματος.***

Επειδή όπως είπαμε το κέλυφος του πλοίου είναι λεπτό (για λόγους ελαφρότητας της κατασκευής), είναι απαραίτητη ή εσωτερική ενίσχυσή του από ένα σύστημα διασταυρούμενων νομέων. Τέτοιες ενισχύσεις υπάρχουν στα ελάσματα πυθμένα, πλευρών και καταστρώματος.

Για την εξασφάλιση υδατοστεγανής υποδιαίρεσης, αλλά και για λειτουργικούς λόγους, στο εσωτερικό του πλοίου δημιουργούνται διάφορα κατακόρυφα διαχωρίσματα που μπορεί να είναι ή να μην είναι στεγανά. Τα διαχωρίσματα αυτά ονομάζουμε ***φρακτές*** (bulkheads). Οι φρακτές μπορούν να έχουν διεύθυνση κατά το διάμηκες, οπότε τις ονομάζουμε ***διαμήκεις*** (longitudinal) ή κατά το εγκάρσιο, οπότε λέγονται ***εγκάρσιες*** (transverse). Οι εγκάρσιες στεγανές φρακτές που έχουν ως κύριο σκοπό την στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου και εκτείνονται μέχρι το κύριο κατάστρωμα, ονομάζονται ***κύριες στεγανές φρακτές*** ή άπλα ***στεγανές φρακτές*** (subdivision bulkheads). Οι φρακτές του πλοίου συμβάλλουν στην εξασφάλιση της αντοχής του.

Επειδή και οι φρακτές είναι κατασκευασμένες από λεπτά ελάσματα, φέρουν και αυτές ενισχύσεις που ονομάζονται ***ενισχύσεις φρακτών.***

Η πρώτη από την πλώρη στεγανή φρακτή ονομάζεται ***φρακτή στεγανού σύγκρουσης*** και το διαμέρισμα μεταξύ αυτής της φρακτής και της πλώρης, λέγεται ***πρωραίο στεγανό*** (fore-peak).

Αντίστοιχα, η τελευταία προς την πρύμνη φρακτή λέγεται ***φρακτή πρυμναίου στεγανού*** και το διαμέρισμα που βρίσκεται μεταξύ αυτής και της πρύμνης λέγεται ***πρυμναίο στεγανό*** (after-peak).

Κατά την κατακόρυφη έννοια, η υποδιαίρεση των χώρων του πλοίου γίνεται με τα ***καταστρώματα.*** Το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα, μέχρι το οποίο φθάνουν οι στεγανές φρακτές, ονομάζεται ***κύριο κατάστρωμα*** (main deck). Τα καταστρώματα που βρίσκονται κάτω από το κύριο κατάστρωμα, εκτείνονται συνήθως σε όλο το μήκος του πλοίου, με εξαίρεση τους χώρους μηχανοστασίου και λεβητοστασίου που διακόπτουν τη συνέχεια των ενδιάμεσων καταστρωμάτων. Τα καταστρώματα, όπως και οι φρακτές, φέρουν ενισχύσεις και συμβάλλουν στην εξασφάλιση της αντοχής του πλοίου.

Το περίβλημα του πλοίου σχηματίζεται από ελάσματα που συνδέονται μεταξύ τους με συγκολλήσεις. Οι δύο μικρές πλευρές ενός ελάσματος λέγονται ***πέρατα του ελάσματος*** (ends), ενώ οι μεγάλες λέγονται ***πλευρικές ακμές*** (sides). Τα ελάσματα στις πλευρές του πλοίου τοποθετούνται κατά το διάμηκες (με τις πλευρικές ακμές κατά μήκος του πλοίου). Ένα σύνολο τέτοιων ελασμάτων που εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου, σχηματίζει μία ***σειρά ελασμάτων*** (strake). Έτσι διακρίνουμε την πρώτη σειρά της δεξιάς πλευράς ή την τέταρτη της αριστερής. Η αρίθμηση αρχίζει από τον πυθμένα. Συχνά οι διάφορες σειρές χαρακτηρίζονται και με γράμματα, π.χ. σειρά Α ή σειρά Β κ.λπ..

Η σειρά ελασμάτων που βρίσκεται στον πυθμένα και στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου ονομάζεται ***επίπεδη τρόπιδα*** (flat keel). Η σειρά ελασμάτων μεταξύ πυθμένα και πλευράς λέγεται ***σειρά κυρτού γάστρας*** (bilge strake), ενώ η τελευταία σειρά των ελασμάτων της πλευράς λέγεται ***σειρά ελασμάτων ζωστήρα*** (sheer strake). Τέλος, η πιο πλευρική σειρά των ελασμάτων του κύριου καταστρώματος λέγεται ***σειρά ελασμάτων υδρορροής*** (βλ. στο σχήμα 10.1, στο οποίο απεικονίζεται εγκάρσια τομή πλοίου).

10.1.2 Νομείς και ενισχύσεις

Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, τα ελάσματα του περιβλήματος ενισχύονται εσωτερικά με τους νομείς (frames). Οι νομείς που βρίσκονται πάνω σε εγκάρσιες τομές ονομάζονται ***εγκάρσιοι*** (tranverse), ενώ εκείνοι που έχουν διεύθυνση κατά το διάμηκες του πλοίου ονομάζονται ***διαμήκεις*** (longitudinal).

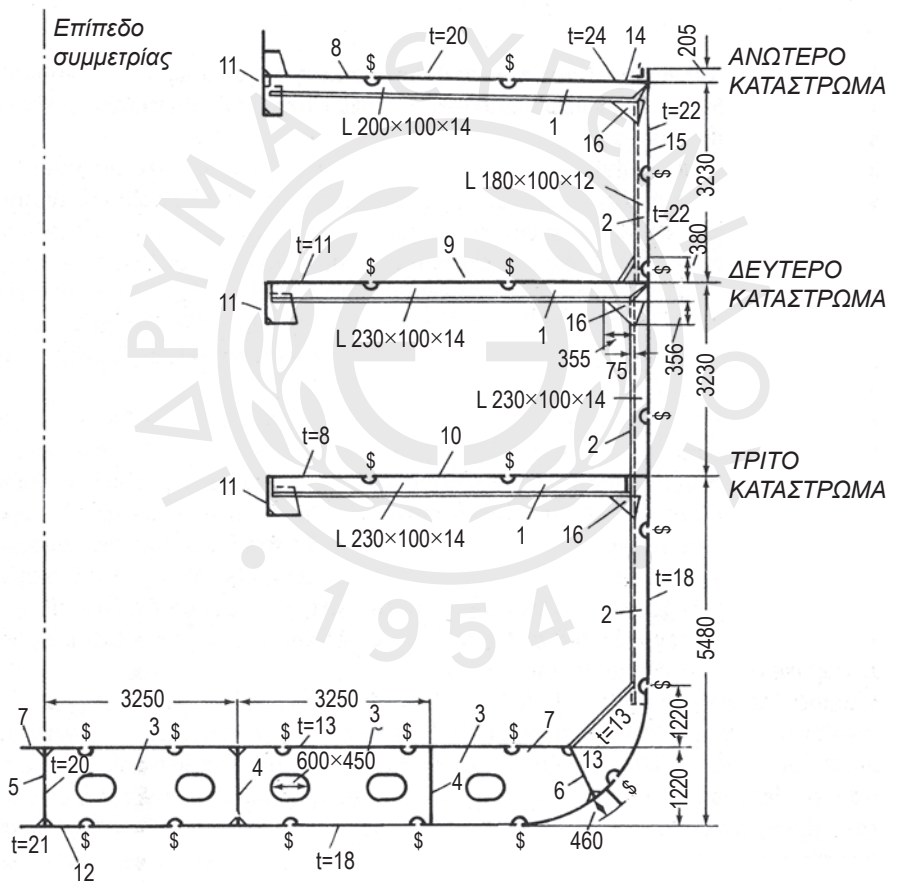
Το τμήμα των εγκάρσιων νομέων που ενισχύουν τον πυθμένα το ονομάζουμε ***έδρες*** (floors), το τμήμα που ενδυναμώνει τις πλευρές απλά ***νομείς*** και το τμήμα πάνω στο κατάστρωμα ***ζυγά*** (beams). Η σύνδεση μεταξύ νομέων και ζυγών εξασφαλίζεται με ***αγκώνες*** (brackets), ενώ η αντίστοιχη σύνδεση νομέων και εδρών με ***αγκώνες κυρτού της γάστρας*** (bilge brackets).

Οι διαμήκεις ενισχύσεις τέμνουν τις εγκάρσιες κάθετα. Από τις διαμήκεις ενισχύσεις του πυθμένα, εκείνη που βρίσκεται στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου ονομάζεται ***κεντρική σταθμίδα*** (center keelson), ενώ άλλες, παράλληλες προς αυτή, που βρίσκονται προς τις πλευρές, ονομάζονται ***πλευρικές σταθμίδες*** (side keelsons).

Στα περισσότερα πλοία οι σταθμίδες και οι έδρες έχουν το ίδιο ύψος. Σε αρκετές περιπτώσεις πάνω στις έδρες και τις σταθμίδες τοποθετείται ένα έλασμα που λέγεται ***έλασμα οροφής διπύθμενου*** (tank top plate). Ο χώρος κάτω από αυτό είναι γνωστός ως ***διπύθμενο*** (double bottom). Διπύθμενο δεν έχουν όλα τα πλοία.

Η πλευρική ενίσχυση του πυθμένα που βρίσκεται πάνω στο κυρτό της γάστρας, ονομάζεται ***διαμήκης ενίσχυση κυρτού γάστρας.***

Οι πλευρικές διαμήκεις ενισχύσεις είναι γνωστές ως ***λώροι,*** ενώ οι διαμήκεις ενισχύσεις του καταστρώματος λέγονται ***διαδοκίδες.*** Οι παραπάνω ορισμοί μπορούν να κατανοηθούν ευκολότερα με τη βοήθεια του σχήματος 10.1.



Σχ. 10.1

Εγκάρσια τομή πλοίου.

1) Ζυγά. 2) Εγκάρσιος νομέας. 3) Έδρα νομέα. 4) Πλευρικές σταθμίδες. 5) Κεντρική σταθμίδα. 6) Σταθμίδα κυρτού γάστρας. 7) Οροφή διπύθμενου. 8) Ελάσματα ανώτερου καταστρώματος. 9) Ελάσματα δεύτερου καταστρώματος. 10) Ελάσματα τρίτου καταστρώματος. 11) Πλευρά κατωφλίου ανοίγματος κύτους. 12) Επίπεδη τρόπιδα. 13) Αγκώνας κυρτού γάστρας. 14) Έλασμα υδρορροής. 15) Έλασμα ζωστήρα, t = πάχος ελάσματος σε mm.

10.1.3 Τμήματα στα οποία μπορεί να διαιρεθεί το κυρίως σκάφος

Η μεταλλική κατασκευή του κυρίως σκάφους μπορεί να θεωρηθεί ότι διαιρείται στα παρακάτω τμήματα:

1) ***Τμήματα πυθμένα.***

Είναι τμήματα ελασμάτων του πυθμένα μαζί με τις ενισχύσεις τους. Περιλαμβάνονται ανάμεσα σε δύο εγκάρσιες φρακτές και στις πλευρές του πλοίου. Ο ίδιος όρος χρησιμοποιείται και για τμήματα των ελασμάτων του πυθμένα που βρίσκονται ανάμεσα σε δύο διαμήκεις φρακτές ή μια διαμήκη φρακτή και την πλευρά του πλοίου.

2) ***Τμήμα πλευράς.***

Είναι τμήμα ελασμάτων πλευράς μαζί με τις ενισχύσεις του. Περιλαμβάνεται ανάμεσα σε δύο εγκάρσιες φρακτές και μεταξύ δύο καταστρωμάτων ή μεταξύ του χαμηλότερου καταστρώματος και του πυθμένα.

3) ***Τμήματα καταστρώματος.***

Είναι τμήματα ελασμάτων καταστρώματος, μαζί με τις ενισχύσεις τους. Περιλαμβάνονται ανάμεσα σε δύο εγκάρσιες φρακτές και ανάμεσα στις πλευρές του πλοίου. Ο ίδιος όρος χρησιμοποιείται για τμήματα των ελασμάτων του καταστρώματος που βρίσκονται ανάμεσα σε δύο διαμήκεις φρακτές ή ανάμεσα σε μία διαμήκη φρακτή και την πλευρά του πλοίου.

10.1.4 Υπερκατασκευές

Για να εξασφαλίζονται οι απαραίτητοι χώροι, κατασκευάζονται πάνω στο ανώτερο συνεχές κατάστρωμα του πλοίου ***υπερκατασκευές*** (superstructures) που είναι στεγανοί χώροι οι οποίοι περικλείονται από τις πλευρές, τις εγκάρσιες φρακτές και το κατάστρωμα. Διακρίνουμε την ***πρωραία υπερκατασκευή*** (forecastle), την πρυμναία (poop) και την ***υπερκατασκευή της γέφυρας*** (bridge) που βρίσκεται περίπου στο μέσο του πλοίου.

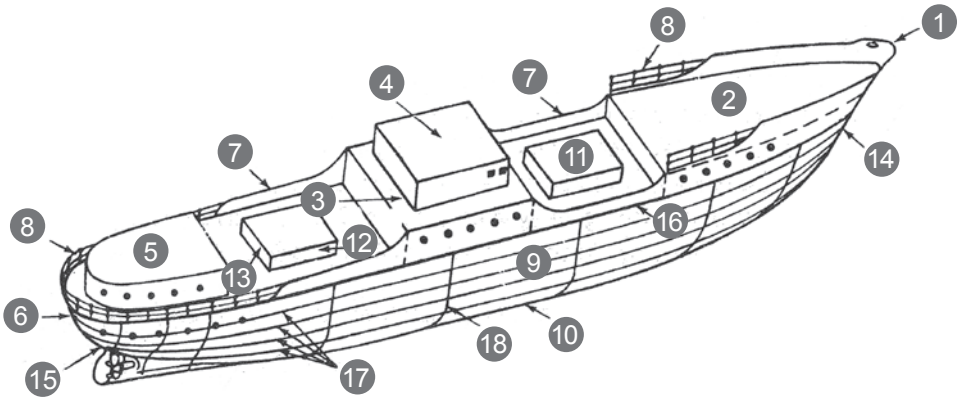
Τα ελάσματα των υπερκατασκευών, όπως και εκείνα του κυρίως σκάφους, φέρουν εσωτερικά ενισχύσεις.

Πάνω στην υπερκατασκευή της γέφυρας σχηματίζεται ένας χώρος, που ονομάζεται ***διαμέρισμα πηδαλιούχησης*** (pilotroom) και έχει μέσα όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για τους χειρισμούς και τη διακυβέρνηση γενικά του πλοίου.

Το ***δρύφρακτο ή παραπέτο*** (bulwark) είναι ένα τμήμα ελάσματος που τοποθετείται στην περίμετρο του ανώτερου συνεχούς καταστρώματος και της πρωραίας υπερκατασκευής. Το ύψος του δεν υπερβαίνει το ένα μέτρο.

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο σχήμα 10.2. Στο ιδιο σχήμα φαίνονται και τα ***ανοίγματα των κυτών (αμπαριών)*** (hatch openings).

Τα ανοίγματα των αμπαριών είναι ανυψωμένα (πάνω από το κατάστρωμα). Το κατώφλι του πέρατος και των πλευρών του ανοίγματος έχουν κατάλληλη διαμόρφωση για την τοποθέτηση στην επιφάνεια τους καλύμματος.



Σχ. 10.2

Ονοματολογία κατασκευαστικών στοιχείων.
1) Πλώρη. 2) Πρωραία υπερκατασκευή. 3) Υπερκατασκευή γέφυρας. 4) Διαμέρισμα πηδαλιούχησης. 5) Πρυμναία υπερκατασκευή. 6) Πρύμνη. 7) Δρύφρακτο. 8) Αλυσίδες προστασίας. 9) Ελάσματα πλευράς. 10) Πυθμένας. 11) Άνοιγμα αμπαριού. 12) Κατώφλι πλευράς ανοίγματος αμπαριού. 13) Κατώφλι πέρατος ανοίγματος αμπαριού. 14) Στείρα. 15) Ποδόστημα. 16) Ανώτερο κατάστρωμα. 17) Διαμήκεις ραφές 18) Εγκάρσιες φράκτες.

10.1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή της μεταλλικής κατασκευής

Η ορθή κατασκευαστική μορφή ενός πλοίου απαιτεί τον συγκερασμό διάφορων παραγόντων που σχετίζονται με τις λειτουργικές απαιτήσεις, την επάρκεια, από πλευράς αντοχής, των στοιχείων της κατασκευής και τις μεθόδους ανέγερσης που εφαρμόζει το κάθε ναυπηγείο.

Οι ακόλουθες αρχές αποτελούν συνοπτικά τους επιδιωκόμενους στόχους κατά τη σχεδίαση της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου:

1) Σχεδίαση κάθε στοιχείου της μεταλλικής κατασκευής με βάση τις απαιτήσεις λειτουργικότητας και αντοχής.

2) Σχεδίαση κάθε στοιχείου της κατασκευής, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το βάρος του.

3) Ελαχιστοποίηση του κόστους εργασίας που θα απαιτηθεί για την κατασκευή του πλοίου. Επιτυγχάνεται με την επιλογή της ορθής μεθόδου κατασκευής.

4) Ικανοποίηση των απαιτήσεων που σχετίζονται με την ποιότητα.

5) Εξασφάλιση δυνατότητας επίσκεψης σε κάθε χώρο του πλοίου (για επιθεώρηση και συντήρηση).

6) Χρησιμοποίηση τυποποιημένων υλικών.

7) Αποδεκτή αισθητικά μορφή των στοιχείων του πλοίου.

10.2 Σκοπός των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής

Όπως είδαμε στο κεφάλαιο 7, ένα πλοίο που κινείται σε θαλασσοταραχή καταπονείται από πλήθος δυνάμεων. Κάθε στοιχείο της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου πρέπει να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει από κατασκευαστική πλευρά σε όλες αυτές τις δυνάμεις όταν παρουσιασθούν ταυτόχρονα.

1) ***Τα ελάσματα του περιβλήματος*** δέχονται τα εξωτερικά διανεμημένα φορτία, όπως είναι η πίεση του νερού που βρίσκεται σε επαφή με το περίβλημα. Ανάλογος είναι και ο σκοπός των ελασμάτων του καταστρώματος, της οροφής του διπύθμενου και των εγκάρσιων φρακτών. Αφού ο σκοπός της εγκάρσιας για παράδειγμα φρακτής είναι να εμποδίσει την κατάκλυση (πλήρωση με νερό) ενός διαμερίσματος, όταν έχει ήδη κατακλυσθεί ένα διπλανό του, είναι φανερό ότι η φρακτή θα πρέπει να αντέχει ικανοποιητικά στην πίεση της στήλης του νερού που θα εφαρμοσθεί πάνω σε αυτήν από τη μια πλευρά της.

2) ***Οι διαμήκεις ενισχύσεις, νομείς και τα ζυγά*** αποτελούν τα στοιχεία υποστήριξης των ελασμάτων όταν αυτά δέχονται πιέσεις. Το ίδιο ισχύει και για τις ενισχύσεις των φρακτών.

3) Οι ***ανθεκτικοί εγκάρσιοι νομείς*** (web frames) ή ***κεντρική σταθμίδα και οι έδρες*** καταπονούνται από τις αντιδράσεις των στοιχείων της κατασκευής που αναφέρονται παραπάνω.

Όλα τα στοιχεία που έχουν διαμήκη προσανατολισμό συμμετέχουν στη διαμόρφωση της ροπής αντίστασης της διατομής του πλοίου κατά την καταπόνηση του ως ράβδου (π.χ. τα ελάσματα, οι διαμήκεις ενισχύσεις και οι διαμήκεις φρακτές όταν έχουν αρκετό μήκος).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ειδικά τα ελάσματα του περιβλήματος καταπονούνται και από την πίεση του νερού που περιβάλλει το πλοίο και από την καταπόνηση του πλοίου ως δοκού.

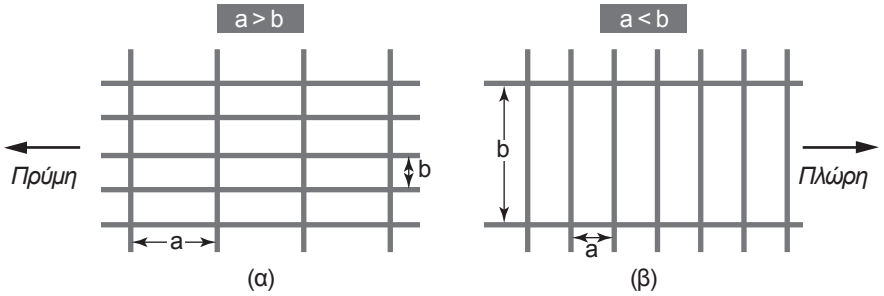
Ο παραπάνω συσχετισμός μεταξύ των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου και των αιτίων της καταπόνησής τους αποτελεί και τη δικαιολόγηση της μορφής που έχουν οι κανονισμοί του Νηογνώμονα που χρησιμοποιούνται για την εύρεση των διαστάσεών τους.

10.3 Η διάταξη των ενισχύσεων

Όπως έχουμε δει μέχρι τώρα, στο εσωτερικό των ελασμάτων του περιβλήματος του πλοίου υπάρχουν διαμήκεις και εγκάρσιες ενισχύσεις οι οποίες τέμνονται κάθετα μεταξύ τους. Οι τεμνόμενες αυτές ενισχύσεις σχηματίζουν ορθογωνικά τμήματα ελάσματος που έχουν τη μεγάλη τους διάσταση κατά τη διεύθυνση του μήκους του πλοίου ή κάθετα προς αυτήν.

Όταν η μεγάλη διάσταση των ορθογωνίων που σχηματίζονται, έχει διεύθυνση κατά μήκος του πλοίου, λέμε ότι το αντίστοιχο κατασκευαστικό τμήμα έχει ***διαμήκη ενίσχυση.*** Όταν η μεγάλη διάσταση των ορθογωνίων είναι κάθετη προς το διάμηκες του πλοίου, λέμε ότι έχουμε εγκάρσια ενίσχυση του κατασκευαστικού τμήματος (σχ. 10.3).

Υπάρχουν και τμήματα κατασκευής τα οποία έχουν ενισχύσεις, διαμήκεις και εγκάρσιες, τοποθετημένες με την ίδια ισαπόσταση και έτσι το σχήμα των τμημάτων του ελάσματος που προκύπτει έχει τη μορφή τετραγώνου. Έτσι διακρίνουμε πλοία με *εγκάρσιο, διάμηκες και μεικτό σύστημα ενίσχυσης*.



Σχ. 10.3
Διάταξη ενισχύσεων. (α) Διαμήκης ενίσχυση. (β) Εγκάρσια ενίσχυση.

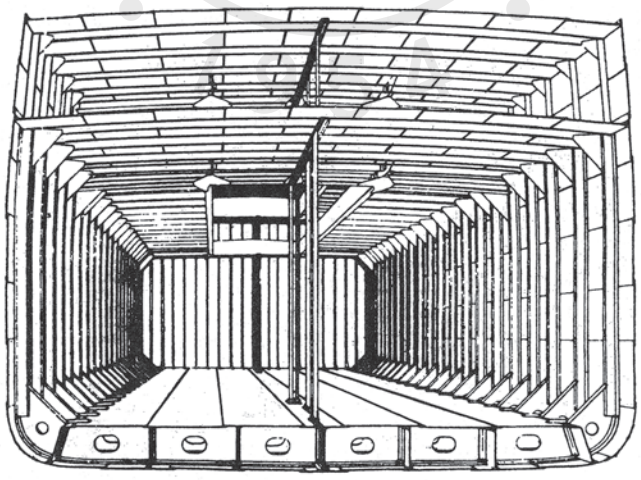
10.3.1 Πλοία με εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης

Η διάταξη των κύριων κατασκευαστικών στοιχείων ενός πλοίου με εγκάρσιο σύστημα ενισχύσεως παρουσιάζεται στο σχήμα 10.4.

Σε ένα πλοίο με εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης, οι έδρες με τους νομείς του πυθμένα και των πλευρών και τα ζυγά σχηματίζουν κλειστούς δακτύλιους τοποθετημένους σε κοντινές μεταξύ τους αποστάσεις, οι οποίες ονομάζονται ***ισαποστάσεις εγκάρσιων νομέων.***

Οι παραπάνω εγκάρσιοι νομείς ενδυναμώνουν τα ελάσματα, τα οποία στην περίπτωση αυτή αποτελούν και τα μοναδικά στοιχεία που συντελούν στην εξασφάλιση της αντοχής του πλοίου ως ράβδου.

Επιπλέον οι εγκάρσιοι νομείς εξασφαλίζουν την ενίσχυση της κατασκευής για την παραλαβή των τοπικών φορτίων και βοηθούν στη διατήρηση του σχήματος του πλοίου.



Σχ. 10.4
Εγκάρσιο σύστημα ενισχύσεων.

10.3.2 Πλοία με διάμηκες σύστημα ενίσχυσης

Η κατασκευή ενός πλοίου με διάμηκες σύστημα ενίσχυσης φαίνεται στο σχήμα 10.5.

Στην περίπτωση αυτή, οι διαμήκεις ενισχύσεις του πυθμένα του καταστρώματος και των πλευρών (λώροι) είναι τοποθετημένες σε μικρή μεταξύ τους απόσταση και υποστηρίζονται από ενισχυμένους εγκάρσιους νομείς, τοποθετημένους σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση, καθώς και από τις εγκάρσιες φρακτές.

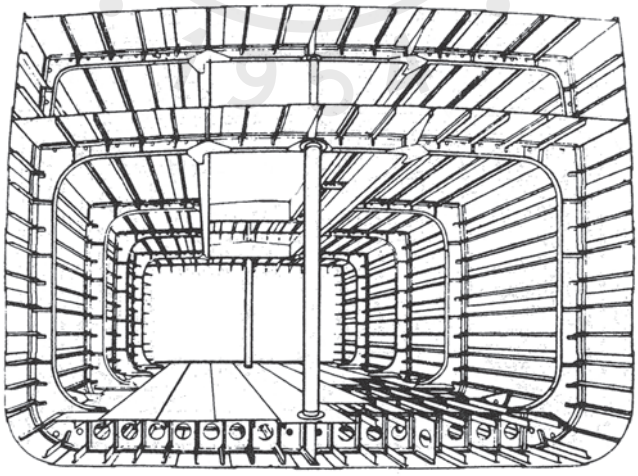
Οι εγκάρσιοι ενισχυμένοι νομείς και οι φρακτές εξασφαλίζουν την εγκάρσια αντοχή του πλοίου.

Τις καταπονήσεις του πλοίου ως δοκού δέχονται στην περίπτωση αυτή τα ελάσματα και οι διαμήκεις ενισχύσεις, που είναι συνεχείς κατά μήκος του πλοίου.

Το παραπάνω σύστημα εφαρμόσθηκε σε πολύ λίγα πλοία γιατί παρουσιάζει δυσκολία στην κατασκευή.

Μια ειδική περίπτωση του διαμήκους συστήματος ενίσχυσης είναι και το σύστημα Isherwood. Σε αυτό οι ενισχυμένοι εγκάρσιοι νομείς βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους 12 ft και οι διαμήκεις ενισχύσεις είναι σε ισαποστάσεις 30 in. Οι διαμήκεις ενισχύσεις δεν είναι συνεχείς ανάμεσα στις εγκάρσιες φρακτές. Η συνέχειά τους διακόπτεται πάνω σ' αυτές. Συνδέονται με τις φρακτές με κατάλληλους αγκώνες.

Με το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία βάρους στη μεταλλική κατασκευή. Όμως η διάταξη αυτή απαιτεί την ύπαρξη ενισχυμένων νομέων με μεγάλο ύψος. Αυτό δημιουργεί προβλήματα στη διαμόρφωση των αμπαριών των φορτηγών πλοίων και γι' αυτό η εφαρμογή του σε αυτά είναι σπάνια. Το σύστημα είναι ιδανικό για την κατασκευή Δ/Ξ γιατί τα εσωτερικά εμπόδια στις δεξαμενές φορτίου δεν δημιουργούν προβλήματα.

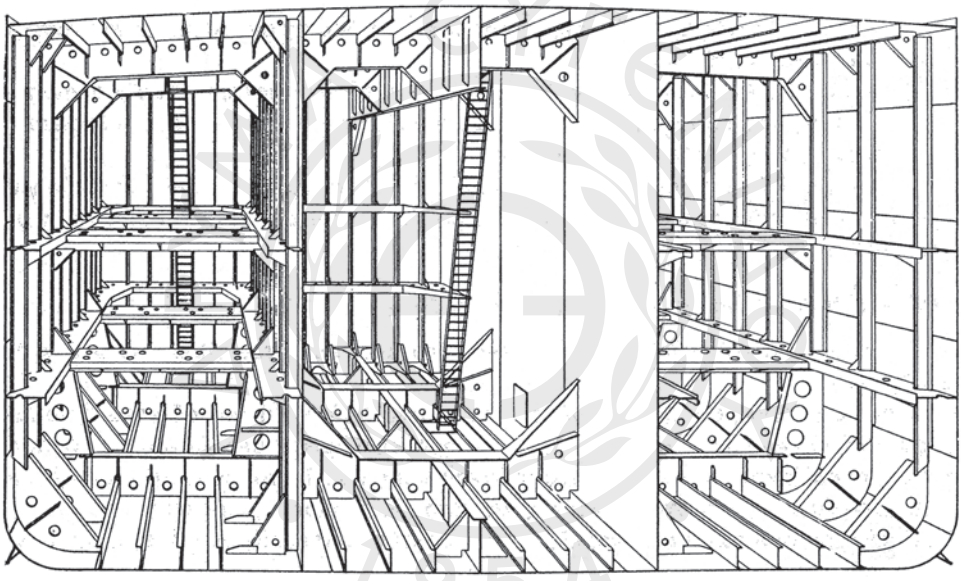


Σχ. 10.5
Διάμηκες σύστημα ενισχύσεων.

10.3.3 Μικτό σύστημα

Η διαμόρφωση της μεταλλικής κατασκευής ενός τέτοιου πλοίου φαίνεται στο σχήμα 10.6.

Στο σύστημα αυτό τα τμήματα του πυθμένα και του καταστρώματος έχουν ως βάση το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης. Αντίθετα, στις πλευρές έχουμε εφαρμογή του εγκάρσιου συστήματος ενίσχυσης. Έτσι επιτυγχάνουμε ικανοποιητική ενίσχυση στο κατάστρωμα και στον πυθμένα, όπου και οι τάσεις είναι μέγιστες λόγω της καταπόνησης του πλοίου ως ράβδου. Παράλληλα οι εγκάρσιοι νομείς δεν έχουν μεγάλο ύψος στις πλευρές και έτσι μπορούν να διαμορφωθούν χωρίς προβλήματα τα κύτη του πλοίου.



Σχ. 10.6
Μικτό σύστημα ενισχύσεων.

10.4 Αρχές που επηρεάζουν την εκλογή του συστήματος ενίσχυσης

Για τη σωστή επιλογή του κατάλληλου συστήματος ενίσχυσης θα πρέπει να λάβει κάποιος υπόψη του την ευστάθεια, την αντιμετώπιση βλαβών και τη γενική διάταξη του πλοίου.

Σε ένα πλοίο ξηρού φορτίου, οι εγκάρσιες φρακτές θα πρέπει να είναι τοποθετημένες σε μεγάλες αποστάσεις, ώστε να είναι δυνατή η φόρτωση φορτίων με μεγάλες διαστάσεις.

Αντίθετα, σε ένα Δ/Ξ, οι εγκάρσιες φρακτές μπορούν να βρίσκονται πλησιέστερα, πράγμα που μειώνει τις καταπονήσεις που δημιουργούνται σ' αυτές από τις κινήσεις του φορτίου. Εξάλλου η ανάγκη μερικές φορές να μεταφέρονται διάφορες ποικιλίες

φορτίου, επιβάλλει να διαμορφώνονται πολλές δεξαμενές φορτίου με ένα συνδυασμό εγκάρσιων και διαμήκων φρακτών. Ειδικά οι διαμήκεις φρακτές χρειάζονται για να μειώνουν αισθητά και τις επιπτώσεις από τις ελεύθερες επιφάνειες των υγρών (φορτίο ή υγρό έρμα) στις δεξαμενές.

Σε ένα πλοίο γενικού φορτίου είναι απαραίτητη η δημιουργία μέσα στ' αμπάρια ενδιάμεσων καταστρωμάτων (κουραδόροι), γιατί αλλιώς το κατώτερο μέρος του φορτίου θα κινδύνευε να συνθλιβεί κάτω από το βάρος του υπόλοιπου φορτίου που θα ήταν στοιβαγμένο πάνω του.

Με τους παραπάνω περιορισμούς καθορίζεται σχεδόν πλήρως η θέση των εγκάρσιων φρακτών και των καταστρωμάτων. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια θα πρέπει να γίνει η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ενίσχυσης, ώστε το βάρος της σιδηροκατασκευής να είναι όσο το δυνατό πιο μικρό.

Άλλες επιλογές, όπως το ύψος του διπύθμενου, θα πρέπει να βασίζονται και στη δυνατότητα να επιθεωρούνται και να συντηρούνται οι αντίστοιχοι χώροι.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, ο προορισμός του πλοίου παίζει σημαντικό ρόλο στην κατασκευαστική διαμόρφωση της μεταλλικής κατασκευής του.

10.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διάφορων συστημάτων ενίσχυσης.

Το πιο βασικό ***πλεονέκτημα*** που έχουν τα πλοία διαμήκους ενίσχυσης είναι η συμμετοχή των διαμήκων ενισχύσεων στην αντιμετώπιση των καταπονήσεων του πλοίου ως δοκού, πράγμα που οδηγεί στο μικρότερο βάρος της μεταλλικής κατασκευής. Το πλεονέκτημα αυτό δεν έχει μεγάλη σημασία στα μικρά πλοία, όπου η καταπόνηση του πλοίου ως δοκού είναι μικρή και τα πάχη των ελασμάτων αρκετά μεγάλα. Κατά κανόνα λοιπόν τα μικρά πλοία, όπως είναι τα ρυμουλκά, τα αλιευτικά και τα μικρά φορτηγά είναι κατασκευασμένα με το εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης.

Από κατασκευαστική πλευρά, με το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης αποφεύγεται η ανάγκη σχηματισμού εγκάρσιων νομέων με δύσκολα σχήματα. Παρόλα αυτά, με το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης αντιμετωπίζονται άλλες κατασκευαστικές δυσχέρειες που καθιστούν τη γενική σύγκριση μεταξύ των δύο συστημάτων εξαιρετικά δύσκολη.

Η διέλευση των διαμήκων ενισχύσεων από τις στεγανές φρακτές και μάλιστα με διατήρηση της στεγανότητάς τους, δημιουργεί αρκετές κατασκευαστικές δυσκολίες στην εφαρμογή του διαμήκους συστήματος ενίσχυσης.

Από την άλλη πλευρά, όπως προαναφέρθηκε, η ύπαρξη ενισχυμένων νομέων μεγάλου ύψους, που είναι συνυφασμένη με το διάμηκες σύστημα ενίσχυσης, αποτελεί ***μειονέκτημα*** στην ικανοποιητική εσωτερική διαρρύθμιση των αμπαριών στα φορτηγά πλοία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Λεπτομερής ανάπτυξη κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου

11.1 Κατασκευαστική διαμόρφωση του πυθμένα

11.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή του πυθμένα

Η μορφή του πυθμένα του πλοίου εξαρτάται γενικά από τις λειτουργικές απαιτήσεις και από τις καταπονήσεις που υφίσταται το πλοίο, όπως είναι η ανάγκη δημιουργίας δεξαμενών στο κατώτερο μέρος του πλοίου ή εξασφάλισης προστασίας από ενδεχόμενη προσάραξη. Ο πυθμένας αρκετές φορές διαμορφώνεται με βάση κανόνες που έχουν νομοθετηθεί από τις αρμόδιες Αρχές. Για παράδειγμα, ανάλογα με το μέγεθος ενός επιβατικού πλοίου μπορεί να απαιτείται η ύπαρξη διπύθμενου στο τμήμα του που βρίσκεται από το μηχανοστάσιο μέχρι την πλώρη, ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να απαιτείται η ύπαρξη διπύθμενου σε όλο το μήκος του πλοίου.

Ο πυθμένας επίσης θα πρέπει να αντέχει στα φορτία που δημιουργούν οι πιέσεις του νερού πάνω σε αυτόν, καθώς και στα φορτία που ασκούν τα υπόβαθρα πάνω στο πλοίο κατά τον δεξαμενισμό. Το πρωραίο τμήμα του πυθμένα θα πρέπει να αντέχει στα φορτία που δημιουργούνται από την απότομη πτώση της πλώρης στο νερό (σε κατάσταση θαλασσοταραχής), ενώ το πρυμναίο θα πρέπει να αντέχει στις ταλαντώσεις που ενδεχομένως θα δημιουργηθούν από τη δράση της έλικας.

Η ύπαρξη διπύθμενου εμποδίζει σε περίπτωση προσάραξης του πλοίου την εισροή νερού στο μηχανοστάσιο ή σε άλλα διαμερίσματα. Σε μια τέτοια περίπτωση και με την προϋπόθεση ότι το διπύθμενο έχει το κατάλληλο ύψος, ώστε να μην υπάρξει ρήγμα στην οροφή του η κατάκλυση θα περιορισθεί μόνο στις δεξαμενές των διπύθμενων. Αν μάλιστα οι δεξαμενές αυτές συμπέσει να είναι πλήρεις, οι επιπτώσεις από την κατάκλυση θα έχουν πολύ μικρή ή και καμία σημασία στην πλευστότητα και ευστάθεια του πλοίου. Τα μικρά φορτηγά πλοία και τα πετρελαιοφόρα γενικά δεν έχουν δεξαμενές διπύθμενων, ενώ τα μεγάλα φορτηγά έχουν κατά κανόνα ένα χαμηλό συνεχές στεγανό κατάστρωμα που ονομάζεται ***οροφή διπύθμενου***. Τα διπύθμενα ή οι ***δεξαμενές διπύθμενου*** (double bottom tanks) είναι οι χώροι που δημιουργούνται ανάμεσα σε αυτό το κατάστρωμα και τον πυθμένα του πλοίου.

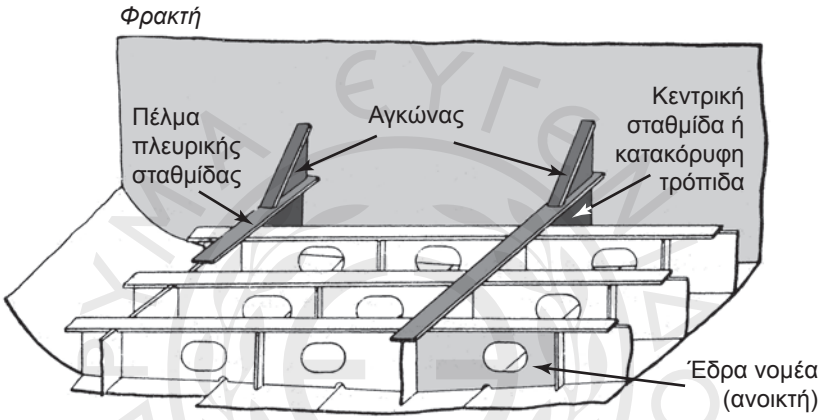
11.1.2 Το εσωτερικό του πυθμένα

Όπως προκύπτει από το προηγούμενο κεφάλαιο, ο πυθμένας του πλοίου μπορεί να διαμορφωθεί με διπύθμενο ή ***χωρίς διπύθμενο*** (single bottom).

Η τυπική διάταξη του εσωτερικού πυθμένα ενός φορτηγού πλοίου χωρίς διπύθ-

μενο φαίνεται στο σχήμα 11.1. Στο σχήμα αυτό παρατηρούμε την κατακόρυφη τρόπιδα που εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου και είναι συνεχής και χωρίς οπές. Στο επάνω μέρος της κατακόρυφης τρόπιδας είναι συγκολλημένη ισχυρή λάμα που επίσης συγκολλάται στα πέλματα των εδρών.

Οι έδρες των νομέων είναι συνεχείς και φέρουν οπές για την εξασφάλιση της επικοινωνίας των χώρων που δημιουργούνται. Οι πλευρικές σταθμίδες, που βρίσκονται σε ισαποστάσεις δεξιά και αριστερά από την κεντρική σταθμίδα, διακόπτονται ανάμεσα στις έδρες και έχουν συνεχή πέλματα. Για τη συνοχή της κατασκευής, τα τμήματα των πλευρικών σταθμίδων είναι συγκολλημένα πάνω στις έδρες και τα πέλματα των πλευρικών σταθμίδων πάνω στα πέλματα των εδρών.



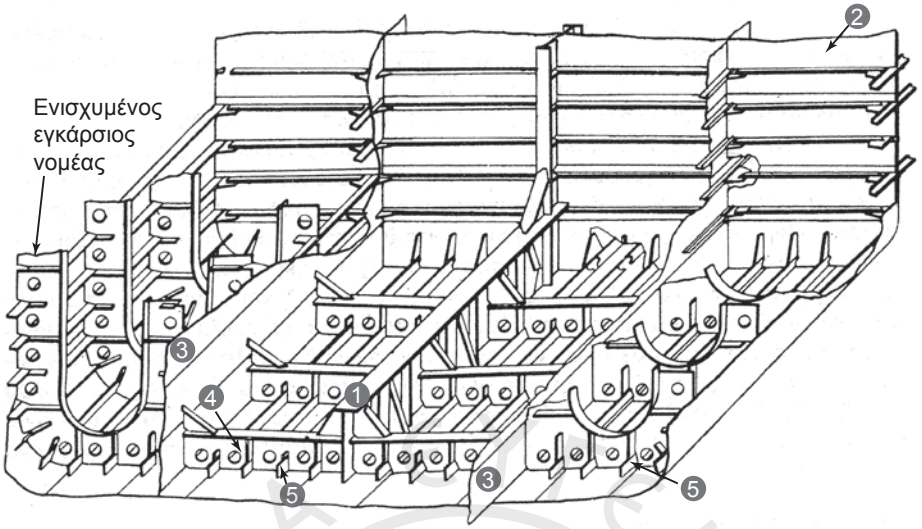
Σχ. 11.1
Διαμόρφωση του εσωτερικού του πυθμένα πλοίου χωρίς διπύθμενα.

Στο σχήμα 11.2 φαίνεται τυπική διαμόρφωση του πυθμένα Δ/Ξ. Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται περισσότερες λεπτομέρειες του διαμήκους συστήματος ενίσχυσης. Δύο διαμήκεις φρακτές δημιουργούν τις πλευρικές και την κεντρική δεξαμενή φορτίου. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι διαμήκεις ενισχύσεις σε αυτήν την περίπτωση είναι συνεχείς. Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε και τη διαμόρφωση των ενισχυμένων εγκάρσιων νομέων.

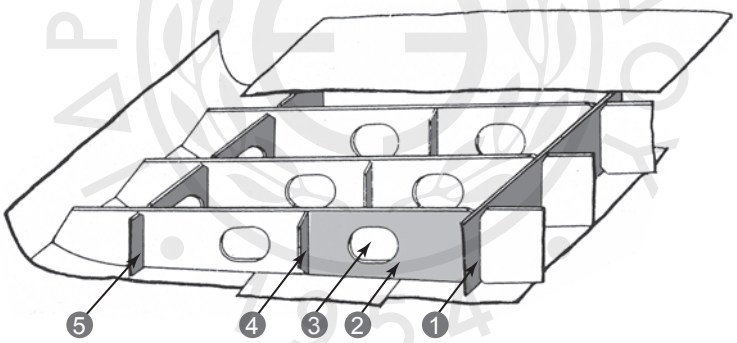
Στο σχήμα 11.3 φαίνεται τυπική διαμόρφωση του πυθμένα ενός πλοίου με διπύθμενο και εγκάρσιο σύστημα ενισχύσεων.

Η κατακόρυφη τρόπιδα είναι και πάλι συνεχής και συνήθως χωρίς οπές επικοινωνίας στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η κατακόρυφη τρόπιδα υποδιαιρεί και τις δεξαμενές του διπύθμενου κατά τη διαμήκη έννοια. Οι έδρες είναι συνεχείς και φέρουν οπές επικοινωνίας. Οι πλευρικές σταθμίδες συγκολλώνται κατά τμήματα ανάμεσα στις έδρες. Οι έδρες που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με τις εγκάρσιες φρακτές, δεν έχουν οπές επικοινωνίας και χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των δεξαμενών διπυθμένων μεταξύ τους.

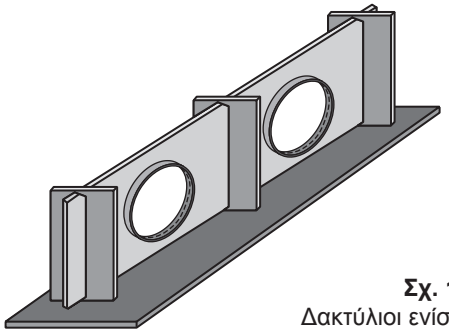
Οι οπές επικοινωνίας μπορεί να έχουν μορφή έλλειψης ή κύκλου. Σε μερικές περιπτώσεις, για την αύξηση της αντοχής της έδρας που έχει ελαττωθεί εξαιτίας των οπών, συγκολλώνται στην περίμετρο των οπών ενισχυτικοί δακτύλιοι (σχ. 11.4).



Σχ. 11.2
Διαμόρφωση πυθμένα Δ/Ξ.
1) Κατακόρυφη τρόπιδα. 2) Εγκάρσια φρακτή. 3) Διαμήκης φρακτή.
4) Έδρα. 5) Διαμήκης ενίσχυση.



Σχ. 11.3
Διαμόρφωση πυθμένα με διπύθμενο και εγκάρσιο σύστημα ενισχύσεων.
1) Κατακόρυφη τρόπιδα. 2) Έδρα. 3) Οπή επικοινωνίας.
4) Κατακόρυφη λάμα. 5) Πλευρική σταθμίδα.



Σχ. 11.4
Δακτύλιοι ενίσχυσης έδρας.

Όπως είδαμε παραπάνω, ο χώρος του διπύθμενου με την κατακόρυφη τρόπιδα και τις στεγανές έδρες υποδιαιρείται σε επιμέρους χώρους που χρησιμοποιούνται ως δεξαμενές πετρελαίου, λαδιού, πόσιμου νερού και υγρού έρματος. Κατά την εγκάρσια έννοια οι δεξαμενές του διπύθμενου είναι χωρισμένες σε αριστερές και δεξιές. Συμβαίνει πολλές φορές στα άκρα του πλοίου και κυρίως στην πλώρη, που το πλάτος είναι μικρό, οι δεξαμενές του διπύθμενου να μην χωρίζονται σε δεξιές ή αριστερές, αλλά να είναι ενιαίες. Ενώ στο μέσο του πλοίου μπορεί οι δεξαμενές να χωρίζονται και σε τέσσερα, κατά την εγκάρσια έννοια, τμήματα.

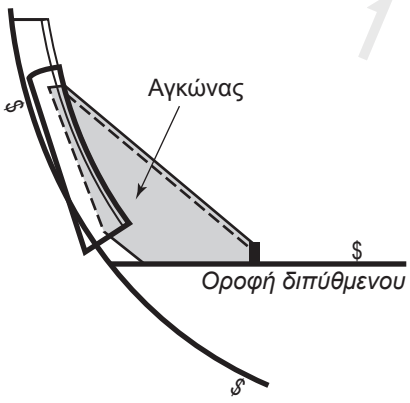
Στην περίπτωση που έχουμε δύο δεξαμενές διπύθμενου, από τις οποίες η μία χρησιμοποιείται για νερό και η άλλη για πετρέλαιο, ανάμεσα τους παρεμβάλλεται κενός χώρος, που καταλαμβάνει μήκος ίσο με την απόσταση μεταξύ δύο νομέων ή και διπλάσιο. Οι κενοί αυτοί χώροι ονομάζονται ***cofferdams***.

Όλοι οι χώροι που δημιουργούνται στα διπύθμενα θα πρέπει να είναι προσιτοί. Για τον λόγο αυτό πάνω στο κατάστρωμα του διπύθμενου κατασκευάζονται ανθρωποθυρίδες. Μέσα σε κάθε δεξαμενή θα πρέπει να καταλήγουν απολήξεις των δικτύων, ώστε να είναι δυνατή η πλήρωση και εκκένωσή τους.

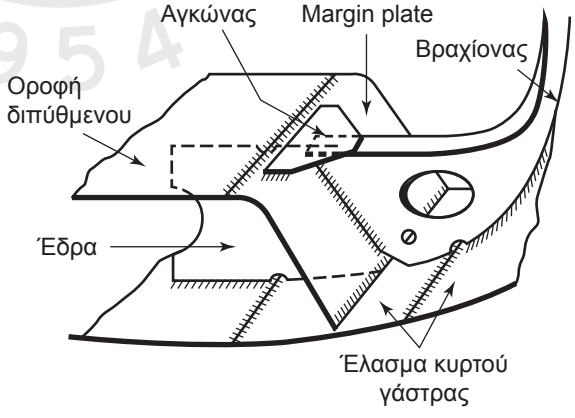
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαμόρφωση του ελάσματος της οροφής του διπύθμενου. Το έλασμα αυτό, επίπεδο στο μεγαλύτερο μέρος του, μπορεί να καταλήξει στην πλευρά του πλοίου με διάφορους τρόπους.

Στην περίπτωση του σχήματος 11.5 η οροφή του διπύθμενου διατηρείται οριζόντια σε όλο το πλάτος.

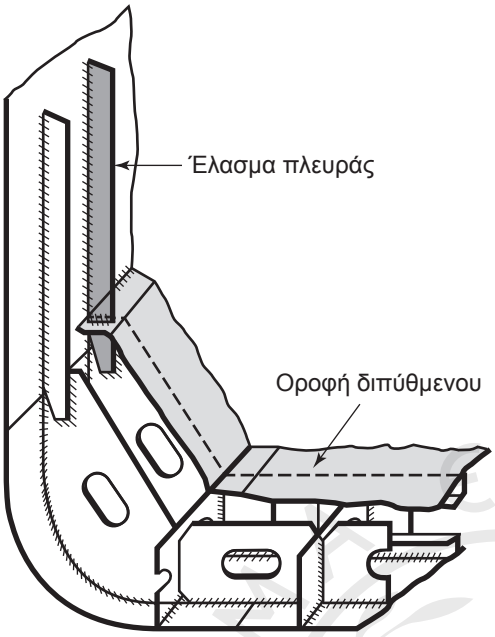
Στην περίπτωση του σχήματος 11.6 το έλασμα της οροφής του διπύθμενου παρουσιάζει πτώση προς τις πλευρές, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός χώρου όπου συγκεντρώνονται και απαντλούνται στη συνέχεια με τη βοήθεια του δικτύου τα νερά που συγκεντρώνονται στην περιοχή.



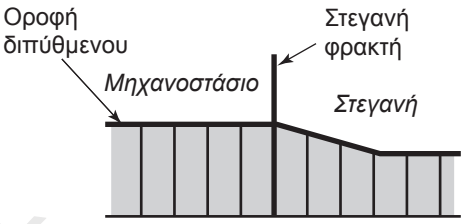
Σχ. 11.5
Οριζόντια διαμόρφωση πλευράς οροφής διπύθμενου.



Σχ. 11.6
Κεκλιμένη διαμόρφωση πλευράς οροφής διπύθμενου



Σχ. 11.7
Διαμόρφωση πλευράς οροφής διπύθμενου πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου.



Σχ. 11.8

Στο σχήμα 11.7 φαίνεται διάταξη οροφής διπύθμενου πάρα πολύ συνηθισμένη σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίων.

Το ύψος του διπύθμενου κυμαίνεται συνήθως από 1 ως 1½ m. Συχνά στο μηχανοστάσιο, ανάλογα με τη διαμόρφωση της βάσης της μηχανής, το ύψος του διπύθμενου είναι μεγαλύτερο. Στην περίπτωση αυτή η μετάπτωση του ύψους του διπύθμενου του μηχανοστασίου σε εκείνο του υπόλοιπου πλοίου γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 11.8 (διαμήκης τομή).

11.1.3 Εξωτερική διαμόρφωση του πυθμένα

Κάτω ακριβώς από την κεντρική σταθμίδα είναι τοποθετημένο το έλασμα της ***επίπεδης τρόπιδας.*** Τα ελάσματα της επίπεδης τρόπιδας, επειδή η επαφή του πλοίου με τα υπόβαθρα της δεξαμενής κατά τον δεξαμενισμό πραγματοποιείται πάνω σε αυτά, είναι ιδιαίτερα ενισχυμένα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων, το πλάτος του ελάσματος της επίπεδης τρόπιδας είναι ανάλογο με το πλάτος του πλοίου και το πάχος του ανάλογο με το μήκος. Τα πάχη των ελασμάτων του πυθμένα, όπως άλλωστε και όλα τα στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, καθορίζονται από τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων.

Κάποια κατασκευαστική ιδιομορφία παρουσιάζουν τα ***παρατροπίδια*** (bilge keels), που είναι ένα είδος πτερυγίου κάθετου πάνω στο κυρτό σημείο του πυθμένα. Λεπτομέρειες για τη δράση και μορφή των παρατροπιδίων δίνονται σε επόμενο κεφάλαιο.

11.2 Κατασκευή του καταστρώματος

11.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή του καταστρώματος

Το κατάστρωμα του πλοίου πρέπει να είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο με τρόπο που να καλύπτονται ταυτόχρονα οι λειτουργικές ανάγκες και οι απαιτήσεις αντοχής. Η μορφή του καταστρώματος που είναι απαραίτητη, για να καλύπτονται σωστά οι λειτουργικές ανάγκες, εξετάζεται στο κεφάλαιο 12 και εξαρτάται σημαντικά από τη μορφή και τον προορισμό του πλοίου.

Η ανάγκη καλυψης των λειτουργικών αναγκών του πλοίου δημιουργεί συχνά αρκετά σοβαρά προβλήματα αντοχής. Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα αυτής της μορφής είναι η εξασθένιση του καταστρώματος των φορτηγών πλοίων στην περιοχή των μεγάλων ανοιγμάτων των αμπαριών.

Τα καταστρώματα φορτηγού πλοίου γενικά, διακρίνονται σε:

1) Καταστρώματα πρωραίας υπερκατασκευής (forecastle deck), γέφυρας (bridge deck) και πρυμναίας υπερκατασκευής (poop deck).

2) Ανώτερο κατάστρωμα (upper deck).

3) Κύριο κατάστρωμα (main deck).

4) Κατώτερα καταστρώματα (lower decks).

Ο σκοπός των καταστρωμάτων σε ένα πλοίο μπορεί να συνοψισθεί στα εξής:

1) Εξασφάλιση της απαραίτητης αντοχής του πλοίου ως ράβδου.

2) Δημιουργία επιφανειών για τη στοιβασία του φορτίου, τις ενδιαιτήσεις επιβατών και πληρώματος, την εγκατάσταση των μηχανημάτων και γενικά την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών του πλοίου.

3) Εξασφάλιση της στεγανότητας από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του πλοίου αλλά και ανάμεσα σε υπερκείμενους χώρους.

4) Υποστήριξη των πλευρών του πλοίου και των εγκάρσιων και διαμήκων φρακτών.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι καταπονήσεις που υφίστανται τα καταστρώματα, συνοπτικά, είναι:

1) Φορτία λόγω της καταπόνησης του πλοίου ως ράβδου.

2) Βάρη του εξοπλισμού που εδράζεται πάνω στα καταστρώματα (μηχανές, γερανός κλπ.).

3) Βάρη φορτίου, επιβατών και πληρώματος.

4) Πίεση του νερού που καλύπτει σε θαλασσοταραχή το κατάστρωμα.

5) Βάρη υγρών σε καταστρώματα, που σχηματίζουν δάπεδα δεξαμενών.

11.2.2 Τυπική διαμόρφωση του καταστρώματος

Κατά τη σχεδίαση της μορφής του ανώτερου συνεχούς καταστρώματος ενός πλοίου, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω επιδιώξεις.

1) Η μη κάλυψη του καταστρώματος με νερό σε περίπτωση δυνατού κυματισμού.

2) Η διευκόλυνση της ροής του νερού, που συγκεντρώνεται στο κατάστρωμα, προς τη θάλασσα.

Για την εκπλήρωση των δύο αυτών απαιτήσεων, το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα των πλοίων αλλά και τα υπερκείμενα καταστρώματα πρωραίας και πρυμναίας υπερκατασκευής, θα πρέπει να έχουν ***σιμότητα*** και ***κύρτωμα ζυγού.***

Τα ενδιάμεσα καταστρώματα μπορεί να είναι και τελείως επίπεδα.

Από τους κανονισμούς «περί Γραμμής Φόρτωσης» (κεφάλαιο 26) καθορίζεται ότι η τυποποιημένη σιμότητα δίνεται από τις σχέσεις:

$$S_a = 25\left(\frac{L}{3} + 10\right) \qquad (78)$$

και

$$S_f = 2S_a \qquad (79)$$

όπου: $\mathbf{S_a}$ και $\mathbf{S_f}$ η πρυμναία και πρωραία σιμότητα του καταστρώματος σε mm αντίστοιχα και

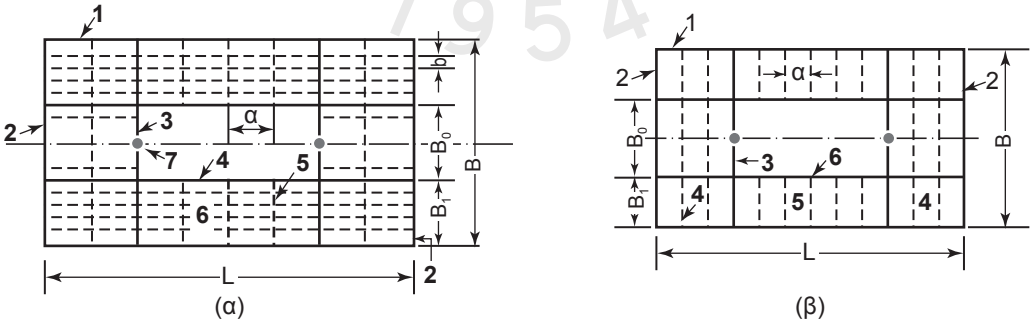
L το μήκος του πλοίου σε m.

Το ίχνος του καταστρώματος, όπως το βλέπουμε από την πλευρά του πλοίου, στις περισσότερες περιπτώσεις, έχει παραβολικό σχήμα. Σε μερικά πλοία όμως το ίχνος έχει τη μορφή μιας τεθλασμένης γραμμής, που αποτελείται από μία οριζόντια ευθεία στη μεσαία περιοχή του πλοίου και δύο κεκλιμένες προς τα πάνω στα άκρα. Τα σημεία από τα οποία αρχίζει η ανύψωση του καταστρώματος συμπίπτουν, συνήθως, με τη θέση των εγκάρσιων φρακτών.

Το κύρτωμα του ζυγού λαμβάνεται συνήθως ίσο με το $^1/_{50}$ του πλάτους του πλοίου.

Η ενδυνάμωση του καταστρώματος του πλοίου με εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης είναι κυρίως τα ***ζυγά.*** Είναι δυνατή όμως και η ενίσχυση ενός καταστρώματος με διαμήκεις ενισχύσεις που λέγονται ***διαδοκίδες.*** Οι δύο αυτές πιθανότητες ενίσχυσης ενός καταστρώματος φαίνονται σκαριφηματικά για την περιοχή αμπαριού στο σχήμα 11.9.

Ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η σχεδίαση των καταστρωμάτων στην περιοχή των αμπαριών, γιατί οι χώροι αυτοί έχουν μεγάλες διαστάσεις και γιατί είναι απαραίτητο να έχουν



Σχ. 11.9

Μέθοδοι ενίσχυσης καταστρώματος.

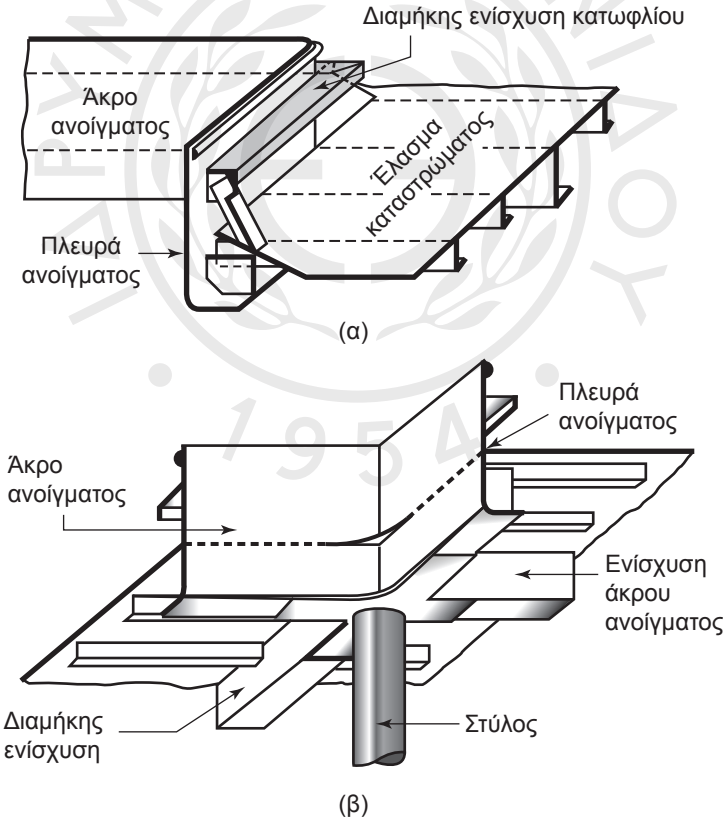
(α) Διάμηκες σύστημα ενίσχυσης καταστρώματος κύτους: 1) Πλευρά. 2) Εγκάρσια φράκτη. 3) Ενίσχυση άκρου καταστρώματος. 4) Ενίσχυση πλευράς καταστρώματος. 5) Ημιζυγά. 6) Διαδοκίδα. 7) Στύλος υποστήριξης καταστρώματος. L = Μήκος αμπαριού. B = Πλάτος πλοίου. B_0 = πλάτος ανοίγματος. (β) Εγκάρσιο σύστημα ενίσχυσης καταστρώματος κύτους.

μεγάλα ανοίγματα. Συχνά για την ενίσχυση των καταστρωμάτων στις θέσεις αυτές, ιδιαίτερα μάλιστα όταν πάνω από τα καταστρώματα προβλέπεται φόρτωση μεγάλων φορτίων, είναι απαραίτητη η πρόβλεψη ειδικών στύλων (σχ. 11.9).

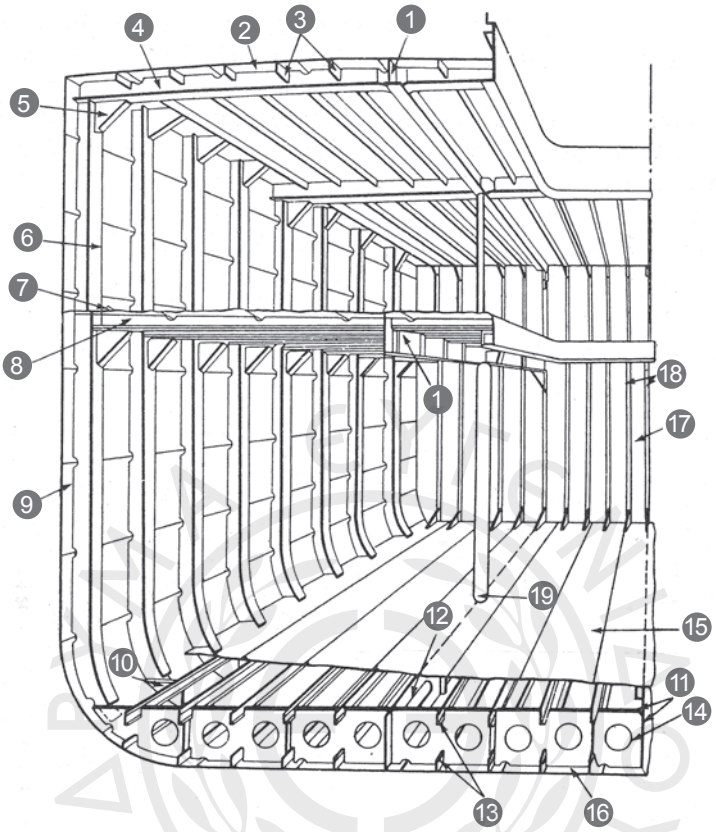
Ένα τυπικό παράδειγμα ενίσχυσης καταστρώματος, με εγκάρσιες ενισχύσεις, στην περιοχή του ανοίγματος του κύτους φορτηγού πλοίου, φαίνεται στο σχήμα 11.10.

Στην περίπτωση εγκάρσιας ενίσχυσης του καταστρώματος τα ζυγά είναι συνεχή και σχηματίζουν μαζί με τους νομείς κλειστούς δακτυλίους. Στο σχήμα 11.10 διακρίνεται κυρίως η κατασκευαστική διαμόρφωση του ανοίγματος, καθώς και ένας στύλος υποστήριξης του καταστρώματος. Η διαμήκης ενίσχυση του ανοίγματος του καταστρώματος ονομάζεται ***ενίσχυση πλευράς ανοίγματος*** (hatch side beam) και η εγκάρσια, ***ενίσχυση άκρου ανοίγματος*** (hatch end beam).

Στο σχήμα 11.11 φαίνεται μικτή ενίσχυση πλοίου. Στο ανώτερο κατάστρωμα παρατηρούμε ενισχύσεις κατά το διάμηκες, ενώ στο ενδιάμεσο κατά το εγκάρσιο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι διαμήκεις ενισχύσεις του καταστρώματος, οι ενισχύσεις των φρακτών και οι διαμήκεις ενισχύσεις του πυθμένα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



Σχ. 11.10
Κατασκευή ενίσχυσης ανοίγματος κύτους.
(α) Τομή στην περιοχή ανοίγματος. (β) Λεπτομέρεια ανοίγματος από κάτω προς τα επάνω.



Σχ. 11.11

Ενίσχυση καταστρώματος πλοίου με μικτό σύστημα ενισχύσεων.
1) Ενισχυμένη διαμήκης ενίσχυση. 2) Έλασμα ανώτερου καταστρώματος. 3) Διαδοκίδα. 4) Ημιζυγό. 5) Αγκώνας. 6) Νομέας. 7) Έλασμα κουραδόρου. 8) Ζυγά. 9) Ελάσματα πλευρών. 10) Αγκώνας κύτους. 11) Κατακόρυφη τρόπιδα. 13) Διαμήκεις ενισχύσεις πυθμένα. 14) Έδρα. 15) Οροφή διπύθμενου. 16) Ελάσματα πυθμένα. 17) Εγκάρσια φρακτή. 18) Ενίσχυση φρακτής. 19) Στύλος.

Τέλος στο σχήμα 11.12 φαίνεται εγκάρσια τομή, στην περιοχή ανοίγματος του αμπαριού, πλοίου μεταφοράς μεταλλεύματος.

11.2.3 Ανοίγματα κύτους

Στην περιοχή των μεγάλων ανοιγμάτων του καταστρώματος, που είναι απαραίτητα για τη φόρτωση των αμπαριών, δημιουργείται μία ασυνέχεια της διατομής. Η ασυνέχεια αυτή της διατομής δημιουργεί, όπως και σε άλλες περιοχές του πλοίου, που έχουμε τέτοιες ασυνέχειες, τοπική αύξηση των καταπονήσεων, που στην *Αντοχή των Υλικών* ονομάζεται ***συγκέντρωση τάσεων.***

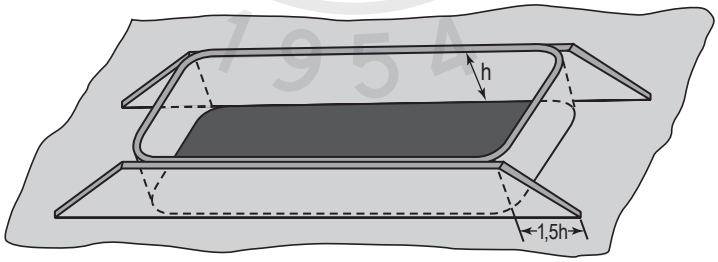
Η παραπάνω συγκέντρωση τάσεων σε συνδυασμό με την εναλλασσόμενη καταπόνηση, που υπάρχει στο κατάστρωμα, όπως έχουμε δει σε προηγούμενα κεφά-

λαια, ιδιαίτερα όταν υπάρχει χαμηλή θερμοκρασία, μπορεί να δημιουργήσει ρωγμές στον χάλυβα ή στις συγκολλήσεις.

Για τον λόγο αυτό στην περιοχή των ανοιγμάτων των κυτών πρέπει να υπάρχει πρόσθετη ενίσχυση. Η διαμόρφωση του χώρου του ανοίγματος πάνω από το κατάστρωμα ενός κύτους φαίνεται σκαριφηματικά στο σχήμα 11.13.

Σχ. 11.12

Εγκάρσια τομή στην περιοχή ανοίγματος κύτους σε πλοίο μεταφοράς μεταλλεύματος. 1) Έλασμα ζωστήρα. 2) Διαμήκης ενίσχυση καταστρώματος. 3) Ελάσματα καταστρώματος. 4) Κατώφλι πλευράς ανοίγματος κύτους. 5) Διαμήκης ενίσχυση πλευράς. 6) Διαμήκης φρακτή. 7) Ενισχυμένος νομέας. 8) Εγκάρσια ενίσχυση καταστρώματος. 9) Διαμήκης ενίσχυση καταστρώματος. 10) Διάδρομος.



Σχ. 11.13

Ενισχύσεις ανοίγματος κύτους.

11.3 Κατασκευή πλευρών

11.3.1 Παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση των πλευρών

Τα φορτία που δέχεται το περίβλημα του πλοίου στις πλευρές είναι:

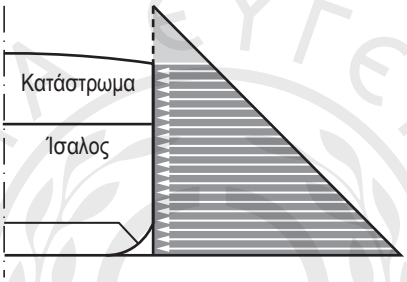
1) Τάσεις λόγω καταπονήσεων του πλοίου ως δοκού.

2) Πιέσεις από το νερό που περιβάλλει το πλοίο.

3) Φορτία λόγω προσκρούσεων του πλοίου σε κρηπιδώματα ή φορτία λόγω διέλευσης του ανάμεσα από πάγους.

Οι τάσεις λόγω καταπόνησης του πλοίου ως δοκού έχουμε δει ότι έχουν μηδενική τιμή στον ουδέτερο άξονα και αυξάνονται γραμμικά, όσο πλησιάζουμε το κατάστρωμα ή τον πυθμένα.

Οι πιέσεις του νερού εξάλλου μεταβάλλονται και αυτές γραμμικά από το κατάστρωμα προς τα κάτω. Επειδή σε κυματισμό υπάρχει και το ενδεχόμενο το νερό να καλύψει το κατάστρωμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η κατανομή της πίεσης θα είναι όπως απεικονίζεται στο σχήμα 11.14.



Σχ. 11.14
Κατανομή υδροστατικής πίεσης στην πλευρά του πλοίου.

Για τους παραπάνω λόγους, οι κανονισμοί των Νηογνωμόνων, για να βρεθεί το πάχος των ελασμάτων της πλευράς, χωρίζουν την πλευρά του πλοίου σε τρεις περιοχές:

1) Ελάσματα ζωστήρα.

2) Ελάσματα κυρτού γάστρας.

3) Υπόλοιπα ελάσματα της πλευράς.

Τα πάχη που καθορίζονται για τα ελάσματα του ζωστήρα και της πλευράς είναι μεγαλύτερα από τα υπόλοιπα. Αλλά και στα πάχη των υπόλοιπων ελασμάτων υπάρχουν διαφορές, ανάλογα με την κατακόρυφη θέση τους, σε σχέση με το κατάστρωμα και τον πυθμένα.

Τα φορτία που δέχονται τα ελάσματα, μεταφέρονται μέσω των εσωτερικών ενισχύσεων στα καταστρώματα, στον πυθμένα και στις φρακτές.

11.3.2 Νομείς

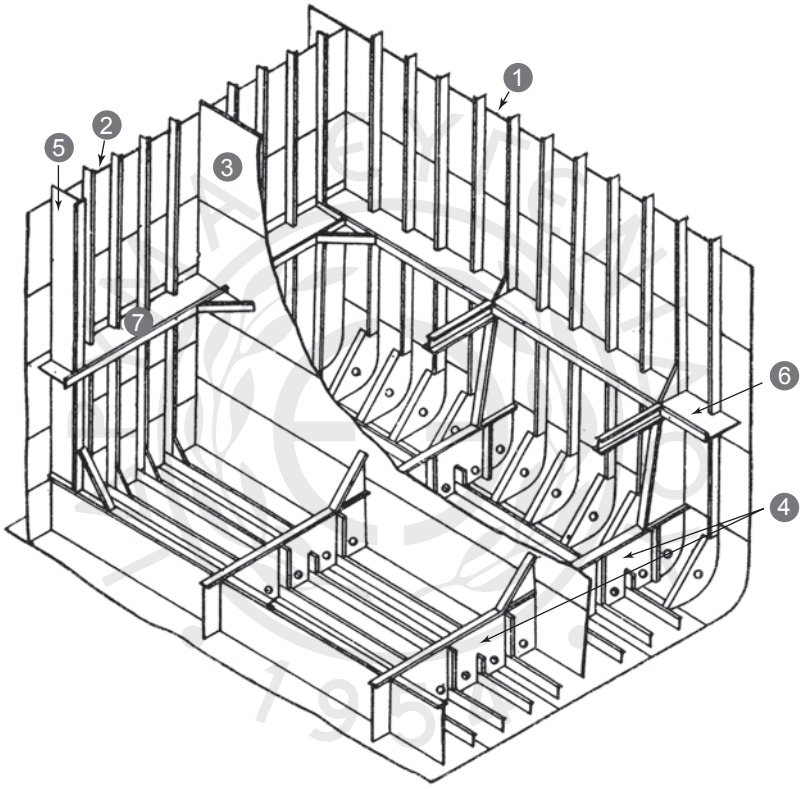
Οι νομείς για την ενίσχυση των ελασμάτων των πλευρών, μπορεί να είναι, όπως έχουμε πει, διαμήκεις ή εγκάρσιοι. Τυπική διάταξη ενός Δ/Ξ με εγκάρσιο σύστημα ενισχύσεων φαίνεται στο σχήμα 11.15.

Για την αύξηση της αντοχής των εγκάρσιων νομέων τοποθετούνται πάνω στην πλευρά διαμήκεις ενισχύσεις που ο αριθμός τους εξαρτάται από το ύψος του πλοί-

ου. Στο σχήμα 11.15 φαίνονται δύο τέτοιες ενισχύσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ενισχύσεις αυτές συνδέονται με άλλες που βρίσκονται σε αντίστοιχη θέση πάνω στις φρακτές.

Στο σχήμα 11.16 φαίνονται μερικοί από τους πιθανούς τρόπους σύνδεσης των εγκάρσιων νομέων με τον πυθμένα όταν υπάρχει ή δεν υπάρχει διπύθμενο.

Στο σχήμα 11.17 φαίνεται η περίπτωση ενός πλοίου με διαμήκεις ενισχύσεις στην πλευρά και ιδιαίτερα ο τρόπος σύνδεσης των διαμήκων ενισχύσεων με την εγκάρσια φρακτή.



Σχ. 11.15

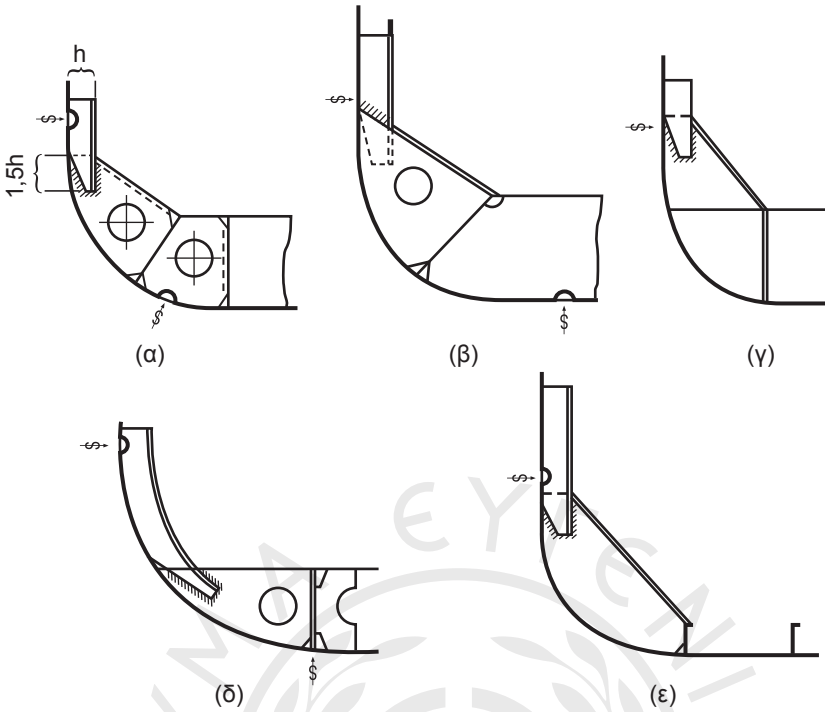
Εγκάρσιο σύστημα ενισχύσεων πλευράς Δ/Ξ.

1) Έλασμα πλευράς. 2) Έλασμα φρακτής. 3) Διαμήκης φρακτή. 4) Έδρα. 5) Κατακόρυφη ενίσχυση φρακτής. 6) Διαμήκης ενίσχυση πλευράς.

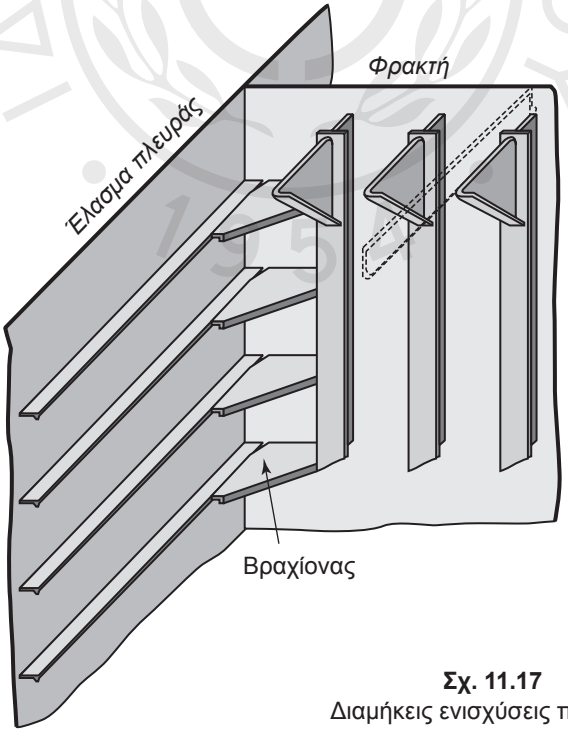
11.4 Κατασκευή των φρακτών

11.4.1 Στοιχεία που επηρεάζουν τη μορφή των φρακτών

Οι φρακτές είναι κατακόρυφα διαχωρίσματα με εγκάρσια η διαμήκη διεύθυνση. Ο σκοπός τους είναι να διαχωρίζουν μεταξύ τους τα διαμερίσματα του πλοίου, ταυτόχρονα όμως να συμμετέχουν στην εξασφάλιση της αντοχής του.



Σχ. 11.16
Συνδέσεις εγκάρσιων νομέων με πυθμένα.



Σχ. 11.17
Διαμήκεις ενισχύσεις πλευράς.

Οι φρακτές διακρίνονται σε ***στεγανές*** και ***μη στεγανές.*** Οι στεγανές φρακτές, ανάλογα με τον βαθμό στεγανότητάς τους διακρίνονται σε ***υδατοστεγανές***, ***ελαιοστεγανές*** και ***αεροστεγανές***.

Οι υδατοστεγανές και ελαιοστεγανές φρακτές μπορεί να δέχονται πίεση υγρών μόνιμα ή σπάνια. Μόνιμη πίεση δέχονται οι φρακτές που αποτελούν όρια δεξαμενών όταν οι δεξαμενές είναι γεμάτες.

Λεπτομέρειες σχετικά με τη θέση των εγκάρσιων φρακτών δίνονται σε επόμενο κεφάλαιο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τη θέση των εγκάρσιων φρακτών παρουσιάζει η περίπτωση των επιβατικών (και πολεμικών) πλοίων για τα οποία προβλέπονται από τους κανονισμούς αυξημένες απαιτήσεις σχετικά με τη στεγανή υποδιαίρεση.

Για την κατασκευαστική διαμόρφωση των φρακτών λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω φορτία:

1) Αντιδράσεις των φρακτών στα φορτία που οφείλονται στην εξωτερική πίεση του νερού, γιατί οι φρακτές αποτελούν σημεία υποστήριξης των πλευρών και του πυθμένα του πλοίου.

2) Αντιδράσεις από τα φορτία των υποβάθρων κατά τον δεξαμενισμό του πλοίου.

3) Πιέσεις από υγρά που βρίσκονται σε επαφή με τις φρακτές ή που πρόκειται να καταπονήσουν τη φρακτή όταν σε κάποια κατάσταση ανάγκης χρειασθεί να παίξει τον ρόλο ανθεκτικού και στεγανού διαφράγματος.

Όπως είναι φανερό από τα παραπάνω, από το ύψος μιας φρακτής και από τα ενδιάμεσα σημεία στήριξής της (καταστρώματα) εξαρτάται η καταπόνησή της. Ανάλογα με την καταπόνηση που θα δεχθεί καθορίζεται το πάχος του ελάσματος και οι ενισχύσεις που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της.

Η καλή σχεδίαση μιας φρακτής έχει ως σκοπό την εξασφάλιση της απαραίτητης αντοχής με το ελάχιστο δυνατό βάρος.

11.4.2 Ενισχύσεις φρακτών

Οι ενισχύσεις των φρακτών μπορεί να είναι κατακόρυφες ή οριζόντιες. Σε περίπτωση που είναι κατακόρυφες υπάρχει, συνήθως σε μικρά πλοία, και μία ή δύο οριζόντιες ενισχύσεις. Σε μεγάλα όμως πλοία δεν υπάρχουν γιατί τις αντικαθιστούν πλήρως τα ενδιάμεσα καταστρώματα.

Μεταξύ των δύο συστημάτων ενίσχυσης πλεονεκτικότερο φαίνεται εκείνο με τις κατακόρυφες ενισχύσεις, γιατί αυτές συμμετέχουν στην εξασφάλιση της απαραίτητης αντοχής από τα φορτία που εφαρμόζονται από τα υπόβαθρα κατά τον δεξαμενισμό. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή μεταξύ οριζόντιων και κατακόρυφων ενισχύσεων των φρακτών είναι:

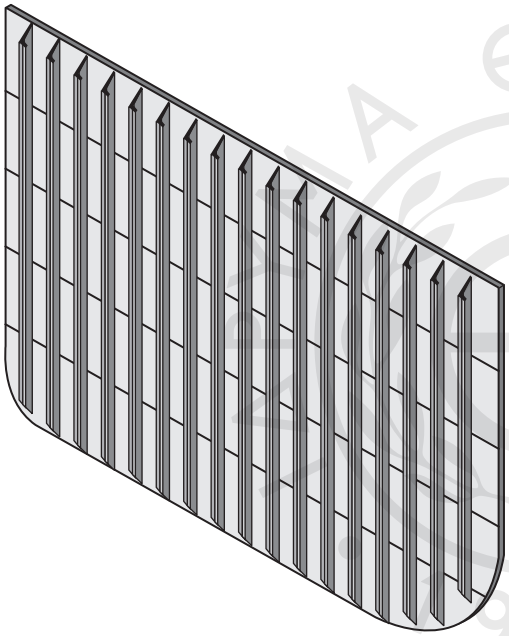
1) Το βασικό σύστημα ενίσχυσης του πλοίου (εγκάρσιο ή διάμηκες).

2) Η διεύθυνση των ελασμάτων που σχηματίζουν τη φρακτή (οριζόντια ή κατακόρυφη) και

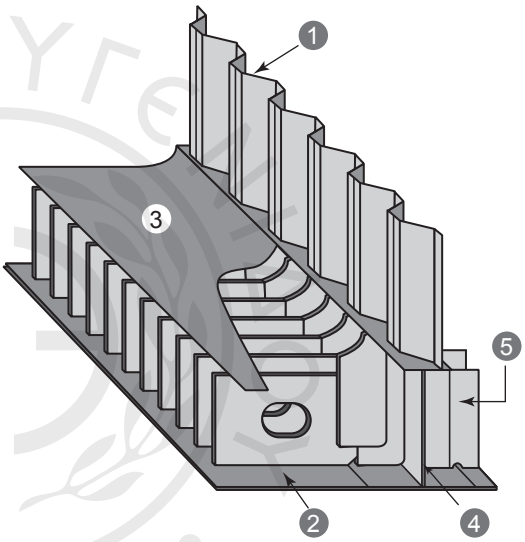
3) η ευκολία εσωτερικού καθαρισμού των χώρων μέσα στους οποίους βρίσκονται οι ενισχύσεις των φρακτών.

Οι ενισχύσεις των φρακτών είναι τοποθετημένες μόνο από τη μία τους πλευρά. Στην περίπτωση που έχουμε κατακόρυφες ενισχύσεις, αυτές μπορεί να συνδέονται στα άκρα τους με αγκώνες με τα καταστρώματα ή να τερματίζουν λίγο πριν από το ανώτερο και κατώτερο άκρο της φρακτής. Μία τέτοια διάταξη ενισχύσεων απεικονίζεται στο σχήμα 11.18.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εφαρμοσθεί για ελάττωση βάρους και ευκολία κατασκευής οι ***κυματοειδείς φρακτές.*** Η τάση αυτή που ξεκίνησε στην αρχή από τα ΔΞ έχει επεκταθεί και σε άλλους τύπους πλοίων. Στο σχήμα 11.19 φαίνεται τυπική διάταξη διαμήκους στεγανής κυματοειδούς φρακτής.



Σχ. 11.18
Φρακτή με κατακόρυφες ενισχύσεις.



Σχ. 11.19
Διαμήκης κυματοειδή φρακτή.
1) Φρακτή. 2) Έλασμα πυθμένα.
3) Οροφή διπύθμενου. 4) Κατακόρυφη τρόπιδα. 5) Έδρα.

11.5 Υπερκατασκευές

Η διαμόρφωση των υπερκατασκευών, γενικά, δεν διαφέρει σημαντικά από εκείνη του κυρίως σκάφους.

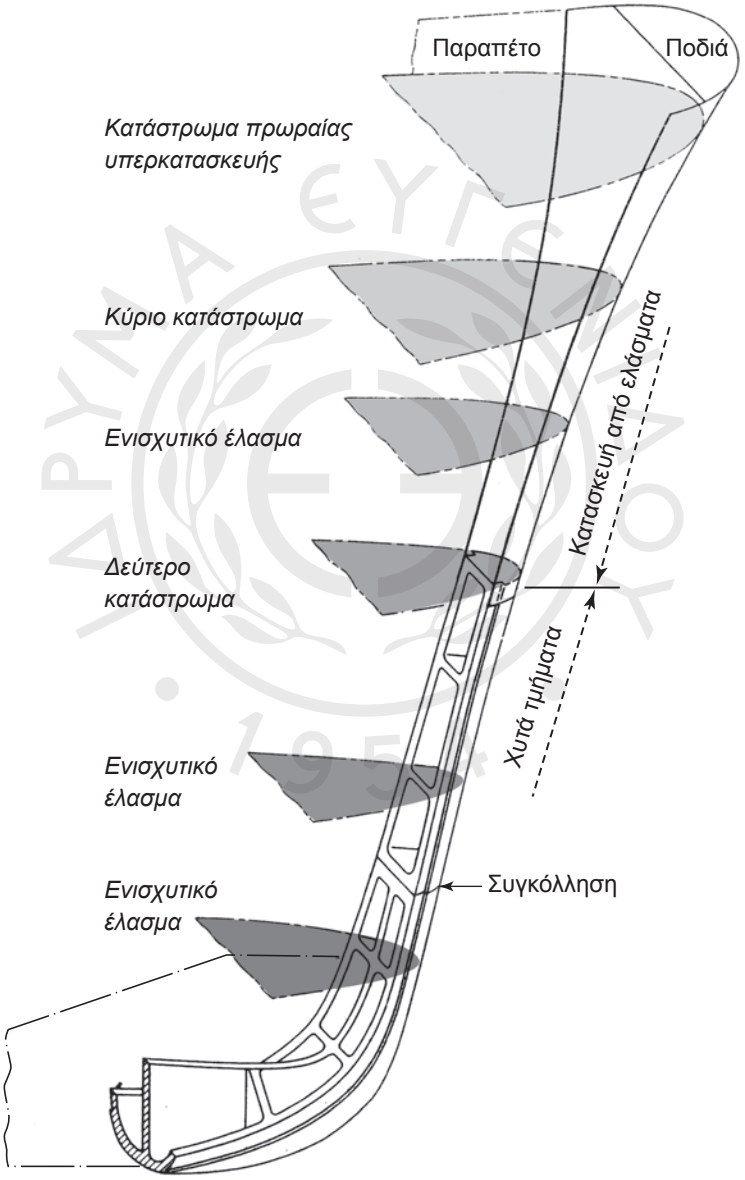
Οι υπερκατασκευές, ανάλογα με το μήκος και τη θέση τους κατά το διάμηκες, μπορεί να θεωρηθεί ότι συμμετέχουν ή όχι στην αντοχή του πλοίου ως ράβδου.

Επειδή δεν είναι συνεχείς κατά μήκος του πλοίου, έχουμε στα σημεία διακοπής της συνέχειάς τους σημαντικά προβλήματα συγκέντρωσης τάσεων, όπως ακριβώς και στα ανοίγματα των κυτών. Για τον λόγο αυτό τα σημεία τερματισμού κατά το διάμηκες των υπερκατασκευών χρειάζονται προσεκτική σχεδίαση.

11.6 Διαμόρφωση πλώρης

Η διαμόρφωση της πλώρης παρουσιάζει αρκετά κατασκευαστικά προβλήματα λόγω του πολύπλοκου σχήματός της. Παλαιότερα το τμήμα αυτό ήταν χυτό, σήμερα όμως κατασκευάζεται χυτό μόνο το κατώτερο τμήμα της πλώρης.

Ενδεικτικά η διαμόρφωση της πλώρης ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 11.20.



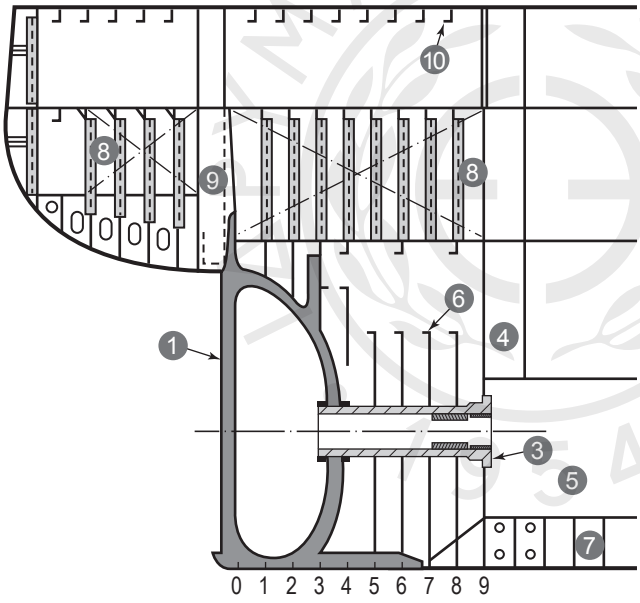
Σχ. 11.20
Διαμόρφωση πλώρης.

11.7 Διαμόρφωση πρύμνης

Το πιο σοβαρό στοιχείο από την κατασκευή της πρύμνης του πλοίου είναι το ***ποδόστημα*** και ο ***κλωβός του ποδοστήματος.***

Το ποδόστημα βρίσκεται κάτω από την επίδραση πολλών φορτίων που οφείλονται κυρίως στη δράση του πηδαλίου και της έλικας. Η κατασκευή του μπορεί να είναι συγκολλητή ή όταν επιβάλλεται από τυχόν κατασκευαστικούς περιορισμούς, χυτή ή και συνδυασμός ενός χυτού και ενός συγκολλητού τμήματος. Το χυτό τμήμα του ποδοστήματος συνδέεται με βραχίονες με τα γειτονικά ανθεκτικά στοιχεία της κατασκευής του κυρίως σκάφους.

Στο σχήμα 11.21 φαίνεται η διαμόρφωση της πρύμνης ενός μονέλικου πλοίου. Περισσότερες λεπτομέρειες πάνω σε ειδικά κατασκευαστικά στοιχεία της πρύμνης, όπως είναι το πηδάλιο, η χοάνη του ελικοφόρου άξονα και τα εξωτερικά ακροπρυμναία έδρανα θα δοθούν σε επόμενα κεφάλαια.



1) Βάση στήριξης πηδαλίου.
2) Ακροπρυμναίο έδρανο.
3) Σύστημα στεγανότητας άξονα.
4) Θυρίδα διαφυγής.
5) Σήραγγα άξονα.
6) Έδρες.
7) Διπύθμενο.
8) Ενισχυτική φρακτή.
9) Θυρίδα πηδαλίου.
10) Ενισχύσεις καταστρώματος.
11) Παρεμβύσματα στεγανότητας άξονα.

Σχ. 11.21
Διαμόρφωση πρυμναίου μέρους.

11.8 Άλλα κατασκευαστικά στοιχεία του πλοίου

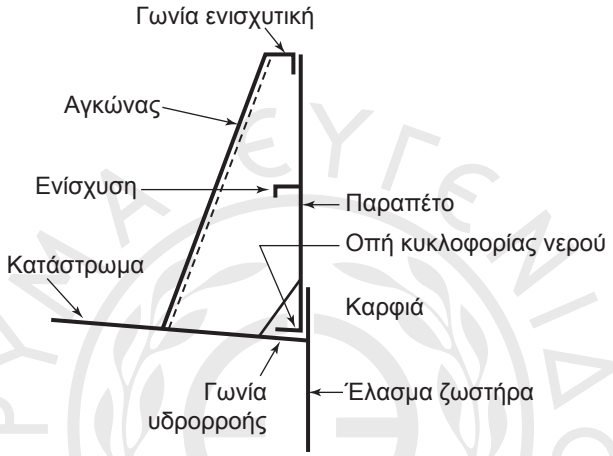
11.8.1 Δρύφρακτο ή παραπέτο

Το παραπέτο κατασκευάζεται στο ανώτερο συνεχές κατάστρωμα του πλοίου και στα καταστρώματα των υπερκατασκευών, για να εμποδίζει την εισροή του νερού σε περίπτωση ισχυρής θαλασσοταραχής. Το παραπέτο επί του καταστρώματος είναι

γενικά ισχυρότερης κατασκευής από εκείνα που διαμορφώνονται πάνω στα καταστρώματα υπερκατασκευών.

Το ύψος του παραπέτου είναι τουλάχιστον 3,5 ft. Μία τυπική κατασκευαστική διαμόρφωση παραπέτου φαίνεται στο σχήμα 11.22.

Σε μερικές περιπτώσεις, κυρίως σε επιβατικά πλοία, η επάνω πλευρά του παραπέτου καλύπτεται με ξύλο. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις υπάρχει παραπέτο μόνο στο πρωραίο και πρυμναίο τμήμα του πλοίου. Ενδιάμεσα υπάρχουν στηλίδια με αλυσίδες.



Σχ. 11.22
Διαμόρφωση παραπέτου.

11.8.2 Βάση μηχανής

Γενικά οι βάσεις μηχανών λεβήτων και μηχανημάτων αποτελούνται από ένα σύστημα εγκάρσιων και διαμήκων ενισχύσεων που έχουν ως σκοπό να διανείμουν τα συγκεντρωμένα φορτία του αντίστοιχου μηχανήματος στην ανθεκτική μεταλλική κατασκευή του πλοίου.

Οι δυνάμεις που καταπονούν τις βάσεις προέρχονται από:

1) Το νεκρό βάρος του κάθε μηχανήματος.

2) Τις κινήσεις του πλοίου (δυνάμεις αδράνειας).

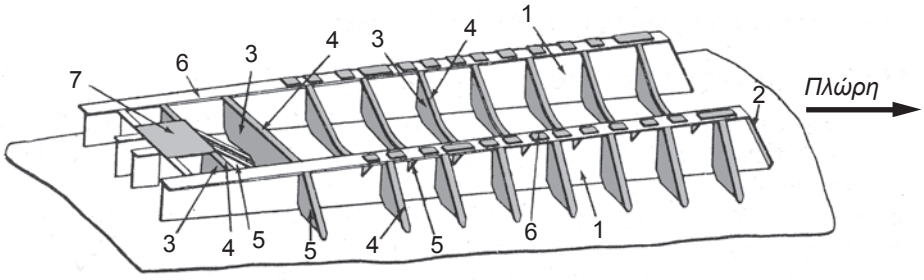
3) Τη λειτουργία των μηχανημάτων.

4) Την ώση της έλικας (για τη βάση της κύριας μηχανής).

5) Τις παραμορφώσεις που προέρχονται από το ίδιο το μηχάνημα ή από άλλα γειτονικά μηχανήματα.

Βάση για την έδραση της κύριας μηχανής Diesel ενός πλοίου φαίνεται ενδεικτικά στο σχήμα 11.23.

Όπως βλέπουμε στο σχήμα, τα διαμήκη στοιχεία είναι συνεχή και τα εγκάρσια έχουν τέτοιο σχήμα, ώστε να μην εμποδίζουν τα κάτω από τη βάθη στοιχεία της μηχανής.

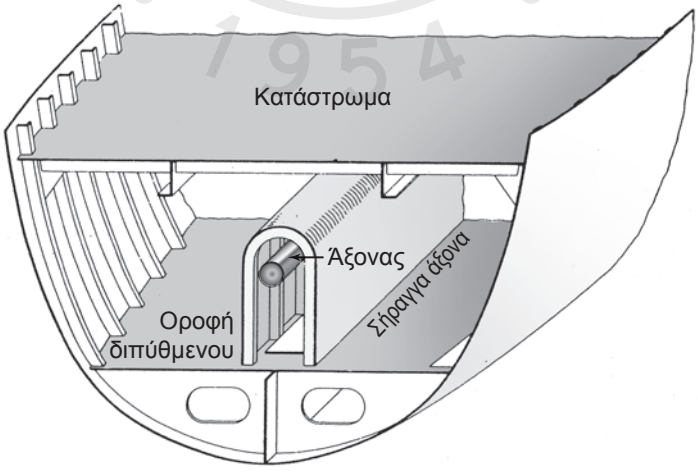


Σχ. 11.23
Βάση για την έδραση της κύριας μηχανή Diesel ενός πλοίου.
1) Διαμήκεις ενισχύσεις βάσης. 2) Πέλμα αγκώνα. 3) Εγκάρσια στοιχεία.
4) Πέλμα εγκάρσιου στοιχείου. 5) Πλευρικοί αγκώνες. 6) Επιφάνεια έδρασης μηχανής.
7) Επιφάνεια έδρασης ωστικού τριβέα.

Η κατασκευή της βάσης του ***ωστικού τριβέα*** είναι ισχυρά συνδεμένη με το πλοίο, γιατί μέσω αυτής μεταφέρεται η ώση που δημιουργείται από την έλικα.

11.8.3 Σήραγγα άξονα (Shaft tunnel)

Το κομμάτι του στροφαλοφόρου άξονα που βρίσκεται προς τα πρύμα του μηχανοστασίου, περνάει συνήθως από έναν κλειστό διάδρομο που ονομάζεται ***σήραγγα του άξονα*** (shaft alley). Ο διάδρομος αυτός πρέπει να είναι προσιτός είτε μέσω του μηχανοστασίου είτε μέσω καθόδου πάνω από αυτόν, ώστε να είναι δυνατή από το πλήρωμα η επιθεώρηση του άξονα και των τριβέων του. Μια τυπική διαμόρφωση της σήραγγας ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 11.24.



Σχ. 11.24
Σήραγγα άξονα.

11.9 Κατασκευαστική δομή πλοίων ειδικού προορισμού

Οι πληροφορίες και οι ενδεικτικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες στις προηγούμενες παραγράφους, αναφέρονται κυρίως σε ***κλασικού τύπου*** εμπορικά πλοία και δεν καλύπτουν την ειδική κατασκευαστική διαμόρφωση σύγχρονων τύπων πλοίων ειδικού προορισμού.

Η μελέτη, της κατασκευαστικής διαμόρφωσης των ειδικών πλοίων ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου. Λεπτομέρειες σχετικά με το παραπάνω θέμα θα πρέπει να αναζητηθούν σε ειδικές περιγραφές συγκεκριμένων ειδικών πλοίων που αφθονούν στη διεθνή ναυπηγική βιβλιογραφία.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΥ ΧΩΡΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12
Γενική διάταξη πλοίου

12.1 Γενικά

Με τον όρο ***γενική διάταξη πλοίου*** εννοούμε την κατανομή των διάφορων χώρων για την κάλυψη του συνόλου των αναγκών του πλοίου.

Όταν λέμε κατανομή, δεν εννοούμε μόνο τη διάθεση του απαραίτητου χώρου αλλά και την επιλογή της θέσης, μέσα στο πλοίο, όπου θα εξυπηρετηθεί κάθε δραστηριότητα.

Η μελέτη των θεμάτων γενικής διάταξης, όπως ολόκληρη η σχεδίαση του πλοίου, είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας συγκερασμού, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, ενός συνόλου αλληλοσυγκρουόμενων απαιτήσεων.

Το πρόβλημα της γενικής διάταξης ενός πλοίου σχετίζεται άμεσα με τον προορισμό του. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της γενικής διάταξης του εμπορικού πλοίου παίζει το φορτίο του.

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να καλυφθούν στη σχεδίαση της γενικής διάταξης του πλοίου, είναι:

1) Εξασφάλιση του απαραίτητου όγκου και επιφάνειας καταστρώματος για την κάλυψη όλων των αναγκών.

2) Εξασφάλιση των απαραίτητων διατάξεων (κατασκευαστικής κυρίως φύσης) για την ασφάλεια του φορτίου και των επιβατών.

3) Εξασφάλιση των απαραίτητων διατάξεων για την φορτοεκφόρτωση του φορτίου και την κανονική στοιβασία του.

4) Διάθεση του απαραίτητου χώρου για την εγκατάσταση των μηχανών, που θα εξασφαλίσουν στο πλοίο την επιθυμητή ταχύτητα.

5) Διάθεση των απαραιτήτων χώρων για την κάλυψη των απαιτήσεων διακυβέρνησης και ελέγχων του πλοίου (διαμέρισμα πηδαλίου, διαμέρισμα πηδαλιούχησης κ.λπ.).

6) Εξασφάλιση του απαραίτητου και κατάλληλου χώρου για την ενδιαίτηση του πληρώματος και των επιβατών.

7) Εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου ασφάλειας του πλοίου σε περίπτωση ατυχήματος (π.χ. με κατάλληλη στεγανή υποδιαίρεση).

Το πρώτο βήμα στη σχεδίαση της γενικής διάταξης ενός πλοίου είναι η διάθεση χώρων για τις πιο βασικές ανάγκες και συγκεκριμένα ο καθορισμός της θέσης και των διαστάσεων:

1) Των χώρων φορτίου.

2) Του μηχανοστασίου.
3) Των χώρων ενδιαίτησης επιβατών και πληρώματος.
4) Των δεξαμενών.
5) Των υπόλοιπων χώρων του πλοίου.

12.2 Η επίδραση του είδους του φορτίου στη γενική διάταξη του πλοίου

Η ιδιομορφία του φορτίου που μεταφέρει ένα πλοίο επηρεάζει σχεδόν καθοριστικά τη μορφή της γενικής του διάταξης. Παρακάτω δίνονται οι τίτλοι μόνο ορισμένων βασικών περιορισμών και επιδιώξεων που σχετίζονται με το είδος του φορτίου και επηρεάζουν σημαντικά τη γενική διάταξη των πλοίων.

1) Γενικό φορτίο

1) Σχεδίαση των αμπαριών όσο το δυνατό πιο ορθογωνικών και χωρίς προεξοχές, ώστε να είναι δυνατή η εύκολη και σωστή στοιβασία.
2) Γρήγορη φορτοεκφόρτωση.
3) Μειωμένο κόστος εργατικών κατά τη φορτοεκφόρτωση.
4) Μεγάλα ανοίγματα αμπαριών.

2) Στερεό φορτίο χύδην

1) Ασφάλεια πλοίου και πληρώματος από πιθανές μετακινήσεις του φορτίου.
2) Ασφάλεια του φορτίου.
3) Γρήγορη φορτοεκφόρτωση και σωστή στοιβασία.
4) Κατανομή του συνολικού όγκου που διατίθεται για φορτίο στα επιμέρους κύτη.

3) Εμπορευματοκιβώτια (Ε/Κ) (Containers)

1) Μεταφορά από το πλοίο του μέγιστου (για το μέγεθος του) αριθμού Ε/Κ.
2) Εξασφάλιση της απαραίτητης ευστάθειας, ιδίως στην περίπτωση που πραγματοποιείται φόρτωση Ε/Κ και στο κατάστρωμα.
3) Εξασφάλιση της απαραίτητης αντοχής του καταστρώματος και των καλυμμάτων των κυτών, ιδιαίτερα στην περίπτωση που πραγματοποιείται μεταφορά Ε/Κ και στο κατάστρωμα.
4) Εξασφάλιση της απαραίτητης αντοχής του πλοίου.

Δύο άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη μορφή ενός πλοίου μεταφοράς ΕΚ είναι:

1) Ο τρόπος φορτοεκφόρτωσης στο πλοίο.
2) Η τακτοποίηση των Ε/Κ μέσα στο πλοίο.

Στην πράξη συναντούμε δύο είδη πλοίων αυτού του τύπου. Στον *πρώτο τύπο* τα κιβώτια αποθηκεύονται σε κατακόρυφες στήλες και φορτώνονται και εκφορτώνονται με γερανό, που υπάρχει στο πλοίο ή στην ξηρά. Τα πλοία αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του ίδιου τύπου Ε/Κ.

Στον *δεύτερο τύπο* η φόρτωση των κιβωτίων γίνεται σε ένα ή δύο επίπεδα, οριζόντια, και με τη βοήθεια περονοφόρων οχημάτων, τα οποία μεταφέρουν τα Ε/Κ μέσα στο πλοίο διά μέσου μεγάλων ανοιγμάτων που υπάρχουν στις πλευρές.

Αν και ο τύπος αυτός σχεδιάζεται για συγκεκριμένο μέγεθος κιβωτίων, είναι δυ-

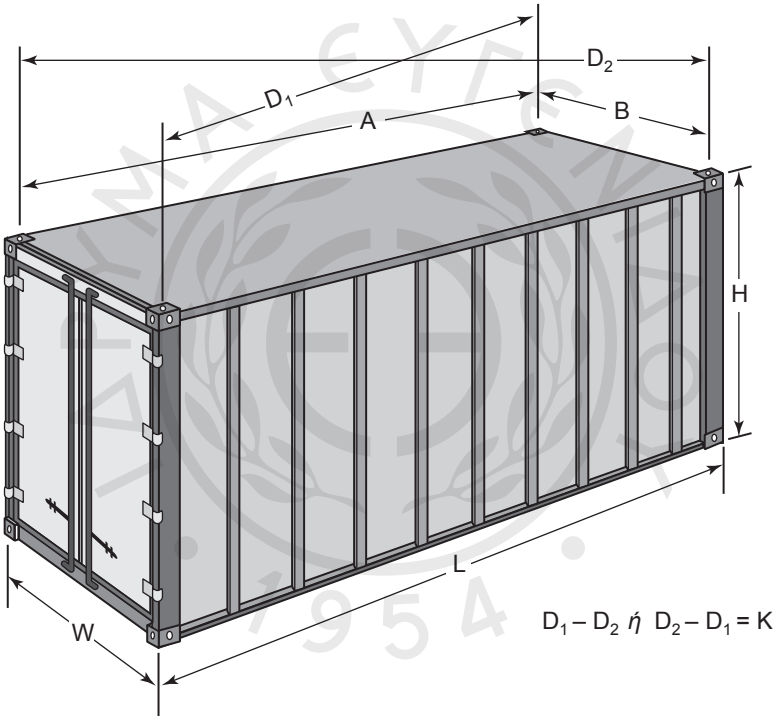
νατή η μεταφορά και Ε/Κ με άλλες διαστάσεις.

Το μέγεθος των Ε/Κ καθορίζεται για τις ΗΠΑ από το USA Standards Institute (USASI) και διεθνώς από τον International Organization of Standards (ISO). Οι τυποποιημένες διαστάσεις των Ε/Κ φαίνονται στο σχήμα 12.1. Επίσης μεγάλη χρήση έχουν και τα Ε/Κ με διαστάσεις 8 × 8 × 35 ft και 8 × 8½ × 24 ft.

4) Φορτία πάνω σε τροχούς

Με την ευρύτερη έννοια του όρου, στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα επιβατικά οχήματα και κυρίως τα φορτηγά αυτοκίνητα και τα ρυμουλκούμενα (νταλίκες).

Τα πλοία που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτωμένων φορτηγών οχημάτων ή ρυμουλκούμενων χαρακτηρίζονται ως Roll-On/Roll-off ships ή απλούστερα



Ονομαστικό μήκος (πόδια)	**L** πόδια-ίντσες	**W** πόδια-ίντσες	**H** πόδια-ίντσες	**A** πόδια-ίντσες	**B** πόδια-ίντσες	**K** (μέγιστο) ίντσες
40	40–0 $\begin{cases}+0\\-3/8\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	39–4⅛ $\begin{cases}+0\\-1/2\end{cases}$	7–5 $\begin{cases}+1/8\\-3/16\end{cases}$	¾
30	29–11¼ $\begin{cases}+0\\-3/8\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	29–3¼ $\begin{cases}+0\\-1/2\end{cases}$	7–5 $\begin{cases}+1/8\\-3/16\end{cases}$	¾
20	19–10½ $\begin{cases}+0\\-1/4\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	19–2½ $\begin{cases}+0\\-3/8\end{cases}$	7–5 $\begin{cases}+1/8\\-3/16\end{cases}$	½
10	9–9¾ $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	8–0 $\begin{cases}+0\\-3/16\end{cases}$	9–1¾ $\begin{cases}+0\\-5/16\end{cases}$	7–5 $\begin{cases}+1/8\\-3/16\end{cases}$	⅜

Σχ. 12.1
Τυποποιημένες διαστάσεις Ε/Κ.

RO/RO. Το είδος αυτού του φορτίου επιβάλλει στη σχεδίαση του αντίστοιχου πλοίου να καλύπτονται οι παρακάτω απαιτήσεις:

1) Μεγάλα ανοίγματα στην πλευρά ή στην πρύμνη του πλοίου για τη διέλευση των οχημάτων.

2) Κεκλιμένα επίπεδα (ράμπες) για τη μεταφορά των οχημάτων από κατάστρωμα σε κατάστρωμα.

3) Ανθεκτικά καταστρώματα, ώστε να αντέχουν στα συγκεντρωμένα φορτία (φορτίο ανά τροχό) των οχημάτων.

12.3 Στοιχειώδης περιγραφή γενικής διάταξης πλοίων κατά τύπους

12.3.1. Περιγραφή φορτηγού γραμμής

Η γενική διάταξη ενός φορτηγού γραμμής (cargo liner) φαίνεται στο σχήμα 12.2. Το πλοίο του σχήματος έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1) Διαστάσεις-Επιδόσεις

Μήκος ολικό .....150,45 m
Μήκος μεταξύ καθέτων .....140,26 m
Πλάτος .....20,8 m
Κοίλο .....12 m
Deadweight .....12958 MT
Ταχύτητα δοκιμών .....19,378 knots
Ταχύτητα υπηρεσιακή .....16,1 knots
Προωστήρια μηχανή .....Μία (1) Diesel 8300 HP

2) Συνοπτική περιγραφή

Το πλοίο είναι σχεδιασμένο για τη μεταφορά μεγάλης ποικιλίας φορτίου: γενικού φορτίου, φορτίου μεγάλων διαστάσεων ή μεγάλου βάρους, Ε/Κ, φωσφάτου, ιχθυάλευρου κ.λπ..

Για τη φόρτωση των φορτίων μεγάλων διαστάσεων υπάρχει ένας μεγάλος γερανός που εξυπηρετεί τα αμπάρια Νο 3 και 4 (σχ. 12.2). Τα αμπάρια δεν έχουν στύλους για να μην εμποδίζεται η φόρτωση των φορτίων. Για τον ίδιο λόγο τα στόμια των κυτών έχουν μεγάλο μήκος.

Ιδιαίτερα το μήκος του Νο 3 κύτους υπερβαίνει τα 20 m.

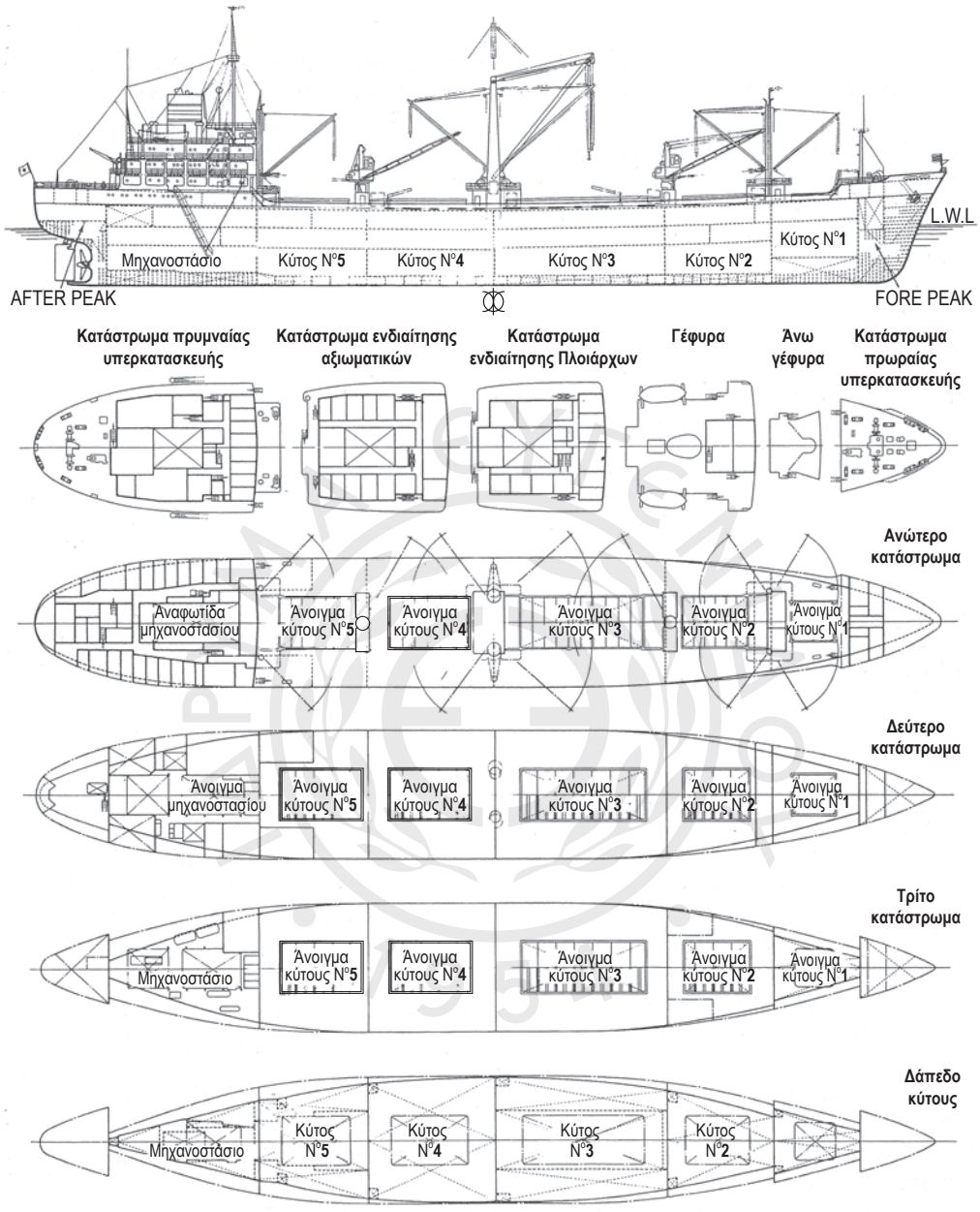
Η φόρτωση Ε/Κ πραγματοποιείται στα ανοίγματα του ανώτερου και του δεύτερου καταστρώματος εκτός από το κύτος Νο 1.

Οι ανυψωτικές δυνατότητες του πλοίου κυμαίνονται από 80 ως 6 t.

Για καλύτερη, δηλαδή αποδοτικότερη γενική διάταξη του πλοίου, το μηχανοστάσιο τοποθετείται στην πρύμνη, αν και κάτι τέτοιο είναι μάλλον ασυνήθιστο για πλοία αυτού του είδους.

12.3.2 Περιγραφή πλοίου RO/RO-μεταφοράς Ε/Κ

Η γενική διάταξη ενός πλοίου τύπου RO/RO-μεταφοράς Ε/Κ φαίνεται στο σχήμα 12.3. Το πλοίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά.



Σχ. 12.2
Γενική διάταξη φορτηγού γραμμής.

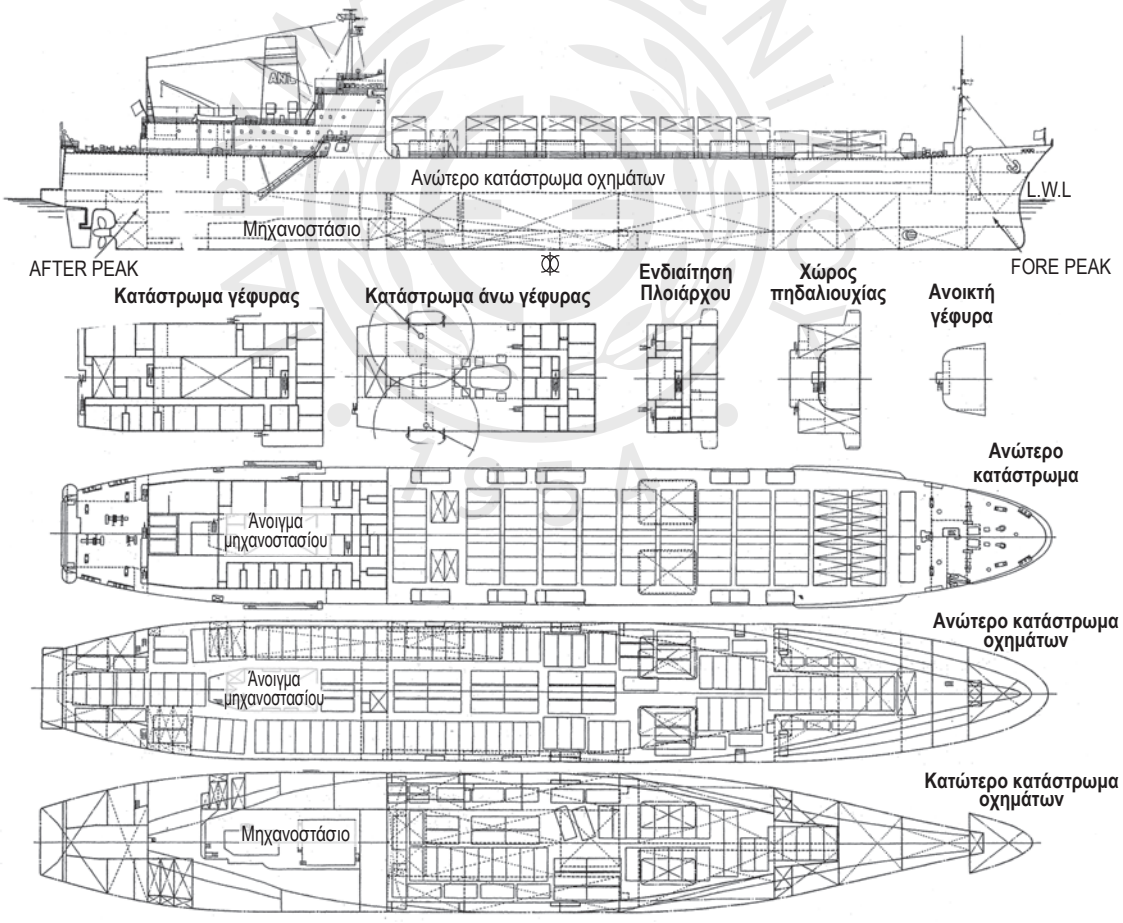
1) ***Διαστάσεις–Επιδόσεις.***

Μήκος ολικό .....181,70 m
Μήκος μεταξύ καθέτων .....168,0 m
Πλάτος ..... 25 m

Κοίλο ..... 16,40 m
Deadweight ..... 16.700 MT
Ταχύτητα δοκιμών ..... 25,6 knots
Ταχύτητα υπηρεσιακή ..... 21,5 knots
Προωστήρια μηχανή ..... Τρεις (3) Diesel πάνω σε κοινό άξονα με ισχύ 26.000 HP

2) Συνοπτική περιγραφή

Το πλοίο είναι σχεδιασμένο για τη μεταφορά Ε/Κ με μεγάλη αποδοτικότητα στη φόρτωση και εκφόρτωση. Οι παραπάνω εργασίες πραγματοποιούνται από μία μεγάλη πρυμναία θύρα με τη βοήθεια ρυμουλκών οχημάτων ή περονοφόρων. Τα ρυμουλκά και τα περονοφόρα οχήματα οδηγούνται από το ανώτερο στο κατώτερο κατάστρωμα μέσω ενός κεκλιμένου επιπέδου (ράμπα). Το επίπεδο μπορεί να ανυψώνεται υδραυλικά εξασφαλίζοντας έτσι τη συνέχεια του ανώτερου καταστρώματος.



Σχ. 12.3
Γενική διάταξη πλοίου Ro-Ro μεταφοράς Ε/Κ

Στο πρωραίο μέρος του πλοίου υπάρχουν χώροι μέσα στους οποίους μπορούν να μεταφερθούν επιβατικά οχήματα.

Η φόρτωση και εκφόρτωση των Ε/Κ στο κατάστρωμα γίνεται με τη βοήθεια ανυψωτικών μέσων της ξηράς.

Λόγω της πρυμναίας θύρας φόρτωσης, το βύθισμα και η διαγωγή του πλοίου θα πρέπει να ελέγχονται και στη συνέχεια να ρυθμίζονται. Για τον λόγο αυτό στην πρύμνη υπάρχει δυνατότητα εύκολου χειρισμού του συστήματος ερματισμού του πλοίου. Για την εξασφάλιση της απαραίτητης ευελιξίας και για την πρυμνοδέτησή του, το πλοίο φέρει έλικα μεταβλητού βήματος και πρωραίο ωθητήρα.

12.3.3 Φορτηγιδοφόρο πλοίο (Lash)

Η γενική διάταξη ενός φορτηγιδοφόρου πλοίου (Lash-Lighters on board ship) φαίνεται στο σχήμα 12.4. Τα βασικά στοιχεία του πλοίου είναι:

1) Διαστάσεις–Επιδόσεις

Μήκος ολικό ..... 262,0 m
Μήκος μεταξύ καθέτων ..... 234,0 m
Κοίλο ..... 18,29 m
Deadweight ..... 44.000 MT
Ταχύτητα δοκιμών ..... 20,69 knots
Ταχύτητα υπηρεσιακή ..... 19,13 knots
Προωστήρια Μηχανή ..... Μία (1) diesel 26.000 HP
Αριθμός μεταφερόμενων φορτηγίδων 73
(χωρητικότητα κάθε φορτηγίδας 19.500 ft^3)

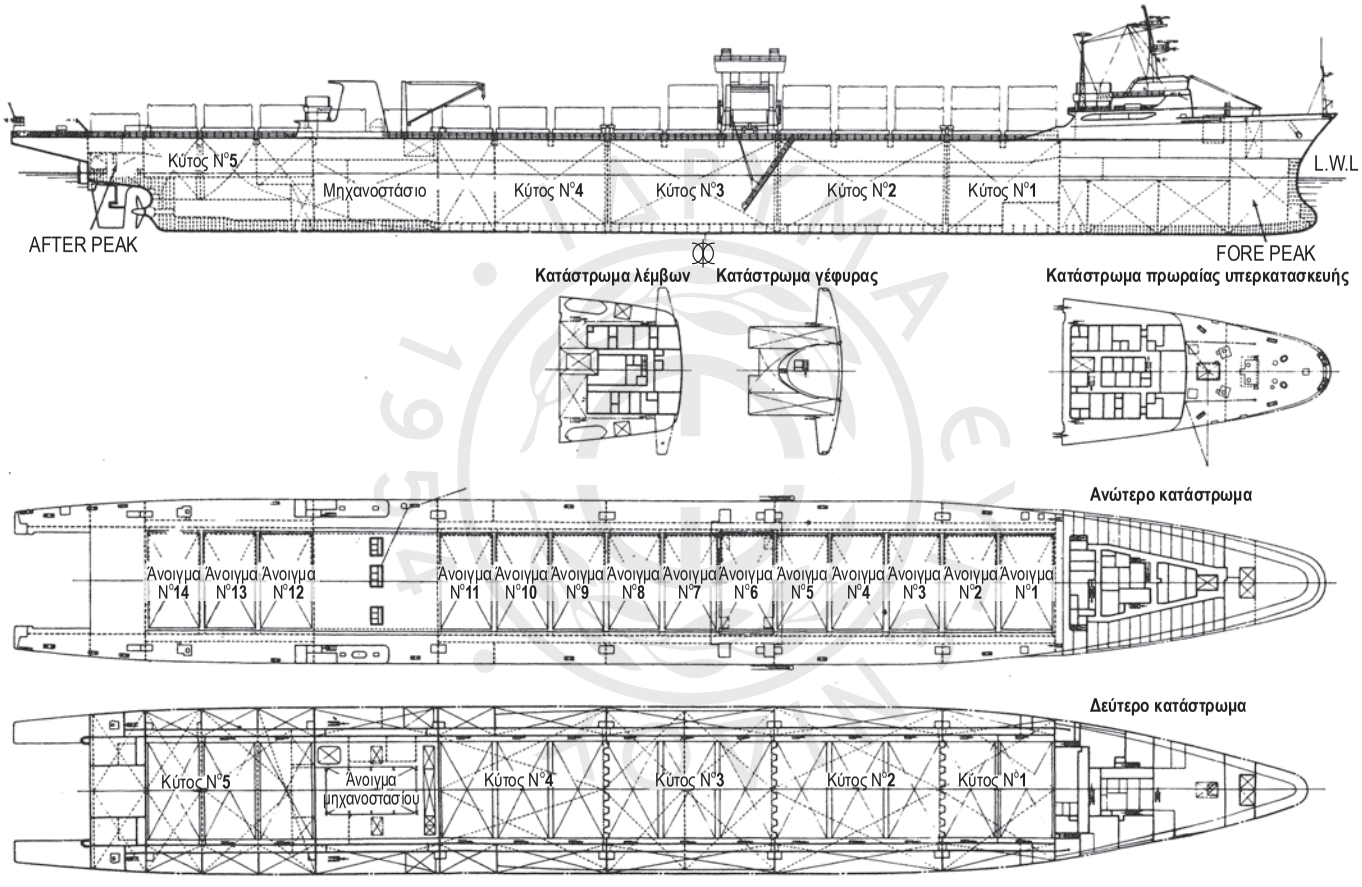
2) Συνοπτική περιγραφή

Το πλοίο του σχήματος 12.4 έχει τη γέφυρα και τους χώρους ενδιαίτησης στην πλώρη και το μηχανοστάσιο λίγο πιο πρύμα από το μέσο και είναι ουσιαστικά πλοίο ενός καταστρώματος. Με διαμήκεις και εγκάρσιες φρακτές σχηματίζονται 5 κύτη και διάφορες πλευρικές δεξαμενές.

Για τη φόρτωση των φορτηγίδων υπάρχει πάνω στο κατάστρωμα μία γερανογέφυρα με ανυψωτική ικανότητα 510 t που κυλιέται πάνω σε ράγες. Στην πρύμνη του πλοίου σχηματίζεται ειδική εσοχή όπου φέρονται οι φορτηγίδες πριν από την ανύψωσή τους.

Οι φορτηγίδες τοποθετούνται μέσα στα κύτη με τη βοήθεια της γερανογέφυρας. Στη συνέχεια τοποθετούνται τα καλύμματα των κυτών (14 συνολικά) και πάνω σε αυτά τοποθετούνται και οι υπόλοιπες φορτηγίδες. Η μορφή των αμπαριών του πλοίου είναι τέτοια, ώστε είναι δυνατόν μερικά από αυτά να μεταφέρουν φορτηγίδες και σε άλλα να έχουν φορτωθεί Ε/Κ ή στερεό ή υγρό ***χύδην*** φορτίο.

Οι διαστάσεις των φορτηγίδων είναι τυποποιημένες (18,745 $\times$ 9,5 $\times$ 4,30 m). Η φόρτωση και η εκφόρτωση του πλοίου μπορεί να γίνει χωρίς το πλοίο να προσεγγίσει σε προκυμαία, αφού οι φορτηγίδες μπορούν να ρυμουλκηθούν από ρυμουλκά.



Σχ. 12.4
Γενική διάταξη φορτηγιδοφόρου πλοίου (Lash).

Σχ. 12.5
Ανυψωμένη φορτηγίδα στην πρύμνη πλοίου τύπου Lash.

Το πλοίο τύπου Lash παρέχει πολύ μεγάλη ευελιξία και έχει δώσει νέα διάσταση στις θαλάσσιες μεταφορές.

Στο σχήμα 12.5 φαίνεται πώς η φορτηγίδα ανυψώθηκε στην πρύμνη του πλοίου.

12.3.4 Δεξαμενόπλοιο (Δ/Ξ)

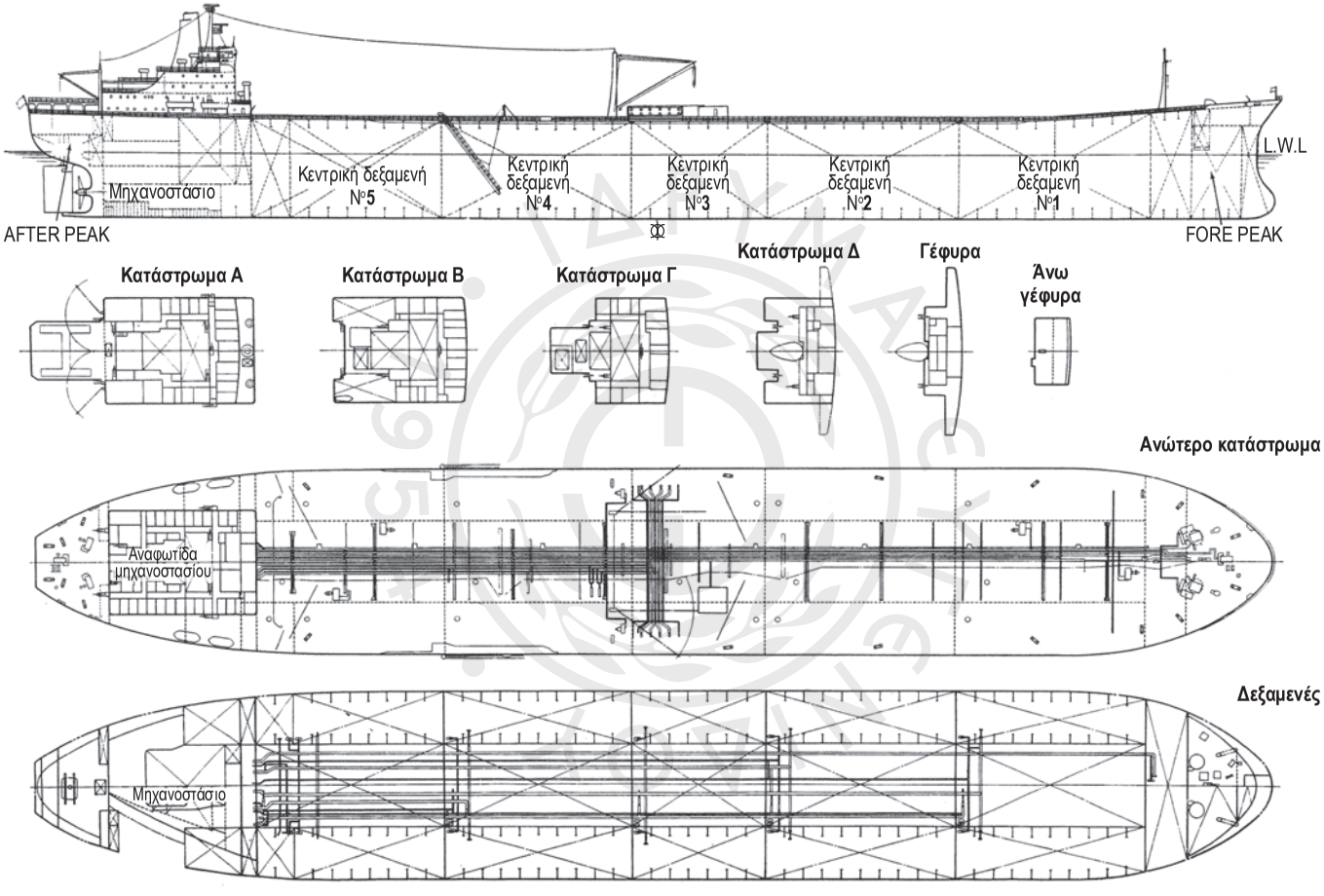
Στο σχήμα 12.6 φαίνεται τυπική διάταξη Δ/Ξ. Τα χαρακτηριστικά αυτού του πλοίου είναι τα εξής:

1) Διαστάσεις–Επιδόσεις

Μήκος ολικό ..... 322,3 m
Μήκος μεταξύ καθέτων ..... 307,0 m
Πλάτος..... 48,2 m
Κοίλο ..... 25,0 m
Deadweight ..... 216.000 MT
Ταχύτητα δοκιμών ..... 16,55 knots
Ταχύτητα υπηρεσιακή ..... 15,80 knots
Προωστήρια μηχανή ..... Ένας (1) ατμοστρόβιλος

2) Συνοπτική περιγραφή

Το πλοίο με διαμήκεις και εγκάρσιες φρακτές είναι χωρισμένο σε 15 δεξαμενές φορτίου. Το μηχανοστάσιο και οι χώροι ενδιαίτησης είναι στο πρυμναίο μέρος. Οι πλευρικές δεξαμενές, που βρίσκονται στο μέσο περίπου του πλοίου, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για υγρό έρμα.



Σχ. 12.6
Τυπική διάταξη Δ/Ξ.

Στο πλοίο υπάρχουν 4 κύρια αντλητικά συγκροτήματα με ικανότητα 3500 m^3/h το καθένα.

Κάθε δεξαμενή εξυπηρετείται από 4 διαφορετικά δίκτυα και έτσι είναι δυνατή ή μεταφορά δύο ποικιλιών φορτίου.

12.3.5 Πλοίο μεταφοράς οχημάτων-φορτίου χύδην

Το πλοίο του σχήματος 12.7 είναι πλοίο μικτού προορισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως RO/RO ή ως πλοίο μεταφοράς φορτίου ***χύδην***. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι:

1) Διαστάσεις–Επιδόσεις.

Μήκος ολικό ..... 152,26 m
Μήκος μεταξύ καθέτων ..... 142,5 m
Πλάτος ..... 21,6 m
Κοίλο ..... 12,5 m
Deadweight ..... 16.018 MT
Ταχύτητα δοκιμών ..... 16,915 knots
Ταχύτητα υπηρεσιακή ..... 14,3 knots
Προωστήρια μηχανή ..... Μία (1) Diesel 7200 HP

2) Συνοπτική περιγραφή.

Τα οχήματα μπαίνουν στο πλοίο από την πλευρά του ανώτερου καταστρώματος και με ανελκυστήρες που υπάρχουν εκεί οδηγούνται και τοποθετούνται στην κατάλληλη θέση του επιθυμητού καταστρώματος.

Για να χρησιμοποιηθεί το πλοίο για μεταφορά σιτηρών (συνήθως στο ταξίδι της επιστροφής) τα καταστρώματα στη θέση των ανοιγμάτων είναι αφαιρετά και μπορούν να αποθηκευθούν σε κατάλληλες θέσεις στο ανώτερο κατάστρωμα. Εξάλλου τα ίδια καταστρώματα στις θέσεις εκτός από το άνοιγμα έχουν τη μορφή σχάρας, ώστε να είναι δυνατή η φόρτωση σιτηρών χωρίς να χρειάζεται να αφαιρεθούν. Η διαμόρφωση των αμπαριών κατά την εγκάρσια έννοια είναι όμοια με τα πλοία τα ειδικά κατασκευασμένα για τη μεταφορά σιτηρών.

Κάθε αμπάρι μαζί με τις σχάρες μπορεί να χωρισθεί σε πέντε επίπεδα. Κάθε αμπάρι επίσης για τη μεταφορά οχημάτων εξυπηρετείται από ιδιαίτερο ανελκυστήρα και είναι εξοπλισμένο με τα κατάλληλα μέσα εξαερισμού και προστασίας από πυρκαγία.

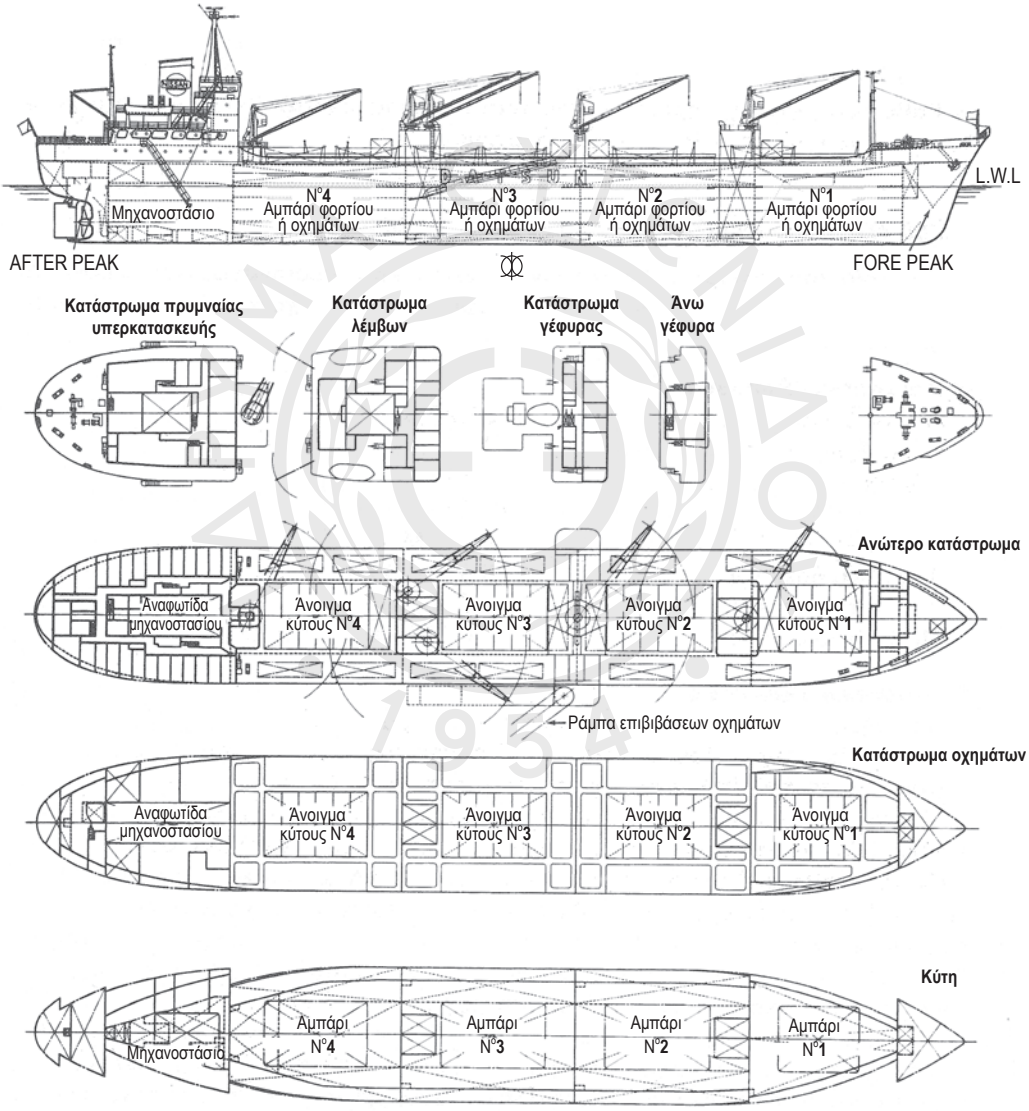
12.3.6 Πλοίο μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk carrier)

Πλοίο μεταφοράς φορτίου ***χύδην*** φαίνεται στο σχήμα 12.8. Έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

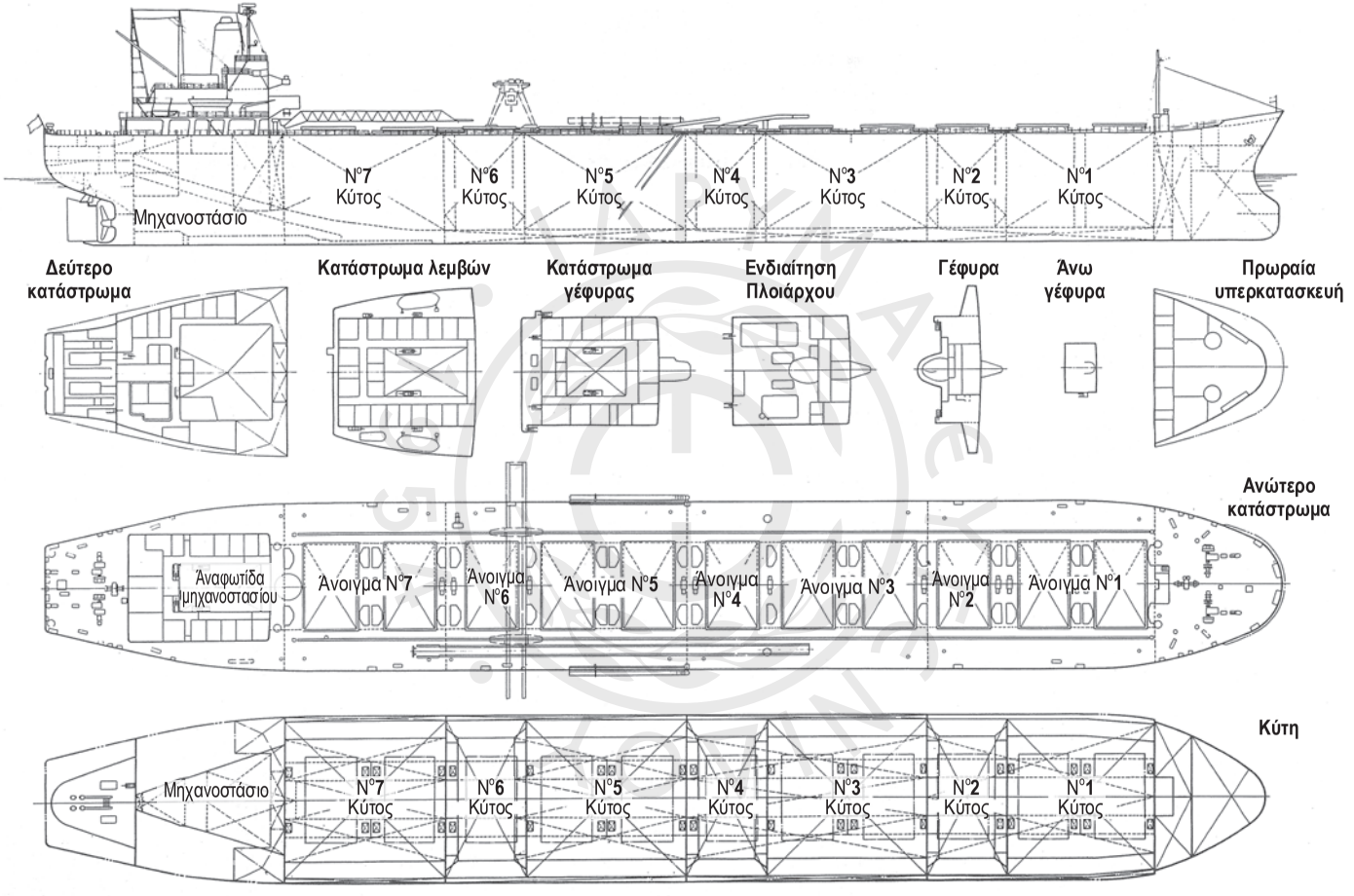
1) Διαστάσεις–Επιδόσεις

Μήκος ολικό ..... 243,6 m
Μήκος μεταξύ καθέτων ..... 228,6 m

Πλάτος ..... 32,30 m
Κοίλο ..... 20,8 m
Deadweight ..... 75.000 MT
Ταχύτητα δοκιμών ..... 17,5 knots
Ταχύτητα υπηρεσιακή ..... 15,1 knots
Προωστήρια μηχανή ..... Ένας (1) ατμοστρόβιλος 16.500 HP



Σχ. 12.7
Διάταξη πλοίου μεταφοράς οχημάτων-φορτίου χύδην.



Σχ. 12.8
Διάταξη Bulk-Carrier.

2) Συνοπτική περιγραφή

Η γενική διάταξη αυτού του πλοίου περιλαμβάνει επτά κύτη. Από αυτά, τα κύτη 1, 3, 5 και 7 χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για φορτίο και τα 2, 4 και 6 για φορτίο ή υγρό έρμα.

Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του πλοίου είναι ότι η εκφόρτωσή του γίνεται με κινούμενη ταινία που βρίσκεται μέσα στο διπύθμενο. Το φορτίο με την ταινία οδηγείται στη γέφυρα και από εκεί με άλλη ταινία σε φορτηγίδες ή στην ξηρά. Για την εκφόρτωση κάθε αμπαριού μέσω της ταινίας, χρησιμοποιούνται ειδικά ρυθμιζόμενα ανοίγματα, των οποίων ο χειρισμός γίνεται από το κατάστρωμα. Η κινούμενη ταινία φαίνεται σκαριφηματικά στο σχήμα 12.9.

Σχ. 12.9
Ταινία εκφόρτωσης πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην.

12.3.7 Πλοίο τύπου Oil Bulk On (O.B.O.).

Το πλοίο του σχήματος 12.10 μπορεί να μεταφέρει ή μικτό ξηρό φορτίο (μετάλλευμα, άνθρακα, σιτηρά) ή συνδυασμό πετρελαίου και ξηρού φορτίου ***χύδην.*** Τα βασικά χαρακτηριστικά του πλοίου είναι:

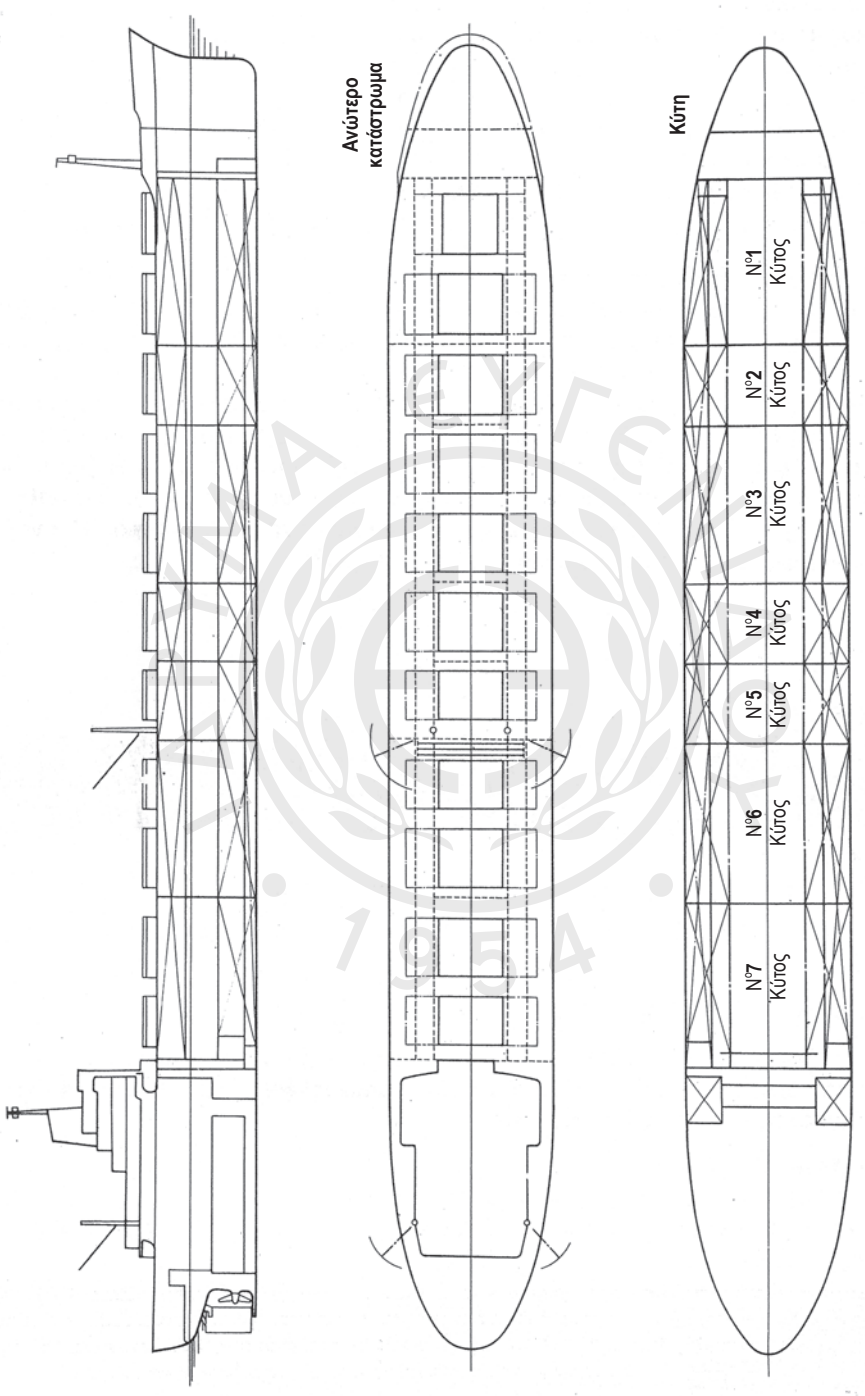
1) Διαστάσεις–Επιδόσεις

Μήκος ολικό ..... 248,4 m
Μήκος μεταξύ καθέτων ..... 236,2 m
Πλάτος ..... 31,85 m
Κοίλο ..... 18,74 m
Deadweight ..... 63.400 MT
Ταχύτητα ..... 15,85 knots
Προωστήρια μηχανή ..... Μία (1) Diesel 18.400 HP

2) Συνοπτική περιγραφή

Το πλοίο έχει 7 κύτη, 4 πλευρικές δεξαμενές στο κατάστρωμα (topside tanks) και 7 πλευρικές δεξαμενές διπύθμενου (Double bottom wing tanks).

Η κατασκευή των κυτών και των δεξαμενών ικανοποιεί τις ειδικές απαίτησες του Νηογνώμονα τόσο για Δ/Ξ όσο και για πλοία μεταφοράς μεταλλεύματος.



Σχ. 12.10.
Πλοίο τύπου Ο.Β.Ο.

Στις δυνατότητες του πλοίου περιλαμβάνονται:

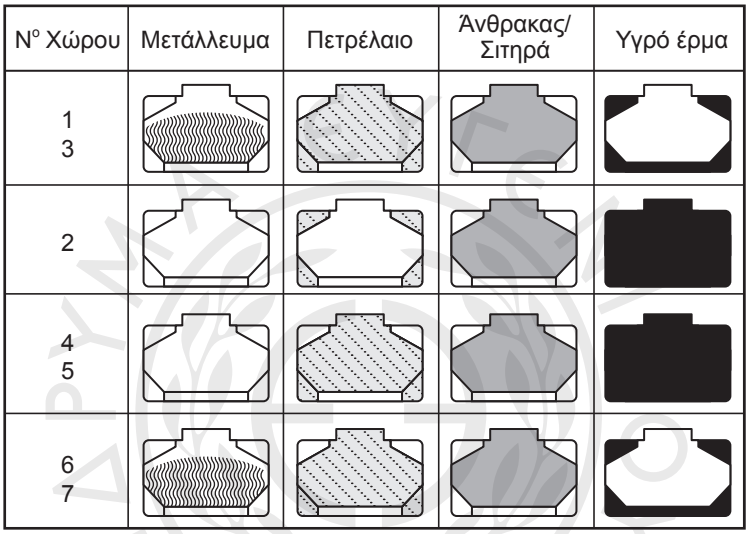
1) Μεταφορά άνθρακα ή και σιτηρών με όλα τα κύτη τελείως γεμάτα.

2) Μεταφορά μεταλλεύματος στα κύτη 1, 3, 6 και 7.

3) Μεταφορά πετρελαίου με γεμάτα όλα τα κύτη εκτός από το 2, όλες τις δεξαμενές διπύθμενου και όλες τις δεξαμενές του καταστρώματος εκτός από την 1 και 3.

4) Ταξίδι χωρίς φορτίο με υγρό έρμα στα κύτη 2, 4 και 5, σε όλα τα διπύθμενα και σε όλες τις δεξαμενές καταστρώματος.

Στο σχήμα 12.11 φαίνονται διαγραμματικά οι παραπάνω δυνατότητες.



Σχ. 12.11
Δυνατότητα μεταφοράς Ο.Β.Ο.

Το πλοίο έχει δυνατότητες θέρμανσης του πετρελαίου στις δεξαμενές και καθαρισμού των δεξαμενών.

Σε ειδικό αντλιοστάσιο, που είναι εγκαταστημένο προς την πρωραία πλευρά του μηχανοστασίου, υπάρχουν τρεις αντλίες πετρελαίου με παροχή 2040 m^3/h η καθεμιά, καθώς και 1 αντλία υγρού έρματος με την ίδια παροχή.

Τα ανοίγματα των κυτών μπορούν να κλεισθούν και να ανοιχθούν μηχανικά. Στην κλειστή θέση τους εξασφαλίζουν ελαιοστεγανότητα.

Πρόσθετα στοιχεία για τα Bulk carriers

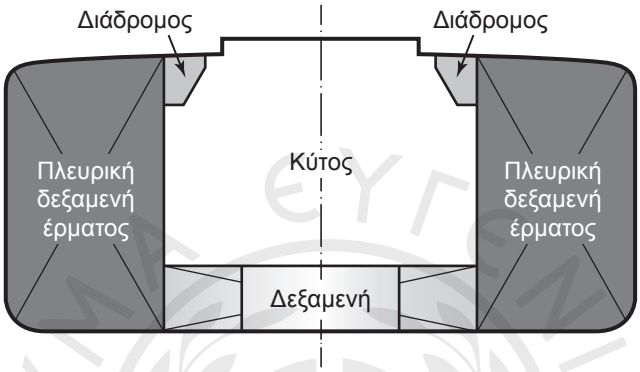
Γενικά τα πλοία μεταφοράς φορτίου ***χύδην*** (Bulk carriers) έχουν, συνήθως, ένα κατάστρωμα και το μηχανοστάσιο στην πρύμνη.

Τα πλοία στερεού φορτίου χύδην χρησιμοποιούνται για μεταφορά μεταλλεύματος, άνθρακα ή σιτηρών.

Η φόρτωση πραγματοποιείται, συνήθως, με τη βαρύτητα και η εκφόρτωση με κινούμενες ταινίες ή, στην περίπτωση των σιτηρών, με αναρρόφηση.

Για την περίπτωση μεταφοράς μεταλλεύματος, το ύψος του διπύθμενου είναι συ-

νήθως μεγάλο, ενώ το πλάτος του κύτους περιορίζεται με διαμήκεις φρακτές. Οι δημιουργούμενοι πλευρικοί χώροι χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις ως δεξαμενές έρματος. Τα παραπάνω γίνονται για να αποφύγουμε το εξαιρετικά μεγάλο μετακεντρικό ύψος που συνεπάγεται το μεγάλο ειδικό βάρος του φορτίου και το οποίο θα δημιουργούσε την ανάγκη, αν το πλοίο δεν είχε τη μορφή που είπαμε, φόρτωσης των κυτών σε χαμηλή στάθμη (σχήμα 12.12).



Σχ. 12.12
Εγκάρσια τομή πλοίου μεταφοράς μεταλλεύματος.

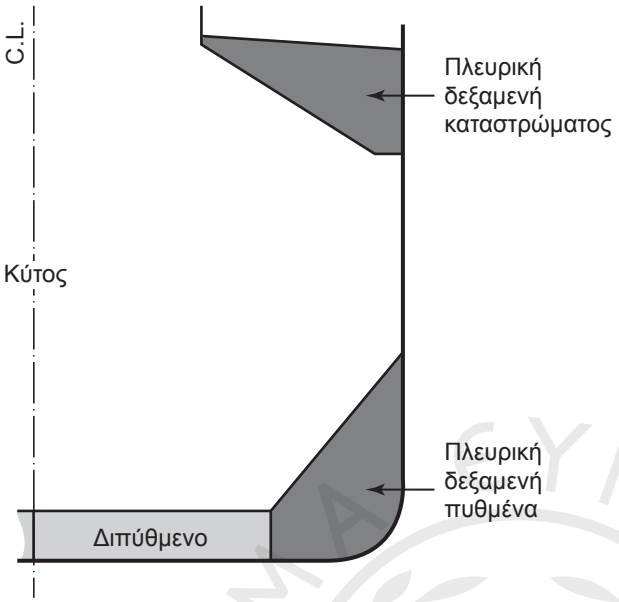
Συνοψίζοντας, οι βασικές διαφορές μεταξύ των διάφορων τύπων πλοίων μεταφοράς υγρών ή ξηρών φορτίων *χύδην* είναι:

Δ/Ξ — Δεν έχει ανοίγματα στα κύτη.

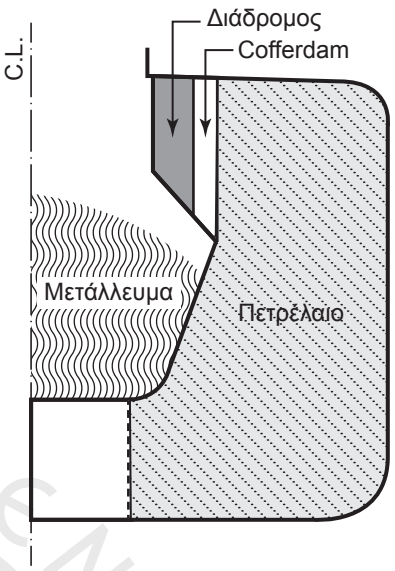
Κοινό Bulk carrier — Μεγάλος όγκος κυτών για μεταφορά φορτίων με μικρό ειδικό βάρος (σχ. 12.13).

Πλοίο μεταφοράς μεταλλεύματος–πετρελαίου — Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα Δ/Ξ, στο οποίο υπάρχει άνοιγμα για την φόρτωση φορτίων με μεγάλο ειδικό βάρος. Για την αποφυγή της πιθανότητας πυρκαγιάς, το πετρέλαιο και το μετάλλευμα δεν μεταφέρονται ταυτόχρονα (σχ. 12.13).

Πλοίο Ο.Β.Ο. — Πρόκειται για ένα Bulk carrier με μορφή και ενδυναμώσεις κατάλληλες για τη μεταφορά πετρελαίου ή στερεού φορτίου με μεγάλο ειδικό βάρος. Συνήθως τα κύτη διακρίνονται σε μικρά και μεγάλα και από αυτά τα μικρά χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μεταλλεύματος.



Σχ. 12.13
Εγκάρσια τομή Bulk-Carrier.

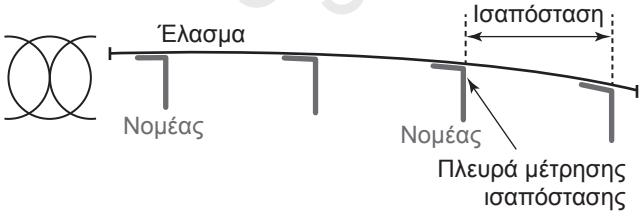


Σχ. 12.14
Εγκάρσια τομή πλοίου μεταφοράς μεταλλεύματος/πετρελαίου.

12.4 Μερικές λεπτομέρειες από τη γενική διάταξη των καταστρωμάτων

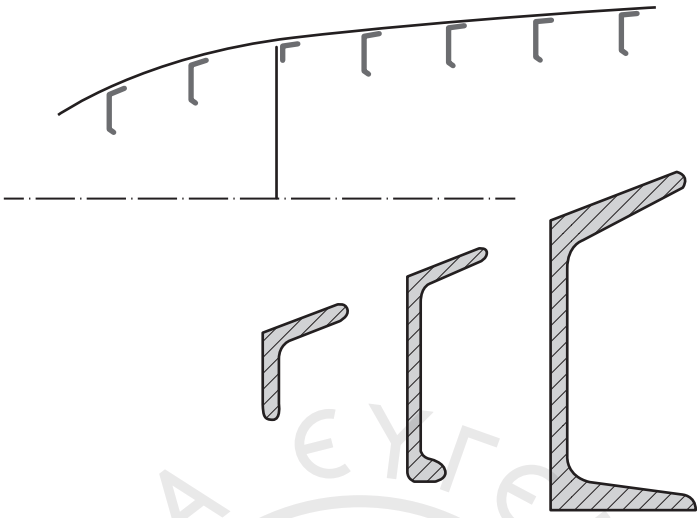
12.4.1 Αρίθμηση νομέων

Όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα ελάσματα του περιβλήματος ενισχύονται με εγκάρσιους νομείς. Οι νομείς αυτοί συνηθίζεται να είναι τοποθετημένοι έτσι, ώστε ο κορμός τους να είναι κάθετος πάνω στο επίπεδο συμμετρίας του πλοίου. Στο σχήμα 12.15 φαίνεται η παραπάνω μέθοδος τοποθέτησης των εγκάρσιων νομέων, καθώς και ο τρόπος μέτρησης της ισαπόστασης μεταξύ τους.



Σχ. 12.15
Τοποθέτηση νομέων.

Για να εξασφαλισθεί η καθετότητα των νομέων προς το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, οι νομείς που θα τοποθετηθούν στην πλώρη και στην πρύμνη, παραμορφώνονται όπως φαίνεται στο σχήμα 12.16. Η παραμόρφωση γίνεται με ειδικά εργαλεία στα ναυπηγεία ή «εν θερμώ» στον τόπο παραγωγής των μορφοδοκών.



Σχ. 12.16
Τοποθέτηση νομέων στα άκρα του πλοίου.

Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό, η σωστή τοποθέτηση των νομέων είναι με το πέλμα προς την πρύμνη στο πρυμναίο μέρος του πλοίου και προς την πλώρη στο πρωραίο.

Σε ένα ειδικό σχέδιο του πλοίου, που λέγεται ***σχέδιο διάταξης νομέων,*** αλλά συχνά και στο σχέδιο γενικής διάταξης του πλοίου, φαίνεται η τοποθέτηση των νομέων και η ισαπόσταση ανάμεσά τους. Η ισαπόσταση καθορίζεται από τους κανονισμούς του Νηογνώμονα και συνήθως είναι μικρότερη στα άκρα του πλοίου από ό,τι στο μέσο του.

Οι νομείς είναι αριθμημένοι στα περισσότερα πλοία από την πρύμνη προς την πλώρη. Ο νομέας 0 (μηδέν) συμπίπτει συνήθως με την πρυμναία κάθετο. Νομείς που βρίσκονται προς τα πρύμα του νομέα χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς -1, -2, -3 κ.λπ. ή με τα γράμματα Α, Β, C. Η αρίθμηση των νομέων σε πολεμικά πλοία τις περισσότερες φορές γίνεται από την πλώρη προς την πρύμνη, ενώ σε μερικά πλοία, αγγλικής συνήθως προέλευσης, η αρίθμηση γίνεται προς την πλώρη και την πρύμνη με τον νομέα 0 στο μέσο του πλοίου.

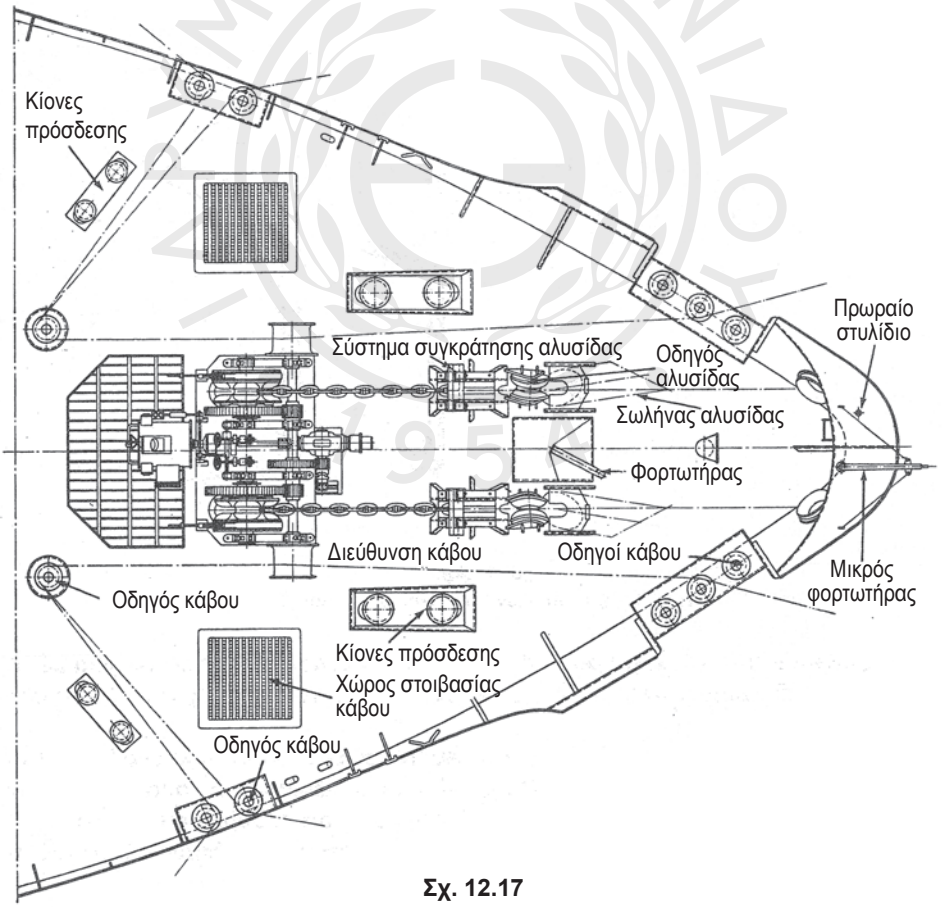
Η θέση ενός χώρου κατά το διάμηκες περιγράφεται με τους αριθμούς των νομέων που βρίσκονται στα πέρατά του. Για παράδειγμα λέμε δεξαμενή διπύθμενου Νο 3 μεταξύ νομέων 70 και 84.

12.4.2 Τυπική γενική διάταξη πλώρης

Ενώ το μεσαίο και πρυμναίο τμήμα του πλοίου και του ανώτερου καταστρώματος έχει γενική διάταξη που εξαρτάται σημαντικά από τον προορισμό του πλοίου, το πρωραίο τμήμα δεν διαφέρει αισθητά από πλοίο σε πλοίο, γιατί σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις εξυπηρετεί τις ίδιες δραστηριότητες.

Μία κάτοψη του ανώτερου καταστρώματος ενός πλοίου στην πλώρη φαίνεται στο σχήμα 12.17. Όπως βλέπουμε σε αυτό, η όλη διάταξη του χώρου έχει ως κέντρο βάρους τον ***εργάτη των αγκυρών*** (anchor windlass) που πάντα έχει και τύμπανα κατάλληλα για την έλξη σχοινιών (κάβων) που χρησιμοποιούνται για την πρόσδεση του πλοίου. Οι αλυσίδες των αγκυρών οδηγούνται προς τις άγκυρες διαμέσου ειδικών οδηγών που εξασφαλίζουν την έλξη της αλυσίδας από τον εργάτη κατά το διάμηκες. Ακριβώς προς τα πρύμα των τυμπάνων του εργάτη, η αλυσίδα οδηγείται κατακόρυφα στον χώρο αποθήκευσής της, που ονομάζεται ***φρεάτιο αλυσίδας (chain locker).***

Στην πλευρά του πλοίου υπάρχουν ανοίγματα ή οδηγοί από τους οποίους περνούν οι κάβοι πρόσδεσης του πλοίου. Στην περίπτωση του πλοίου του σχήματος 12.18 έχουμε οδηγούς με περιστρεφόμενους κυλίνδρους, τοποθετημένους πάνω στην κουπαστή. Σε άλλα πλοία για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούνται ειδικά ενισχυμένες ελλειπτικές οπές στο παραπέτο. Οι κάβοι πρόσδεσης μέσω ειδικών οδηγών (συνήθως περιστρεφόμενων κυλίνδρων) οδηγούνται στα τύμπανα του εργάτη. Στο κατάστρωμα υπάρχουν ακόμη οι απαραίτητοι κίονες πρόσδεσης (μπίντες), το πρω-



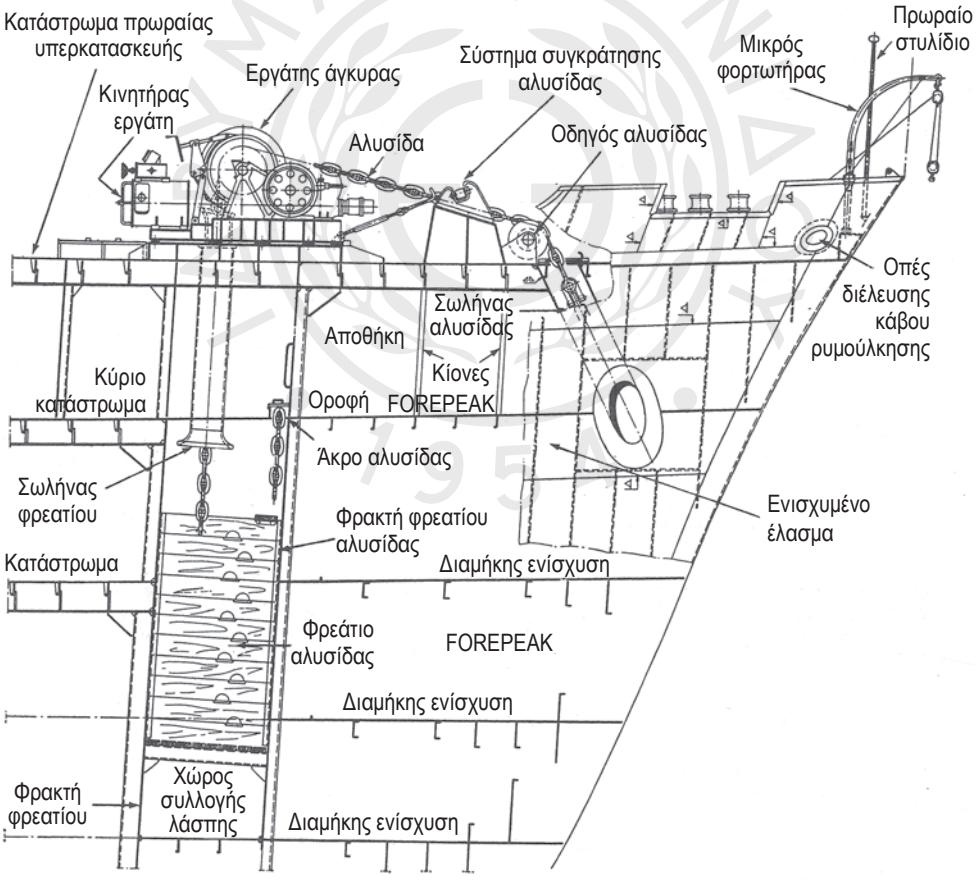
Σχ. 12.17
Κάτοψη ανώτερου καταστρώματος.

ραίο στυλίδιο και μία ή δύο οπές κατάπλωρα, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον κάβο ρυμούλκησης του πλοίου από άλλο πλοίο.

Στο σχήμα 12.18 φαίνεται η πλάγια όψη της πλώρης του ίδιου πλοίου. Σε αυτήν διακρίνεται η τυπική γενική διάταξη των πρωραίων χώρων.

Στο ακροπρωραίο μέρος του πλοίου έχουμε την πρωραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης και πάνω από αυτή μία αποθήκη.

Αμέσως προς τα πρύμα διαμορφώνεται το φρεάτιο της αλυσίδας. Η σχεδίαση του χώρου αυτού είναι τέτοια, ώστε να διευκολύνει τη σωστή στοιβασία της αλυσίδας και να δημιουργεί έναν κενό χώρο κάτω από αυτήν στον οποίο συγκεντρώνεται η λάσπη και το νερό που παρασύρεται από την αλυσίδα κατά την ανέλκυσή της από λασπώδη βυθό. Το άκρο της αλυσίδας είναι στερεωμένο στο πλοίο με ειδικό κρίκο. Στο σχήμα βλέπουμε ακόμη την ενίσχυση της περιοχής του πλοίου όπου ***μασχαλίζει*** η άγκυρα, με ελάσματα αυξημένου πάχους. Η ενίσχυση αυτή είναι απαραίτητη για να μην δημιουργούνται φθορές και παραμορφώσεις τη στιγμή της επαφής της άγκυρας με το πλοίο.



Σχ. 12.18
Πλάγια όψη πλώρης.

12.4.3 Ανοίγματα κύτους

Για τη γρηγορότερη φόρτωση και εκφόρτωση των αμπαριών ενός πλοίου, είναι απαραίτητο να υπάρχουν στα καταστρώματα μεγάλα ανοίγματα, τα οποία ονομάζονται ***ανοίγματα κύτους.***

Τα ανοίγματα αυτά έχουν συνήθως ορθογωνική διατομή με στρογγυλεμένες γωνίες, προκειμένου να αποφεύγεται η δημιουργία ***συγκέντρωσης τάσεων.*** Γενικά ένα άνοιγμα κύτους περιλαμβάνει το άνοιγμα, το κατώφλι γύρω απ' αυτό (όπου υπάρχει) και το κάλυμμα.

Οι απαιτήσεις σχετικά με το ύψος του κατωφλιού των αμπαριών καθορίζονται από τους κανονισμούς ***Περί Γραμμής Φόρτωσης*** (κεφάλαιο 26). Για τον σκοπό αυτό καθορίζονται δύο πιθανές θέσεις στομίων.

Θέση 1

Εκτεθειμένα καταστρώματα στεγανής υποδιαίρεσης και υπερκατασκευών τα οποία βρίσκονται προς την πρωραία πλευρά ενός σημείου που απέχει ¼L από την πρωραία κάθετο (L είναι το μήκος του πλοίου).

Θέση 2

Εκτεθειμένα καταστρώματα υπερκατασκευών που βρίσκονται προς την πρυμναία πλευρά ενός σημείου που απέχει ¼L από την πρωραία κάθετο.

Με βάση τα παραπάνω διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις (ανάλογα με το είδος των καλυμμάτων):

1) Φορητά καλύμματα με μουσαμάδες

Θέση 1	Ύψος κατωφλιού 610 mm
Θέση 2	Ύψος κατωφλιού 450 mm

2) Χαλύβδινα υδατοστεγανά καλύμματα

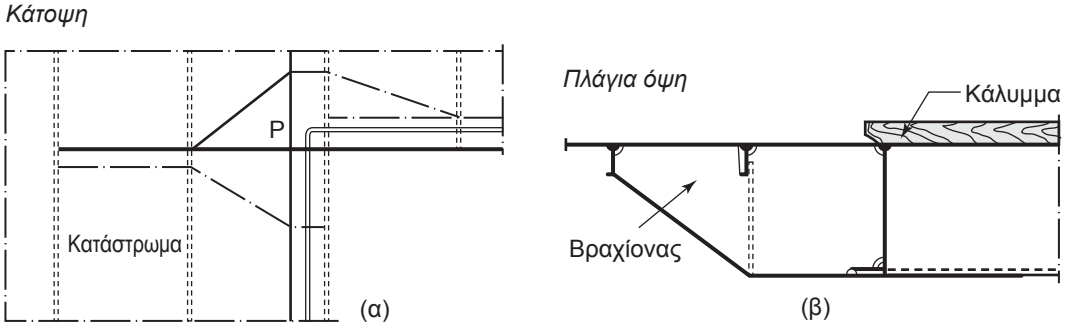
Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατό να εφαρμοσθούν και μικρότερα ύψη κατωφλιού (ή και καθόλου κατώφλι) αν η Αρχή πεισθεί ότι δεν υφίσταται πρόβλημα ασφάλειας του πλοίου.

Στα ενδιάμεσα καταστρώματα (tween-decks) μπορεί να υπάρχει πολύ μικρό κατώφλι, π.χ. 60 mm (σχ. 12.19) ή μπορεί και να μην υπάρχει καθόλου κατώφλι (σχ. 12.20).

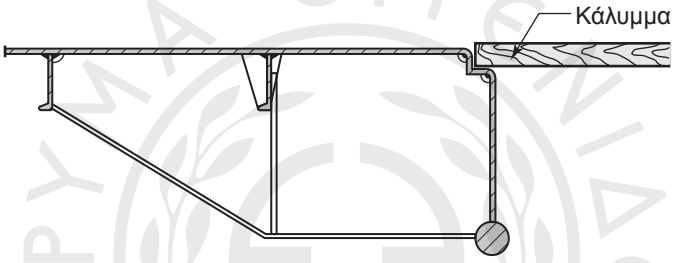
Εκτός από τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες του ανοίγματος, που έχουν επεξηγηθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος στεγανού κλεισίματος του ανοίγματος.

Στα παλαιότερα πλοία το κλείσιμο του αμπαριού πραγματοποιείται όπως φαίνεται στο σχήμα 12.21. Πραγματοποιείται δηλαδή με τη στήριξη των ***μεσοζύγων (μετζανιά)*** πάνω στο κατώφλι του κύτους.

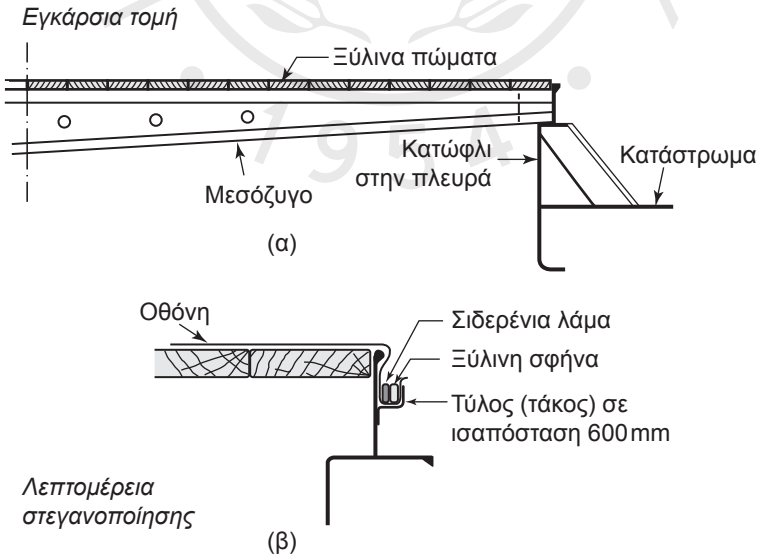
Πάνω σ' αυτά στηρίζονται τα ***ξύλινα πώματα (μπουκαπόρτες)*** και πάνω σ' αυτά τοποθετείται η ***οθόνη (μουσαμάς).*** Για τη στήριξη της οθόνης υπάρχουν περιφερειακά στο κατώφλι του ανοίγματος οι ***τίλοι (χούφτες).***



Σχ. 12.19
Άνοιγμα κύτους με πολύ μικρό κατώφλι. (α) Κάτοψη. (β) Πλάγια όψη.



Σχ. 12.20
Άνοιγμα κύτους χωρίς κατώφλι.



Σχ. 12.21
Λεπτομέρειες κλεισίματος αμπαριού. (α) Εγκάρσια τομή. (β) Λεπτομέρεια στεγανοποίησης.

Η στήριξη εξασφαλίζεται με σιδερένιες λάμες και ξύλινες σφήνες. Το σύστημα αυτό στεγανοποίησης των ανοιγμάτων έχει τα παρακάτω ***μειονεκτήματα:***

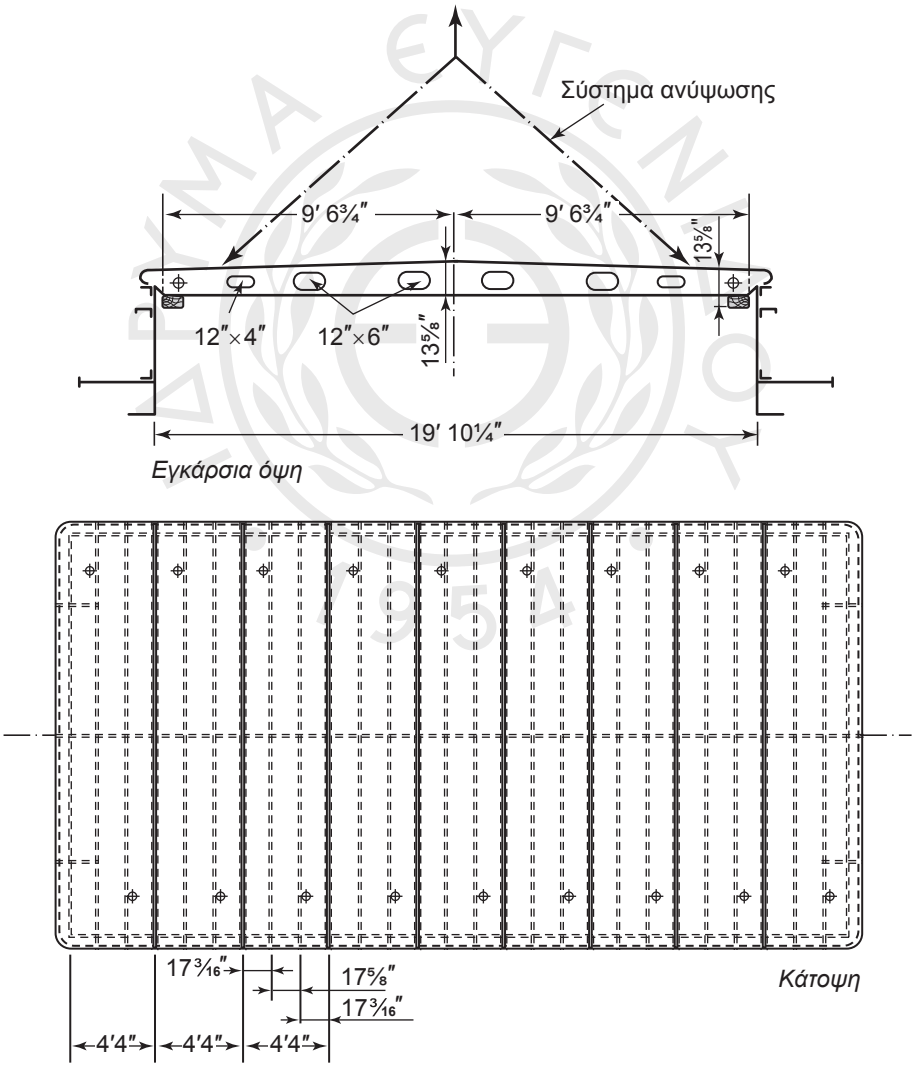
1) Απαιτείται χρόνος και προσπάθεια για το κλείσιμο και τη στεγανοποίηση των ανοιγμάτων.

2) Οι μουσαμάδες καταστρέφονται εύκολα και είναι απαραίτητη η αντικατάσταση τους.

Για τους παραπάνω λόγους τα ξύλινα καλύμματα των κυτών τείνουν να αντικατασταθούν πλήρως από τα χαλύβδινα.

3) Τα μεταλλικά καλύμματα τύπου ποντονίου

Ένα τέτοιο κάλυμμα φαίνεται στο σχήμα 12.22 και αποτελείται από εννέα εγκάρ-



Σχ. 12.22
Κάλυμμα τύπου ποντονιού.

σια μονοκόμματα τμήματα. Τα ***μειονεκτήματα*** αυτών των συστημάτων είναι:

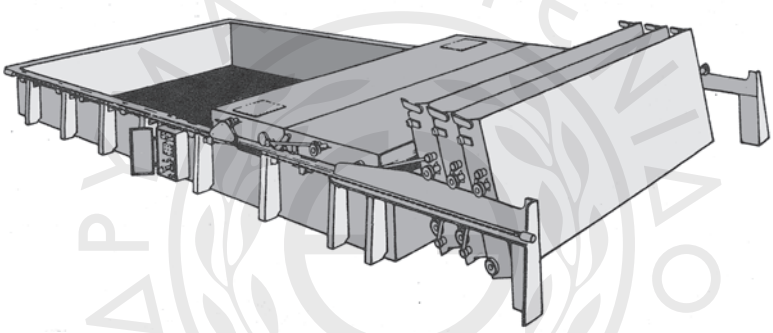
1) Η ανάγκη χώρου για την εναπόθεση των ποντονιών όταν το άνοιγμα είναι ανοικτό.

2) Μεγάλος χρόνος για το άνοιγμα και κλείσιμο.

3) Ανάγκη για χρησιμοποίηση μουσαμάδων.

1) Σύστημα Mac Gregor απλής έλξης (σχ. 12.23)

Τα ποντόνια είναι ***μεταλλικά***, συνδέονται μεταξύ τους και με μία απλή έλξη από τη μία πλευρά έρχονται σε κατακόρυφη θέση και στοιβάζονται το ένα δίπλα στο άλλο. Αντίθετη κίνηση οδηγεί σε άμεσο κλείσιμο του ανοίγματος. Η σχεδίαση του συστήματος είναι τέτοια, ώστε με το κλείσιμο του ανοίγματος επιτυγχάνεται ταυτόχρονα και η απαραίτητη στεγανότητα. Η όλη κίνηση ανοίγματος και κλεισίματος γίνεται με την πίεση ενός κουμπιού.



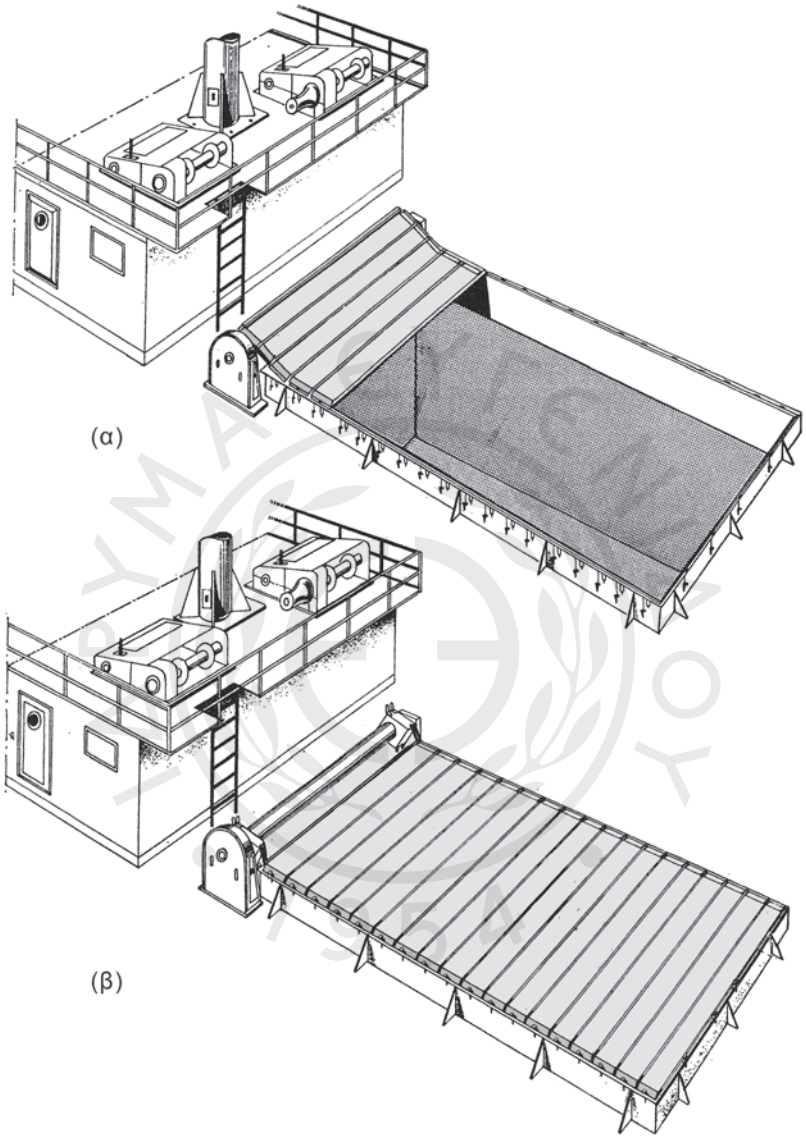
Σχ. 12.23
Σύστημα Mac Gregor απλής έλξης.

2) Σύστημα Mac Gregor ανεξάρτητης έλξης

Το σύστημα αυτό μοιάζει με το προηγούμενο, μόνο που κάθε ποντόνι ή ζεύγος ποντονιών φέρεται στο άκρο του ανοίγματος ανεξάρτητα και εκεί στοιβάζεται κατακόρυφα.

3) Κυλιόμενο σύστημα Ermens (σχ. 12.24).

Αποτελείται από αρθρωτά στοιχεία. Η διάσταση των στοιχείων, κατά την έννοια του μήκους του πλοίου, είναι συνεχώς αυξανόμενη, ώστε να είναι δυνατό να ***τυλιχθεί*** το κάλυμμα πάνω στον άξονα. Στην κλειστή θέση εξασφαλίζεται στεγανότητα χωρίς καμία παρέμβαση των χειριστών. Οι σχετικές κινήσεις γίνονται με ηλεκτρισμό, με τα ανυψωτικά μέσα του πλοίου ή χειροκίνητα.



Σχ. 12.24
Κυλιόμενο σύστημα Ermans.
(α) Ανοικτό. (β) Κλειστό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

Λεπτομέρειες εσωτερικής γενικής διάταξης πλοίου

13.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε μερικά στοιχεία από τη διάταξη και εσωτερική διαρρύθμιση των πιο σημαντικών χώρων του πλοίου. Ιδιαίτερα στον τομέα της εσωτερικής διαρρύθμισης θα αναφέρουμε ως παράδειγμα, μόνο μερικές αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις, γιατί η ποικιλία των ειδικών απαιτήσεων κάθε πλοίου, σε συνδυασμό με την αναπόφευκτη συχνά έλλειψη χώρου, δημιουργεί μια αντίστοιχη πολυμορφία στις εφαρμοζόμενες λύσεις εσωτερικής διαρρύθμισης.

13.2 Δεξαμενές

Οι δεξαμενές σε ένα πλοίο είναι απαραίτητες για την αποθήκευση όλων των υγρών που χρειάζονται για την εκπλήρωση της αποστολής του. Τα υγρά αυτά είναι:

1) Το πετρέλαιο.
2) Το πόσιμο νερό.
3) Το τροφοδοτικό νερό (εφόσον το πλοίο έχει λέβητες).
4) Το λάδι λίπανσης.
5) Το υγρό έρμα.

Στην παραπάνω κατάταξη δεν περιλαμβάνονται οι δεξαμενές φορτίου ενός δεξαμενόπλοιου.

Σχετική με τη διάταξη των δεξαμενών ενός πλοίου είναι μεταξύ άλλων και η ύπαρξη διπύθμενου. Σε μικρά επιβατικά πλοία, η ύπαρξη διπύθμενου είναι απαραίτητη μόνο σε ένα μέρος του πυθμένα, ενώ σε μεγαλύτερα το διπύθμενο μπορεί να εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου μεταξύ του πρωραίου και του πρυμναίου στεγανού σύγκρουσης. Τρεις αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις ύπαρξης διπύθμενου φαίνονται στο σχήμα 13.1.

Τα φορτηγά πλοία κατασκευάζονται κατά κανόνα με διπύθμενο.

Αρχικά όλος ο χώρος του διπύθμενου, χωρισμένος με διαμήκη και εγκάρσια διαφράγματα, χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά υγρού έρματος. Σήμερα οι δεξαμενές του διπύθμενου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά κάθε είδους υγρών. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη πιο εκτεταμένου διαχωρισμού των δεξαμενών, καθώς επίσης και την ανάγκη δημιουργίας μικρών στεγανών χώρων ανάμεσα στις δεξαμενές του πόσιμου νερού και του πετρελαίου, που ονομάζονται ***στεγανοί διαχωριστικοι χώροι*** (cofferdams).

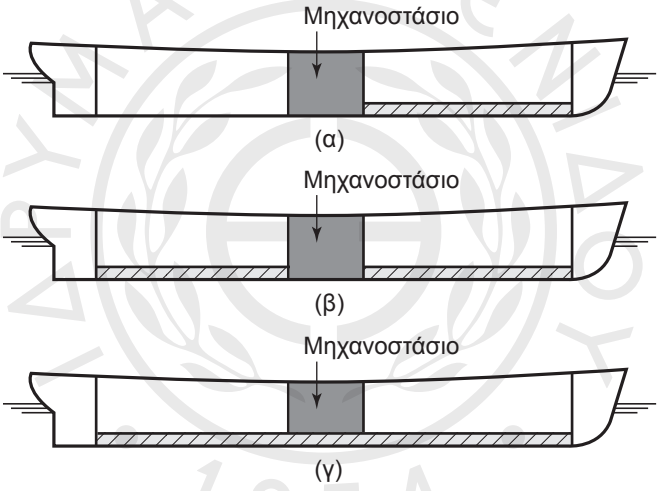
Εκτός από τις δεξαμενές διπύθμενου, το πλοίο απαιτείται να έχει μία δεξαμενή

στην πλώρη (forepeak) και μία στην πρύμνη (afterpeak). Σε πολλά πλοία πάνω στην πρωραία και πάνω στην πρυμναία φρακτή του μηχανοστασίου κατασκευάζονται δεξαμενές με μεγάλο ύψος που ονομάζονται ***deep tanks***.

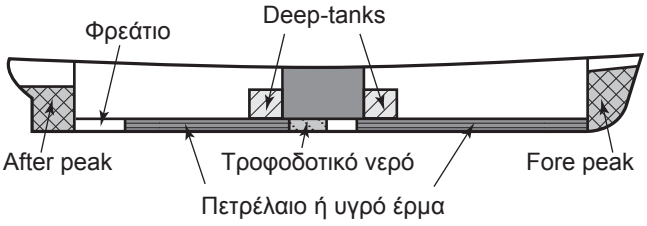
Τυπική διάταξη του συνόλου των δεξαμενών ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 13.2. Στο σχήμα αυτό φαίνεται και η διαμόρφωση ενός φρεατίου στο οποίο καταλήγουν διάφορα υγρά από διαρροές και το οποίο αδειάζει στη θάλασσα με τη βοήθεια της αντλίας κύτους του πλοίου.

Το ύψος του διπύθμενου και των δεξαμενών που σχηματίζονται σε αυτό, καθορίζεται από τους κανονισμούς του Νηογνώμονα. Συχνά το ύψος αυτό είναι αυξημένο στο μηχανοστάσιο για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής σε όγκο δεξαμενών ή για τη διαμόρφωση της βάσης της μηχανής.

Ο διαχωρισμός των δεξαμενών κατά μήκος και κατά πλάτος και η επιλογή των υγρών για τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, πραγματοποιείται ύστερα από μελέτη,



Σχ. 13.1
Διάταξη διπύθμενου.
(α) Διπύθμενο προς πρώρα μηχανοστασίου. (β) Διπύθμενο και από τις δύο πλευρές μηχανοστασίου. (γ) Διπύθμενο παντού.



Σχ. 13.2
Διάταξη δεξαμενών πλοίου.

γιατί επηρεάζει την ευστάθεια και τη ζύγιση του πλοίου. Φυσικά σπουδαίο ρόλο παίζουν και οι ανάγκες του πλοίου για κάθε είδος υγρού.

1) Πετρέλαιο

Σε ατμοκίνητα πλοία η κατανάλωση πετρελαίου είναι μεταξύ 230 και 300 g/h και HP. Στις μηχανές εσωτερικής καύσης, η κατανάλωση είναι μεταξύ 150 και 180 g/h και HP. Στην κατανάλωση που θα προκύψει για το ταξίδι με βάση τα παραπάνω, θα πρέπει να προστεθούν οι ανάγκες του πλοίου σε πετρέλαιο στο λιμάνι και να αυξηθεί η σχετική ποσότητα 10 ως 15% για το ενδεχόμενο κακοκαιρίας.

Παράδειγμα

Ένα πλοίο εκτελεί κυκλικό ταξίδι συνολικής απόστασης 4800 μιλίων με ταχύτητα 12 knots. Το πλοίο ανεφοδιάζεται στο λιμάνι απόπλου μόνο την ήμερα του απόπλου. Συνολική παραμονή στο λιμάνι 10 ημέρες με ημερήσια κατανάλωση 1,2 t.

Να εκτιμηθεί η απαιτούμενη ποσότητα πετρελαίου, αν το πλοίο κινείται με μηχανή Diesel με ισχύ 10000 HP (ειδική κατανάλωση 160 g/HP και h).

Θα έχουμε:

$$\text{Ώρες ταξιδιού } \frac{4800}{12} = 400 \text{ ώρες}$$

Κατανάλωση ταξιδιού:

$$400 \text{ ώρες} \times 0{,}16 \frac{\text{χιλιόγραμμα}}{\text{ίππο-ώρα}} \times 10.000 \text{ HP} = 640.000 \text{ kg}$$

$$\text{Κατανάλωση στον όρμο } 10 \text{ ήμερες} \times 1200 \frac{\text{χιλιόγραμμα}}{\text{ημέρα}} = 12.000 \text{ kg}$$

Σύνολο	652.000 kg
Προσαύξηση 15%	98.000 kg
Γενικό σύνολο	750.000 kg

2) Λάδι λίπανσης

Η κατανάλωση του λαδιού λίπανσης είναι γύρω στο 1,5% της κατανάλωσης του πετρελαίου, συχνά όμως τα πλοία διαθέτουν δεξαμενές με μεγαλύτερη χωρητικότητα. Στο πλοίο του προηγούμενου παραδείγματος, η ανάγκη σε λάδι λίπανσης για το ταξίδι είναι περίπου 11.500 kg.

3) Πόσιμο νερό

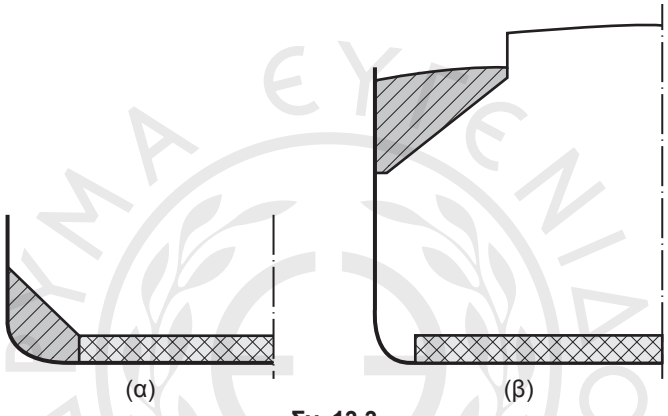
Η κατανάλωση του πόσιμου νερού είναι περίπου 100 λίτρα ανά άτομο και ημέρα.

4) Υγρό έρμα

Αναφέρεται ότι σε κατάσταση ερματισμού του πλοίου (κατάσταση χωρίς φορτίο), το άθροισμα πετρελαίου και υγρού έρματος θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ του 30 και 40% του Deadweight.

Σε πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, η διάταξη των δεξαμενών, όπως φαίνεται στο σχήμα 13.2, δεν παρέχει δυνατότητες ερματισμού αρκετές για τη σωστή βύθιση της έλικας και τον ικανοποιητικό γενικά πλου του πλοίου. Θεωρητικά, η δυνατότητα ερματισμού θα μπορούσε να αυξηθεί με αύξηση του ύψους του διπύθμενου και του πρυμναίου και πρωραίου στεγανού σύγκρουσης. Η λύση αυτή όμως δεν είναι σωστή γιατί δημιουργεί μεγάλη καταπόνηση στο πλοίο σε κατάσταση ερματισμού (γιατί έχουμε μεγάλα βάρη στα άκρα) και επιπλέον δημιουργεί ανεπιθύμητα μεγάλο μετακεντρικό ύψος.

Για τους παραπάνω λόγους στα πλοία μεταφοράς φορτίων χύδην διαμορφώνονται δεξαμενές έρματος, όπως αυτές που φαίνονται στο σχήμα 13.3.



Σχ. 13.3
Δεξαμενή έρματος.
(α) Διπύθμενου με πλευρική δεξαμενή πυθμένα. (β) Διπύθμενου με πλευρική καταστρώματος.

Στο σχήμα αυτό βλέπουμε τη διαμόρφωση δεξαμενής διπύθμενου σε συνδυασμό με πλευρική δεξαμενή πυθμένα ή πλευρική δεξαμενή καταστρώματος. Σε αρκετές περιπτώσεις έχουμε και συνδυασμό των δύο διατάξεων.

Οι πλευρικές δεξαμενές πυθμένα με τη διαμόρφωση τους διευκολύνουν τη μεταφορά του φορτίου χύδην προς το μέσο του κύτους απ' όπου και πραγματοποιείται η εκφόρτωση. Οι πλευρικές δεξαμενές καταστρώματος βοηθούν στο να πραγματοποιείται η στοιβασία του φορτίου χύδην στο κύτος κατά τρόπο που να μην αφήνει κενά στο ανώτερο μέρος. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η πιθανότητα εγκάρσιας μετακίνησης του φορτίου σε κατάσταση κακοκαιρίας.

13.3 Καταμετρικά, εξαεριστικά και πληρώσεις δεξαμενών

Για να είναι δυνατή η πλήρωση μίας δεξαμενής πρέπει από κάποιο σημείο της οροφής της να επιτρέπεται από ειδικό άνοιγμα η έξοδος του αέρα. Τα ειδικά αυτά ανοίγματα των δεξαμενών ονομάζονται ***εξαεριστικά.***

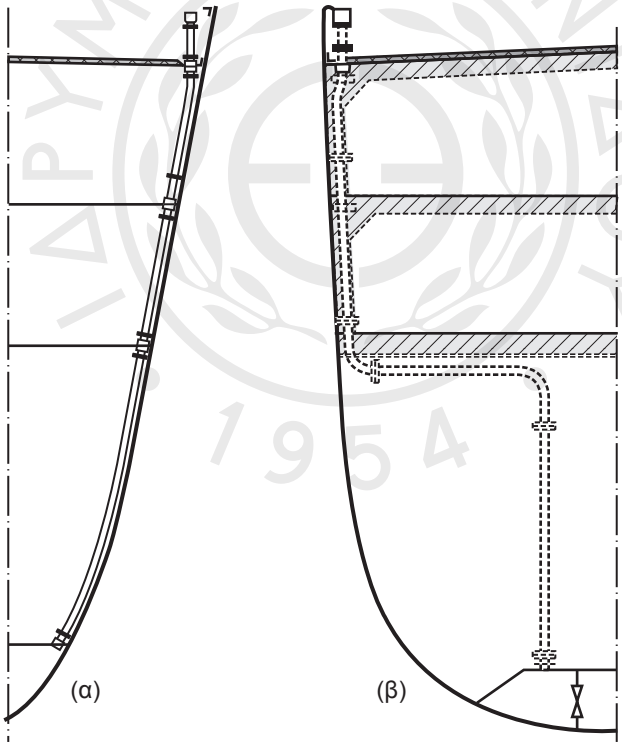
Για όσες δεξαμενές γεμίζονται από το κατάστρωμα (και όχι μέσω των αντλιών του πλοίου) έχουμε γι' αυτόν τον σκοπό (στο κατάστρωμα) απολήξεις σωλήνων που λέγονται ***πληρώσεις.***

Τέλος, για την εύρεση της στάθμης μέχρι την οποία θα φθάσει το υγρό στη δεξαμενή (και μέσω αυτής τον υπολογισμό της ποσότητας του υγρού) υπάρχουν ειδικοί σωλήνες μέσα στους οποίους ρίχνουμε τη ***μετρητική ταινία.*** Οι σωλήνες αυτοί ονομάζονται ***καταμετρικά.***

Οι εξαεριστικοί σωλήνες των δεξαμενών πρέπει να έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 2". Οι λεπτομέρειες των εξαεριστικών σωλήνων στο κατάστρωμα καθορίζονται από τους κανονισμούς ***περί γραμμής φόρτωσης.***

Συχνά οι εξαεριστικοί σωλήνες καλύπτουν και τις ανάγκες διαφυγής του υγρού από μια δεξαμενή όταν αυτή υπερπληρωθεί. Ειδικά όμως για τις δεξαμενές πετρελαίου, οι υπερπληρώσεις οδηγούνται σε ειδική δεξαμενή πετρελαίου που ονομάζεται ***δεξαμενή υπερπλήρωσης.***

Στο σχήμα 13.4(α) φαίνεται τυπική διάταξη εξαεριστικού σωλήνα σε ένα διπύθμενο της πλώρης και στο σχήμα 13.4(β) σε διπύθμενο της πρύμνης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο εξαεριστικός σωλήνας περνάει από τα ενδιάμεσα καταστρώματα έτσι, ώστε να μην επηρεάζεται η στεγανότητά τους.



Σχ. 13.4

(α) Τυπική διάταξη εξαεριστικού σωλήνα σε διπύθμενο πλώρης. (β) Διπύθμενο πρύμνης.

Όπου σε μία δεξαμενή υπάρχουν δύο εξαεριστικοί σωλήνες, ο ένας από αυτούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση της δεξαμενής.

Οι εξαεριστικοί σωλήνες επιδιώκεται να είναι τοποθετημένοι στην πλευρά του πλοίου και κοντά σε στεγανές φρακτές.

Τα καταμετρικά είναι συνήθως κατακόρυφα. Η μετρητική ταινία είναι χαραγμένη σε κυβικά μέτρα, γαλόνια ή κυβικά πόδια και είναι κατάλληλη μόνο για την αντίστοιχη δεξαμενή.

Οι δεξαμενές πετρελαίου του μηχανοστασίου που βρίσκονται ψηλά λέγονται ***δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης*** (daily tanks). Η κύρια μηχανή και οι ηλεκτρομηχανές του πλοίου αναρροφούν από τις παραπάνω δεξαμενές. Οι δεξαμενές ημερήσιας χρήσης αντί για καταμετρικά έχουν ***υαλοδείκτες,*** με τη βοήθεια των οποίων είναι πολύ εύκολη η παρακολούθηση της στάθμης.

13.4 Χώροι φορτίου

Η κατασκευαστική διαμόρφωση των κυτών των εμπορικών πλοίων και των ανοιγμάτων τους έχει αναφερθεί ήδη σε προηγούμενα κεφάλαια του βιβλίου. Γενικά βασίζεται στην αρχή της δημιουργίας ενός χώρου με όσο το δυνατό λιγότερα εμπόδια, ο οποίος εξυπηρετείται από ένα ή περισσότερα μεγάλα ανοίγματα που βρίσκονται στο κατάστρωμα.

Σε πλοία χωρίς διπύθμενο, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ξύλινης οριζόντιας επένδυσης του πυθμένα του κύτους. Αλλά και στα πλοία με διπύθμενο, αν και δεν είναι υποχρεωτικό από τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων, συχνά χρησιμοποιείται ξύλινη επένδυση για την προστασία της οροφής του διπύθμενου από τη φόρτωση του φορτίου και του φορτίου από πιθανές μικρές διαρροές, που έχουν ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση υγρών στην οροφή του διπύθμενου.

Η επένδυση πραγματοποιείται με την τοποθέτηση κατά το εγκάρσιο καδρονιών, ύψους τουλάχιστον 50 mm, πάνω στα οποία στηρίζονται κατά το διάμηκες οι σανίδες, πάχους τουλάχιστον 63 mm.

Τα καδρόνια, όπως είπαμε, τοποθετούνται κατά το εγκάρσιο, ώστε τυχόν υπάρχουσες ποσότητες υγρού να οδηγούνται στις πλευρές του πλοίου, όπου μεταξύ του εξωτερικού κελύφους και του κάθετου ελάσματος του διπύθμενου (margin plate) σχηματίζονται, στα περισσότερα πλοία, ειδικοί χώροι απάντλησης που λέγονται ***σεντίνες***.

Χωρίς να είναι υποχρεωτική από τους Νηογνώμονες, για την προστασία του φορτίου από τις εφιδρώσεις των ελασμάτων, εφαρμόζεται επίσης και πλευρική ξύλινη επένδυση (για τις περιπτώσεις μεταφοράς γενικού ξηρού φορτίου). Η επένδυση αυτή αποτελείται από αφαιρετές σανίδες με πάχος μεγαλύτερο από 50 mm και με διάκενο μεταξύ τους, που δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 300 mm

Όταν το πλοίο μεταφέρει άνθρακα ή μετάλλευμα, αφαιρούνται οι παραπάνω σανίδες, γιατί το φορτίο δεν είναι ευαίσθητο στην υγρασία, ενώ όταν το πλοίο μεταφέρει σιτηρά, οι σανίδες καλύπτονται με μουσαμάδες.

Αφαιρετή ξύλινη επένδυση τοποθετείται επίσης πάνω από τις σεντίνες.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τη διαμόρφωση των κυτών δίνονται στο βιβλίο *«Ευστάθεια-Φορτώσεις»* του Ιδρύματος Ευγενίδου.

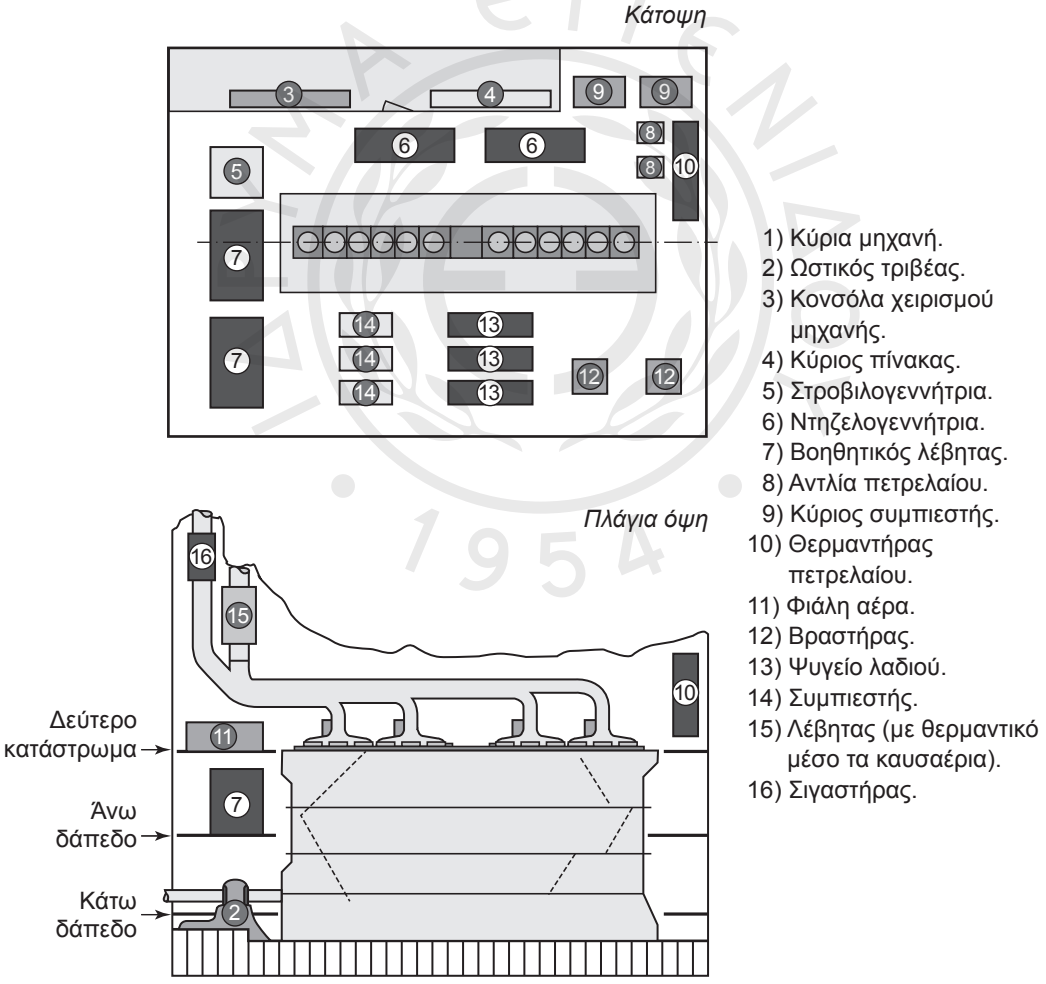
13.5 Χώροι πρόωσης

Η θέση και οι διαστάσεις του Μηχανοστασίου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως ο αριθμός των μηχανών και αξόνων, το είδος της προωστήριας εγκατάστασης και, κυρίως, ο τύπος του πλοίου.

Ειδικότερα στα πλοία μεταφοράς επιβατών και φορτίου (φορτηγοποστάλια) το μηχανοστάσιο είναι συνήθως τοποθετημένο στο μέσο. Αντίθετα στα πετρελαιοφόρα και στα πλοία μεταφοράς ***χύδην*** φορτίου επικρατεί η τάση το μηχανοστάσιο να τοποθετείται στην πρύμνη. Γενικά η εγκατάσταση του μηχανοστασίου στην πρύμνη παρουσιάζει το πλεονέκτημα της καλύτερης διάταξης των χώρων φορτίου και των ανυψωτικών μέσων του πλοίου, εφόσον υπάρχουν.

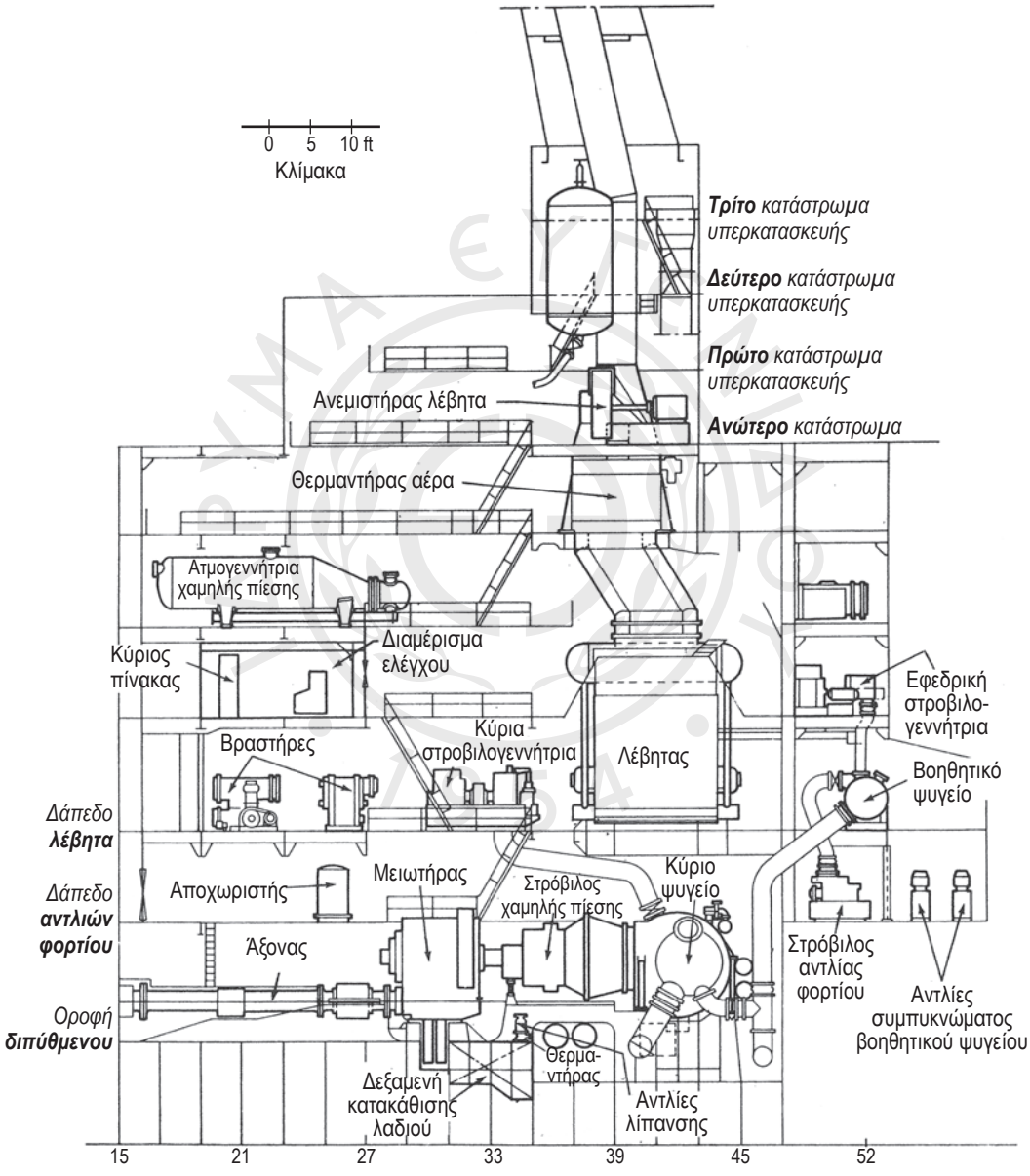
Η γενική σχεδόν επικράτηση των μηχανών εσωτερικής καύσης έχει επιτρέψει την εγκατάσταση της κύριας μηχανής και όλων των βοηθητικών μηχανημάτων (των εμπορικών πλοίων) σε έναν χώρο. Εξαιρέσεις παρατηρούνται σε ατμοκίνητα πλοία (όπως σε μερικά πετρελαιοφόρα), όπου υπάρχει χωριστό μηχανοστάσιο και λεβητοστάσιο και σε μερικά επιβατικά, όπου έχουμε χωριστό μηχανοστάσιο και ηλεκτροστάσιο.

Στο σχήμα 13.5 φαίνεται σκαριφηματικά η γενική διάταξη του Μηχανοστασίου

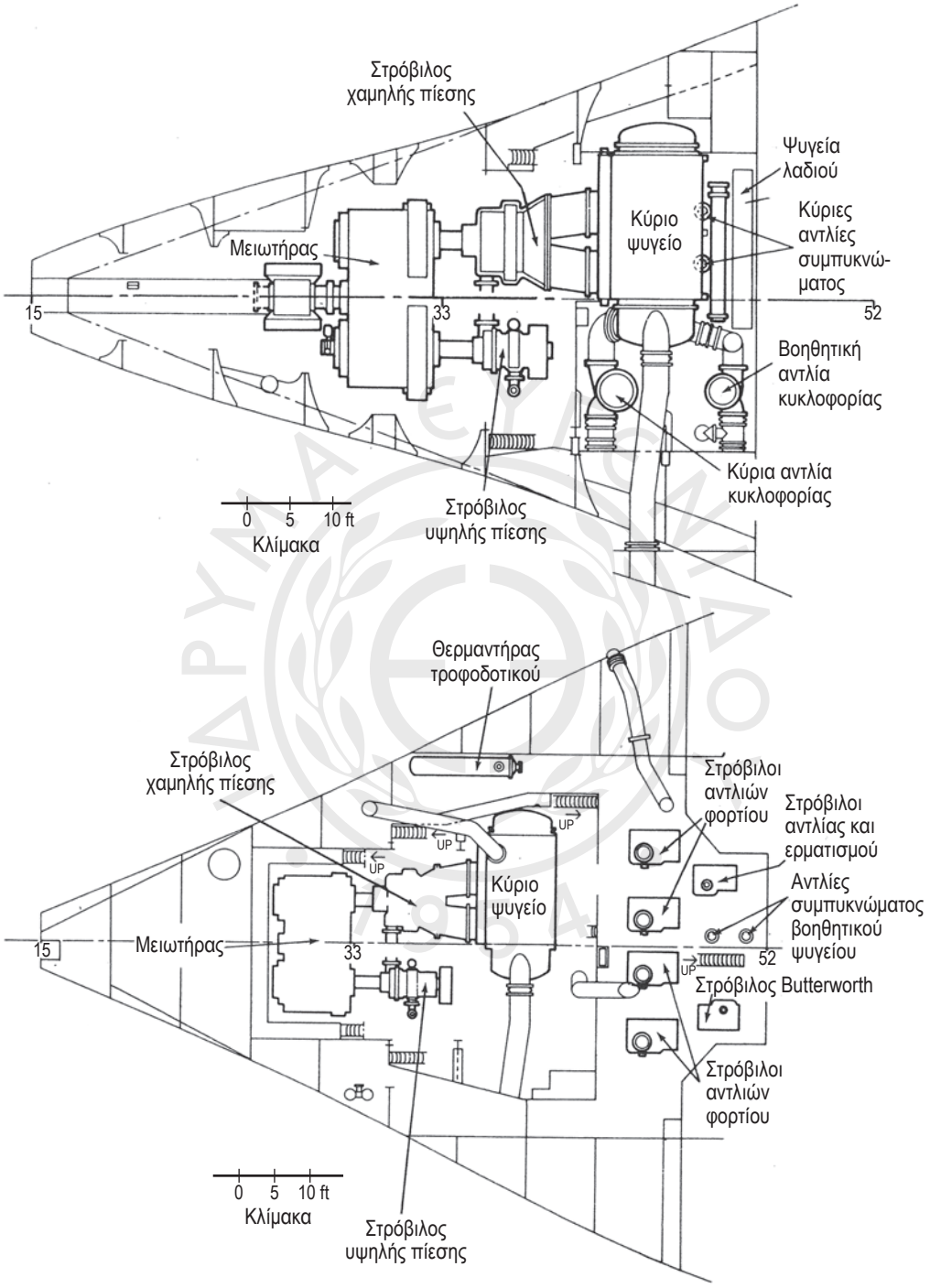


Σχ. 13.5
Διάταξη Μηχανοστασίου ντηζελοκίνητου πλοίου

ενός ντηλεζοκίνητου πλοίου. Στα σχήματα 13.6 και 13.7 φαίνονται αντίστοιχα η πλάγια όψη και δύο κατόψεις του μηχανοστασίου-λεβητοστασίου ενός μεγάλου σύγχρονου Δ/Ξ. Για τη λεπτομερέστερη περιγραφή του σκοπού κάθε μηχανήματος βλ. στο βιβλίο *«Ναυτικές Μηχανές»* του Ιδρύματος Ευγενίδου.



Σχ. 13.6
Πλάγια όψη μηχανοστασίου ατμοκίνητου Δ/Ξ.



Σχ. 13.7
Κατόψεις μηχανοστασίου ατμοκίνητου Δ/Ξ.

Στα πολεμικά πλοία για λόγους ασφάλειας κυρίως στη μάχη, οι χώροι πρόωσης καταλαμβάνουν περισσότερα από ένα στεγανά διαμερίσματα.

13.6 Χώροι ενδιαίτησης

Με τον όρο ***χώροι ενδιαίτησης*** εννοούμε τους παρακάτω χώρους:

1) Χώρους ατομικής παραμονής και ύπνου (καμπίνες).

2) Χώρους υγιεινής.

3) Χώρους ομαδικής παραμονής (σαλόνια, μπαρ, καπνιστήρια, μεσόδομος πληρώματος).

4) Διάφορους άλλους βοηθητικούς χώρους, όπως πλυντήρια, θεραπευτήρια κ.λπ..

Στα επιβατικά πλοία διακρίνουμε χώρους ενδιαίτησης επιβατών και πληρώματος, που είναι τελείως ξεχωριστοί μεταξύ τους.

Οι λεπτομερείς απαιτήσεις σε ό,τι άφορα στους χώρους αυτούς καθορίζονται από νομοθετημένους κανονισμούς. Γενικά στα σύγχρονα εμπορικά πλοία οι χώροι ενδιαίτησης του πληρώματος είναι εξαιρετικά άνετοι και υπερκαλύπτουν τις απαιτήσεις των κανονισμών.

Η διάταξη των χώρων ενδιαίτησης απαιτεί τη συνεργασία ειδικών διακοσμητών εσωτερικού χώρου. Ιδιαίτερη σημασία φυσικά έχει η διάταξη των χώρων ενδιαίτησης των επιβατικών πλοίων.

13.7 Διαμερίσματα χειρισμών και ελέγχου

Στους χώρους αυτούς περιλαμβάνονται:

1) Το διαμέρισμα πηδαλιούχησης.

2) Το δωμάτιο χαρτών.

3) Ο χώρος εγκατάστασης της γυροπυξίδας.

4) Το διαμέρισμα ασυρμάτου.

Το ***διαμέρισμα πηδαλιούχησης*** και το ***δωμάτιο χαρτών*** είναι τοποθετημένα στο περισσότερο πρωραίο σημείο του ψηλότερου υπερστεγάσματος. Στο διαμέρισμα πηδαλιούχησης είναι εγκαταστημένο το σύνολο των συσκευών και οργάνων που σχετίζονται με την πηδαλιούχηση, ναυτιλία και έλεγχο του πλοίου. Συνήθως το δωμάτιο χαρτών και το διαμέρισμα πηδαλιούχησης βρίσκονται σε άμεση επικοινωνία.

Το ***διαμέρισμα ασυρμάτου*** βρίσκεται και αυτό συνήθως στο ίδιο κατάστρωμα με τους παραπάνω χώρους ή το πολύ ένα κατάστρωμα χαμηλότερα.

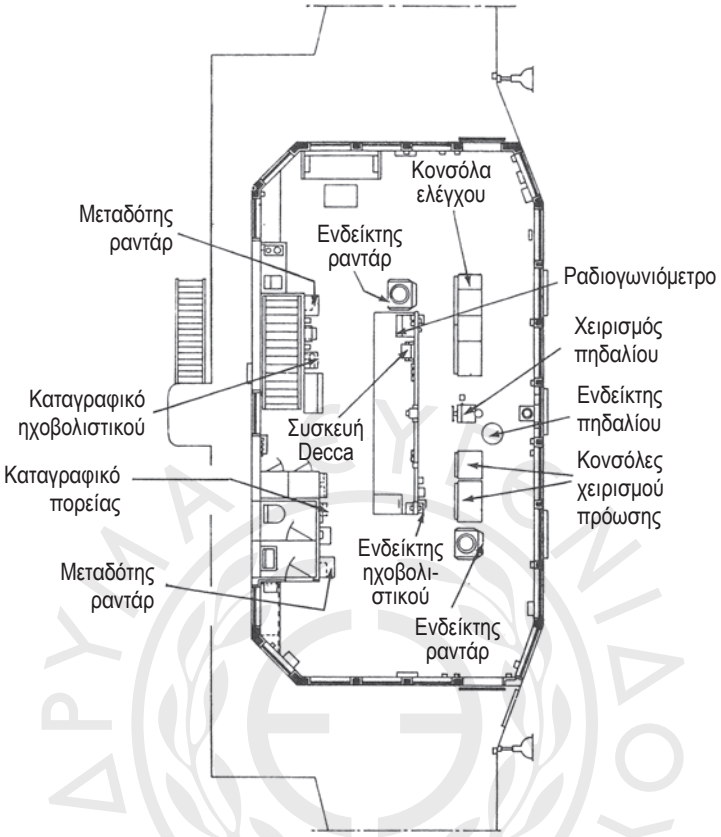
Ο ***χώρος εγκατάστασης της γυροπυξίδας*** είναι συνήθως κοντά στον ουδέτερο άξονα του πλοίου.

Συχνά, κοντά στον χώρο πηδαλιούχησης υπάρχουν ένας στοιχειώδης χώρος υγιεινής και μία μικρή καμπίνα για τον Πλοίαρχο, για τις περιπτώσεις όπου οι συνθήκες απαιτούν τη συνεχή παραμονή του στη γέφυρα.

Στο σχήμα 13.8 απεικονίζεται σκαριφηματικά η γενική διάταξη του χώρου πηδαλιούχησης και ελέγχου ενός αυτοματοποιημένου πλοίου.

13.8 Αποθήκες και ψυκτικοί θάλαμοι

Στις αποθήκες του πλοίου περιλαμβάνονται:



Σχ. 13.8
Διάταξη χώρου πηδαλιούχησης αυτοματοποιημένου πλοίου.

1) Οι αποθήκες ανταλλακτικών.
2) Οι αποθήκες ναυκλήρου και χρωμάτων.
3) Οι αποθήκες τροφίμων.

Κάθε αποθήκη έχει εσωτερική διαρρύθμιση ανάλογη με τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται.

Εκτός από τις αποθήκες, στο πλοίο υπάρχουν και διάφορα ερμάρια (ντουλάπια) για την τοποθέτηση του εξοπλισμού των χώρων ενδιαίτησης (σκεύη, τραπεζομάντηλα κ.λπ.).

Οι ψυκτικοί θάλαμοι (για τις ανάγκες του πληρώματος) είναι χωρισμένοι σε επιμέρους διαμερίσματα ανάλογα με τον βαθμό ψύξης που απαιτείται για τη διατήρηση κάθε ομάδας τροφίμων (κρέας, βούτυρο, γάλα, λαχανικά κ.λπ.).

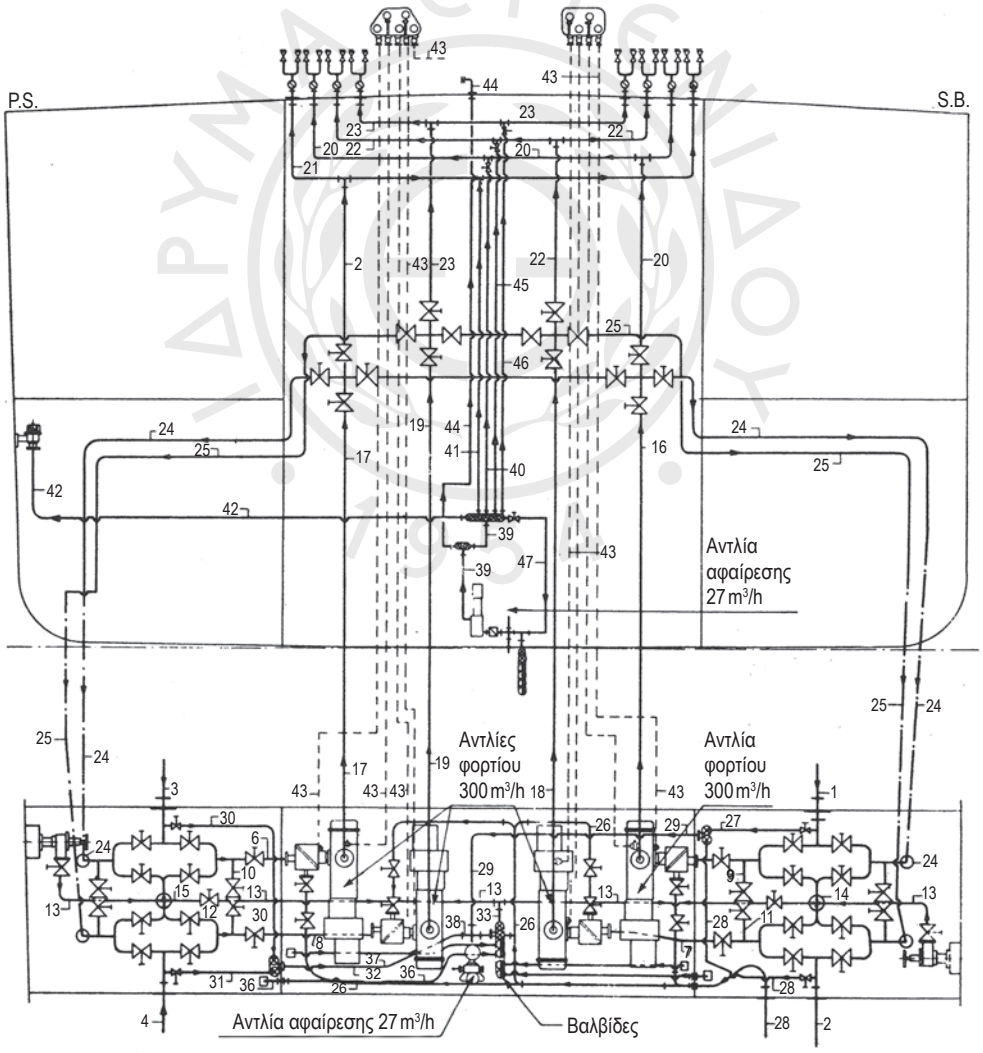
13.9 Αντλιοστάσια δεξαμενοπλοίων

Για την πραγματοποίηση όλων των κινήσεων παραλαβής, παράδοσης και μεταφοράς φορτίου μεταξύ των δεξαμενών ενός Δ/Ξ χρησιμοποιείται το λεγόμενο ***δίκτυο φορτίου***.

Οι αντλίες για την πραγματοποίηση όλων των απαραίτητων κινήσεων είναι εγκαταστημένες σε ειδικό διαμέρισμα του πλοίου, που ονομάζεται ***Αντλιοστάσιο.*** Εκτός από τις αντλίες, στον χώρο αυτό υπάρχουν και όλα τα απαραίτητα επιστόμια για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των δικτύων.

Στα σύγχρονα πετρελαιοφόρα, το αντλιοστάσιο είναι συνήθως ανάμεσα στο μηχανοστάσιο (που βρίσκεται στην πρύμνη) και στις δεξαμενές φορτίου. Με αυτόν τον τρόπο το αντλιοστάσιο αποτελεί στεγανό διαχωριστικό χώρο (cofferdam) μεταξύ μηχανοστασίου και δεξαμενών φορτίου. Επίσης είναι δυνατή η εγκατάσταση του κινητήριου μέρους των αντλιών στο μηχανοστάσιο και του υδραυλικού στο αντλιοστάσιο, για λόγους προστασίας από πυρκαγιά.

Στην περίπτωση εγκατάστασης των αντλιών με αυτόν τον τρόπο, στο σημείο διέλευσης του άξονα των αντλιών μέσω της φρακτής αντλιοστασίου-μηχανοστασίου



χρησιμοποιείται ειδική εγκατάσταση στεγανότητας, ώστε να μην επηρεάζεται ή στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου.

Σε παλαιότερα πετρελαιοφόρα το αντλιοστάσιο είναι τοποθετημένο ανάμεσα στις δεξαμενές φορτίου και έτσι αυτές χωρίζονται σε δύο ομάδες, τις πρωραίες και πρυμναίες. Η διάταξη των σωληνώσεων μέσα στο αντλιοστάσιο ενός τέτοιου πετρελαιοφόρου φαίνεται στο σχήμα 13.9. Εκτός από τις λεπτομέρειες της διάταξης του δικτύου που αναφέρονται στο υπόμνημα, θα πρέπει να σημειωθούν και τα παρακάτω:

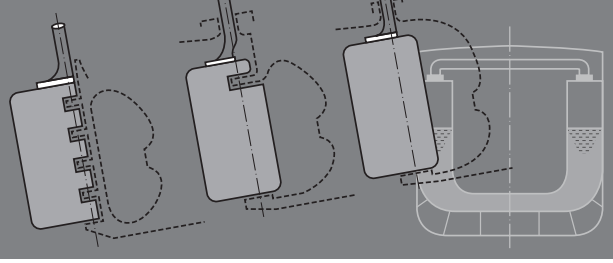
1) Το πλοίο έχει τέσσερεις (4) αντλίες φορτίου με παροχή η καθεμία 300 m^3/h και οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν με ποικίλους τρόπους. Με αυτές πραγματοποιούνται οι παραδόσεις και μεταφορές του φορτίου και ο ερματισμός.

2) Υπάρχει επίσης μια αντλία εξάντλησης (drain-pump) με παροχή 27 m^3/h. Η αντλία αυτή, χρησιμοποιείται για την τελική εξάντληση των δεξαμενών, αφού οι μεγάλες αντλίες, λόγω μεγάλης παροχής, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον λόγο αυτό.

←

Σχ. 13.9

Η διάταξη των σωληνώσεων μέσα στο αντλιοστάσιο παλαιού πετρελαιοφόρου.
1) Πρωραία δεξιά γραμμή φορτίου. 2) Πρυμναία δεξιά γραμμή φορτίου. 3) Πρωραία αριστερή γραμμή φορτίου. 4) Πρυμναία αριστερή γραμμή φορτίου. 5) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο Ι από δεξιά πρωραία πλευρά. 6) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο ΙΙ από αριστερή πρωραία πλευρά. 7) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο ΙΙΙ από δεξιά πρυμναία πλευρά. 8) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο IV από αριστερή πρυμναία πλευρά. 9) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο Ι από δεξιά πρυμναία πλευρά. 10) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο ΙΙ από αριστερή πρυμναία πλευρά. 11) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο ΙΙΙ από δεξιά πρωραία πλευρά. 12) Αναρρόφηση αντλίας φορτίου Νο IV από αριστερή πρωραία πλευρά. 13) Εισαγωγή θάλασσας. 14) Αναρρόφηση αντλιών φορτίου Νο Ι και ΙΙΙ από θάλασσα. 15) Αναρρόφηση αντλιών φορτίου Νο ΙΙ και IV από θάλασσα. 16) Κατάθλιψη Νο Ι αντλίας. 17) Κατάθλιψη Νο ΙΙ αντλίας. 18) Κατάθλιψη Νο ΙΙΙ αντλίας. 19) Κατάθλιψη Νο IV αντλίας. 20) Κατάθλιψη αντλίας Νο Ι στη δεξιά και αριστερή πλευρά καταστρώματος. 21) Κατάθλιψη αντλίας Νο ΙΙ στη δεξιά και αριστερή πλευρά καταστρώματος. 22) Κατάθλιψη αντλίας Νο ΙΙΙ στη δεξιά και αριστερή πλευρά καταστρώματος. 23) Κατάθλιψη αντλίας Νο IV στη δεξιά και αριστερή πλευρά καταστρώματος. 24) Κατάθλιψη αντλιών Ι και ΙΙ στο δίκτυο φορτίου ή τη θάλασσα. 25) Κατάθλιψη αντλιών ΙΙΙ και IV στο δίκτυο φορτίου ή την θάλασσα. 26) Αναρρόφηση αντλιών φορτίου από δίκτυο τελικής εξάντλησης. 27) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από δεξιά πρωραία πλευρά. 28) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από δεξιά πρωραία πλευρά. 29) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από δεξιά πλευρά. 30) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από αριστερή πρωραία πλευρά. 31) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από αριστερή πρυμναία πλευρά. 32) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από αριστερή πλευρά. 33) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από θάλασσα. 34) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από δεξιά πλευρά. 35) Αναρρόφηση αντλίας εκκένωσης από μεσαίο τμήμα δεξιάς πλευράς. 36) Αναρρόφηση αντλίας εξάντλησης αριστερής πλευράς. 37) Αναρρόφηση αντλίας εξάντλησης από μεσαίο τμήμα αριστερής πλευράς. 38) Αναρρόφηση αντλίας εξάντλησης από κιβώτιο διανομής. 39) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης από κιβώτιο διανομής. 39) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης στο κιβώτιο διανομής. 40) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης στο δίκτυο φορτίου. 41) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης στο δίκτυο φορτίου. 42) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης εκτός πλοίου. 43) Σωληνίσκοι θλιβόμετρων. 44) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης στο κατάστρωμα. 45) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης στο δίκτυο φορτίου. 46) Κατάθλιψη αντλίας εξάντλησης στο δίκτυο φορτίου. 47) Κιβώτιο διανομής αντλίας εξάντλησης προς δίκτυο αναρρόφησης.



ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14
Πηδάλια

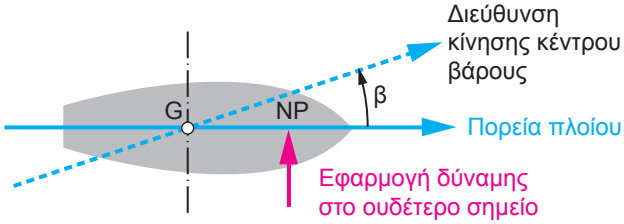
14.1 Γενικά για τη στροφή του πλοίου

Με τον όρο ***ελικτικότητα πλοίου*** εννοούμε την ελεγχόμενη αλλαγή της πορείας και της ταχύτητας του πλοίου. Όταν λέμε ότι ένα πλοίο είναι ***ευέλικτο,*** δεν εννοούμε μόνο ότι μπορεί να αλλάξουμε γρήγορα τη διεύθυνση της κίνησής του (όταν είναι επιθυμητό) αλλά και ότι μπορούμε επίσης να αυξήσουμε ή να ελαττώσουμε σε σύντομο χρόνο την ταχύτητά του.

Όσο επιθυμητό είναι το πλοίο να είναι ευέλικτο, όταν χρειάζεται, άλλο τόσο είναι και να έχει τη δυνατότητα να διατηρεί την πορεία του (χωρίς τη χρησιμοποίηση του πηδαλίου), όταν δεν υπάρχουν εξωτερικά αίτια που τείνουν να το εκτρέψουν από αυτή. Η ιδιότητα αυτή του πλοίου ονομάζεται ***ικανότητα διατήρησης της πορείας.***

Κατά τη θεωρητική μελέτη της στροφής ενός πλοίου, η οποία μελέτη ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου, ως ***ουδέτερο σημείο (neutral point)*** ορίζεται το σημείο εκείνο στο οποίο, όταν επιδράσει μια δύναμη κάθετη προς το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, δεν παρατηρείται αλλαγή της πορείας. Το σημείο αυτό βρίσκεται περίπου σε απόσταση ίση με το $^1/_6$ του μήκους μεταξύ καθέτων πιο πρύμα από την πρωραία κάθετο (σχ. 14.1).

Όπως είναι γνωστό, η ικανότητα στροφής ενός πλοίου εξασφαλίζεται από το πηδάλιο. Η ροπή που δημιουργεί η τοποθέτηση του πηδαλίου σε κάποια γωνία σε σχέση με το διάμηκες, είναι τόσο μεγαλύτερη (για το ίδιο πηδάλιο και την ίδια ταχύτητα κίνησης του πλοίου) όσο πιο πολύ απέχει το πηδάλιο από το ουδέτερο σημείο. Λαμβάνοντας υπόψη τη θέση του ουδέτερου σημείου αντιλαμβανόμαστε εύκολα για ποιο λόγο το πηδάλιο τοποθετείται στην πρύμνη και μάλιστα στον ομόρου της έλικας, όπου και υφίσταται την επίδραση μιας μάζας νερού που έχει ήδη επιταχυνθεί. Αυτό τείνει να κάνει τη δύναμη και επομένως τη ροπή του πηδαλίου μεγαλύτερη, εξασφαλίζοντας έτσι στο πλοίο μεγαλύτερη ευελιξία.



Σχ. 14.1
Θέση ουδέτερου σημείου.
G=Κέντρο βάρους, NP=Ουδέτερο σημείο.

Ας θεωρήσουμε ένα πλοίο που κινείται πάνω σε σταθερή πορεία με σταθερή ταχύτητα. Αν κάποια στιγμή τοποθετήσουμε το πηδάλιο σε κάποια σταθερή γωνία και το κρατήσομε εκεί, το πλοίο θα πραγματοποιήσει έναν ελιγμό ο οποίος ονομαζεται ***κύκλος στροφής.*** Περισσότερες λεπτομέρειες γι' αυτόν τον ελιγμό θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Όταν στη διάρκεια ενός τέτοιου ελιγμού αναπτυχθεί μια κατάσταση σταθερής με τον χρόνο στροφής του πλοίου, εφαρμόζεται σε αυτό (το πλοίο) μια δύναμη με φορέα την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του, που δίνεται από τη σχέση:

$$F = \frac{\Delta V^2}{Rg} \qquad (80)$$

όπου: **F** η δύναμη σε t η οποία εφαρμόζεται με φορέα την ακτίνα της τροχιάς του πλοίου.
Δ το εκτόπισμα του πλοίου σε t.
R η ακτίνα της τροχιάς σε m.
g η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s^2) και
V η ταχύτητα του πλοίου σε m/s.

Παράδειγμα

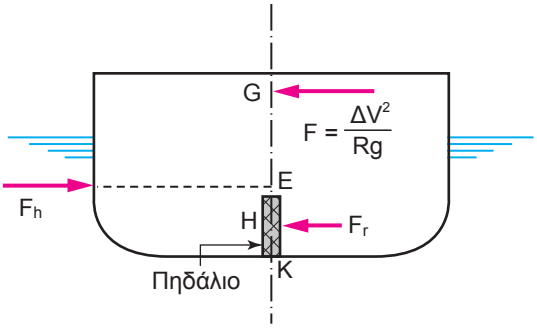
Ένα πλοίο στρέφει σε κυκλική τροχιά ακτίνας 300 m με σταθερή ταχύτητα 12 knots. Το εκτόπισμα του πλοίου είναι 5000 t.

Θα έχουμε: $$V = \frac{12 \text{ μίλια}}{h} \times \frac{1852 \text{ m}}{\text{μίλι}} \times \frac{1}{3600} \frac{h}{s} = 6{,}17 \text{ m/s}$$

Από τη σχέση (80) θα έχουμε:

$$F = \frac{\Delta V^2}{Rg} = \frac{(5000)\,(6{,}17)^2}{(300)(9{,}81)} = 64{,}68 \text{ t}$$

Στο σχήμα 14.2 φαίνεται το σύνολο των δυνάμεων που ενεργούν στο πλοίο κατά τη στροφή. Οι δυνάμεις αυτές, εκτός από τη F που προαναφέρθηκε, είναι η F_r που εφαρμόζεται από το πηδάλιο και η F_h, που είναι η αντίδραση του νερού πάνω στο πλοίο.



G = Κέντρο βάρους πλοίου.
E = Σημείο εφαρμογής υδροδυναμικής δύναμης.
H = Σημείο εφαρμογής δύναμης πηδαλίου.
K = Τρόπιδα.
F_h = Υδροδυναμική δύναμη.
F_r = Δύναμη πηδαλίου.
F = Συνισταμένη δύναμη.

Σχ. 14.2
Δυνάμεις που ενεργούν πάνω στο πλοίο κατά τη στροφή.

Για την ύπαρξη ισορροπίας θα πρέπει:

$$F_h - F_r = F = \frac{\Delta V^2}{Rg} \tag{81}$$

Οι παραπάνω δυνάμεις δημιουργούν μια ροπή που τείνει να προκαλέσει εγκάρσια κλίση στο πλοίο. Η ροπή αυτή δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ροπή} = (F_h - F_r) \times GE - F_r \times EH \tag{82}$$

Για τα περισσότερα πλοία, το σημείο Η είναι πολύ κοντά στο Ε και επομένως η σχέση (82) μπορεί να γραφεί:

$$\text{Ροπή} = (F_h - F_r) \times GE \tag{83}$$

Λόγω αυτής της ροπής το πλοίο θα πάρει μίαν εγκάρσια κλίση φ προς τα έξω της στροφής. Η κλίση αυτή βρίσκεται αν εξισώσουμε την παραπάνω ροπή με τη ροπή επαναφοράς του πλοίου.

Συγκεκριμένα:

$$\Delta \times GM \times \eta\mu\varphi = (F_h - F_r) \times GE$$

ή

$$\eta\mu\varphi = \frac{(F_h - F_r) \times GE}{\Delta \times GM} = \frac{\Delta V^2}{Rg} \times \frac{GE}{\Delta \times GM} = \frac{V^2}{Rg} \times \frac{GE}{GM} \tag{84}$$

Στην αρχή της στροφής, η F_h δεν προλαβαίνει να αναπτυχθεί και γι' αυτό το πλοίο γέρνει προς το εσωτερικό του κύκλου. Προσεγγιστικά το σημείο Ε μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται στο μισό του βυθίσματος.

Παράδειγμα

Να βρεθεί η γωνία εγκάρσιας κλίσης που παίρνει το πλοίο του προηγούμενου παραδείγματος εάν πλέει σε βύθισμα 4 m, το κέντρο βάρους του βρίσκεται 5 m πάνω από την τρόπιδα και το μετακεντρικό του ύψος είναι 1 m. Θα έχουμε:

$$KE = \frac{H}{2} = 2 \text{ m} \quad \text{και} \quad GE = KG - KE = 5 - 2 = 3 \text{ m}$$

$$GM = 1 \text{ m} \quad \text{και} \quad \frac{V^2}{Rg} = \frac{\Delta \dfrac{V^2}{Rg}}{\Delta} = \frac{F}{\Delta} = \frac{64{,}68}{5000}$$

Επομένως από τη σχέση (84) θα έχουμε:

$$\eta\mu\varphi = \frac{V^2}{Rg} \times \frac{GE}{GM} = \frac{64{,}68}{5000} \frac{3}{1} = 0{,}0388$$

και $\varphi \simeq 2{,}22°$.

14.2 Χαρακτηριστικά του πηδαλίου

14.2.1 Μέγεθος επιφάνειας πηδαλίου

Όπως θα δούμε στην παράγραφο 14.3, η δύναμη που δημιουργεί ένα πηδάλιο

είναι ανάλογη προς την επιφάνειά του. Επομένως όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη του πηδαλίου που δημιουργεί τη στροφή και επομένως η ευελιξία του πλοίου.

Γενικά η επιφάνεια του πηδαλίου επιλέγεται με βάση το γινόμενο του μήκους επί το βύθισμα του πλοίου (L × H).

Συνήθεις τιμές είναι:

1) Για φορτηγά πλοία μήκους πάνω από 400 ft:

Επιφάνεια πηδαλίου ≃ 0,02 L × H

2) Για φορτηγά πλοία μήκους κάτω από 400 ft:

Επιφάνεια πηδαλίου ≃ 0,02 L × H ως 0,03 L × H

3) Για ρυμουλκά ανοικτής θάλασσας:

Επιφάνεια πηδαλίου ≃ 0,04 L × H

4) Για ρυμουλκά λιμένα:

Επιφάνεια πηδαλίου ≃ 0,06 L × H έως 0,08 L × H

14.2.3 Μορφή της επιφάνειας του πηδαλίου και στήριξή του στο πλοίο

Η μορφή της επιφάνειας του πηδαλίου εξαρτάται σημαντικά από τη διαμόρφωση της πρύμνης του πλοίου. Ένα πηδάλιο με μεγάλο βάθος και μικρό μήκος αποδίδει καλύτερα από ένα άλλο με μεγάλο μήκος και μικρό βάθος, έστω και αν έχει την ίδια επιφάνεια με το πρώτο. Το μήκος του πηδαλίου μετριέται κατά τη διεύθυνση του διαμήκους επιπέδου συμμετρίας του πλοίου και το βάθος κάθετα προς το μήκος.

Οι πιο συχνά εμφανιζόμενες, από την άποψη στήριξης στο πλοίο, διατάξεις πηδαλίων για μονέλικα και διπλέλικα πλοία φαίνονται στο σχήμα 14.3.

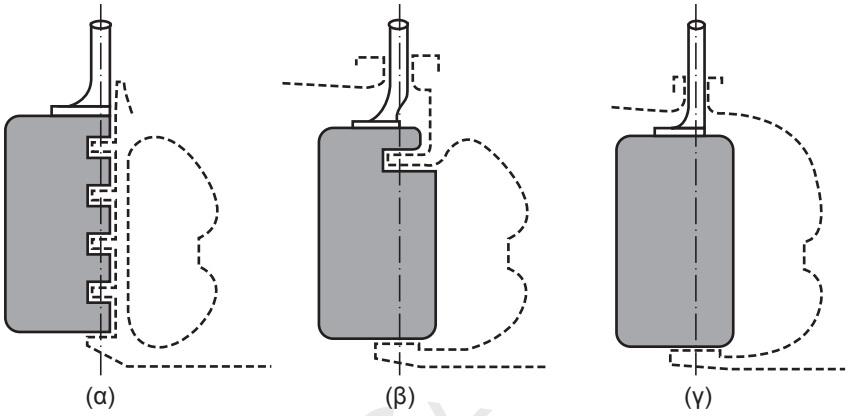
14.2.4 Μορφή της τομής του πηδαλίου

Στα παλαιότερα πλοία η τομή του πηδαλίου (με οριζόντια επίπεδα) είχε ορθογωνική διατομή. Στα πιο σύγχρονα πλοία όμως οι τομές του πηδαλίου (με οριζόντια επίπεδα) έχουν υδροδυναμική μορφή πτέρυγας. Η μορφή αυτή επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλης δύναμης πηδαλίου κάθετα προς το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, χωρίς να αυξάνεται υπερβολικά η δύναμη αντίστασης του πηδαλίου.

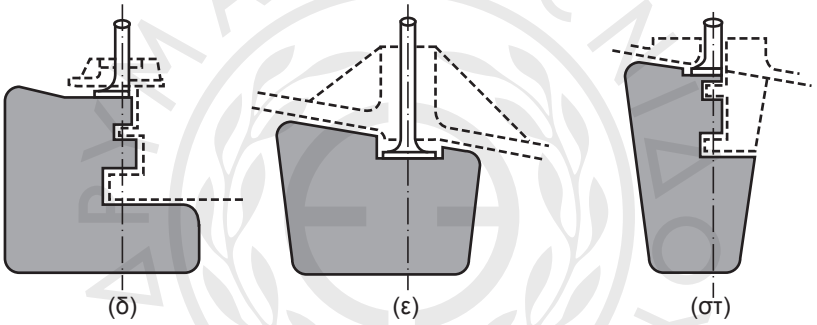
14.2.5 Ζυγοστάθμιση πηδαλίου

Ένα πηδάλιο λέμε ότι είναι ***ζυγοσταθμισμένο***, όταν ένα μέρος της επιφάνειάς του (σε όλο το ύψος) βρίσκεται προς την πρωραία πλευρά του άξονα περιστροφής του (α, β και γ του σχήματος 14.3). Όταν το πηδάλιο έχει τμήμα της επιφάνειας προς την πρωραία πλευρά του άξονα περιστροφής (κατά τμήμα του ύψους μόνο), ονομάζεται ***ημιζυγοσταθμισμένο*** (δ και στ σχήματος 14.3). Όταν τέλος όλη η επιφάνεια του πηδαλίου βρίσκεται προς την πρυμναία πλευρά του άξονα, έχουμε ένα ***μη ζυγοσταθμισμένο*** πηδάλιο (α του σχήματος 14.3).

Ο σκοπός της ζυγοστάθμισης ενός πηδαλίου είναι να πλησιάζει το σημείο εφαρμογής της δύναμής του προς τον άξονα, έτσι ώστε η ροπή που χρειάζεται για την περιστροφή του να είναι μικρότερη.



Πηδάλια μονέλικων πλοίων



Πηδάλια διπλέλικων πλοίων

Σχ. 14.3
Τρόπος στήριξης πηδαλίου.
(α) Μη ζυγοσταθμισμένο πολλαπλής έδρασης. (β) Ζυγοσταθμισμένο διπλής έδρασης. (γ) Ζυγοσταθμισμένο με άνω τριβέα στο σκάφος. (δ) Ημιζυγοσταθμισμένο δύο τριβέων. (ε) Ζυγοσταθμισμένο «κρεμαστό» πηδάλιο. (στ) Ημιζυγοσταθμισμένο με οδηγητικό πτερύγιο.

Ποσοστό ζυγοστάθμισης ονομάζουμε τον λόγο της επιφάνειας του πηδαλίου που βρίσκεται προς την πρωραία πλευρά του άξονά του προς την συνολική του επιφάνεια. Για ζυγοσταθμισμένα πηδάλια το ποσοστό αυτό είναι περίπου 20%.

14.2.6 Θέση του πηδαλίου σε σχέση με το πλοίο

Η συμπεριφορά του πηδαλίου ως προς τη δημιουργία δυνάμεων είναι διαφορετική όταν αυτό είναι τοποθετημένο στην πρύμνη του πλοίου από ό,τι θα ήταν, αν το πηδάλιο βρισκόταν σε ελεύθερο ρεύμα νερού. Στην πραγματικότητα και το ίδιο το σκάφος συντελεί, όπως και το πηδάλιο, στη διαμόρφωση των ελικτικών ιδιοτήτων. Ιδιαίτερη σημασία έχει η τοποθέτηση του πηδαλίου στα απόνερα της έλικας, γιατί οι δημιουργούμενες δυνάμεις είναι μεγαλύτερες και επιπλέον είναι δυνατή η δημιουργία δυνάμεων και όταν το πλοίο δεν κινείται (αλλά στρέφει η έλικα).

14.3 Οι καταπονήσεις του πηδαλίου

Για την εύρεση των καταπονήσεων του πηδαλίου ενός πλοίου είναι απαραίτητη η μελέτη της ροής του νερού γύρω από αυτό. Η μελέτη αυτή πραγματοποιείται σωστά με την εφαρμογή μεθόδων της υδροδυναμικής που ξεφεύγουν από τα όρια αυτού του βιβλίου.

Οι δυνάμεις που εφαρμόζονται στο πηδάλιο μεταβάλλονται όσο μεταβάλλεται η γωνία πηδαλίου. Επομένως για την πλήρη μελέτη των καταπονήσεων θα πρέπει να εξετασθεί η υδροδυναμική συμπεριφορά του πηδαλίου σε διάφορες γωνίες τόσο κατά την κίνηση του πλοίου πρόσω όσο και κατά την κίνηση ανάποδα. Για την προσεγγιστική μελέτη των καταπονήσεων του πηδαλίου ενός πλοίου έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι ημιεμπειρικοί τύποι, οι οποίοι δίνονται συνοπτικά παρακάτω.

14.3.1 Κέντρο πίεσης

Η δράση του πηδαλίου ενός πλοίου έχει ως σκοπό τη δημιουργία μιας δύναμης που δημιουργεί στροφή. Η δύναμη αυτή μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες και συγκεκριμένα μία κάθετη προς την επιφάνεια του πηδαλίου και μία παράλληλη προς αυτήν.

Κέντρο πίεσης ονομάζεται το σημείο εφαρμογής της κάθετης δύναμης που προαναφέραμε.

Ακμή εισόδου ενός πηδαλίου ονομάζεται η κάθετη πλευρά του που δέχεται πρώτη την επίδραση της ροής. Για κίνηση του πλοίου πρόσω η πρωραία κάθετη πλευρά του είναι η ακμή εισόδου.

Μήκος πηδαλίου ονομάζεται η διάστασή του κατά τη διεύθυνση της ροής όταν το πηδάλιο βρίσκεται στη μέση θέση.

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, για την εύρεση του κέντρου πίεσης ενός πηδαλίου ορθογωνικής μορφής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος του Joessel, που έχει τη μορφή:

$$X = (0{,}195 + 0{,}305\ \eta\mu\theta) \times b \qquad (85)$$

όπου: **X** η απόσταση του κέντρου πίεσης από την ακμή εισόδου
b το μήκος του πτερυγίου του πηδαλίου και
θ η γωνία του πηδαλίου.

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιήσουμε και τον τύπο Gawr, που έχει την παρακάτω μορφή:

$$X = a \times b \qquad (86)$$

όπου το **α** είναι συντελεστής που κυμαίνεται μεταξύ 0,31 και 0,35, ανάλογα με τη θέση στην οποία είναι τοποθετημένο το πηδάλιο.

Για πηδάλια που δεν έχουν ορθογωνικό σχήμα, η θέση του κέντρου πίεσης μπορεί να βρεθεί υποδιαιρώντας νοητά το πτερύγιο του πηδαλίου με οριζόντιες ευθείες σε στοιχειώδη ορθογωνικά τμήματα και εφαρμόζοντας για το καθένα από αυτά τη σχέση (85) ή (86).

Τα αποτελέσματα στη συνέχεια θα πρέπει να συνδυασθούν με βάση το θεώρημα των ροπών της Μηχανικής (βλ. και βιβλίο Ε. Ζωγραφάκη «Στοιχεία Ναυπηγίας», σ. 120).

14.3.2 Ροπή στρέψης πηδαλίου

Το μηχάνημα πηδαλίου, για να είναι σε θέση να στρέψει το πηδάλιο, θα πρέπει να μπορεί να εφαρμόσει στον άξονά του ροπή στρέψης μεγαλύτερη από εκείνη που δημιουργείται από την υδροδυναμική δράση.

Αν ονομάσουμε Q την κάθετη δύναμη πάνω στο πηδάλιο και X_1 την απόστασή της από τον άξονα περιστροφής του πηδαλίου, η ροπή στρέψης που δημιουργείται από την υδροδυναμική δράση, μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$T = X_1 \times Q \tag{87}$$

Η κάθετη δύναμη Q (όπως και το X, κατά τον τύπο του Joessel) μεταβάλλεται με τη γωνία του πηδαλίου και μπορεί να εκτιμηθεί από τις παρακάτω σχέσεις:

1) Τύπος Bauer και Bottomley για μονέλικα πλοία.

$$Q = 1{,}834\ AV^2\Theta \tag{88}$$

όπου: **Q** η κάθετη δύναμη σε kp
A η επιφάνεια του πηδαλίου σε m^2
V η ταχύτητα του πλοίου σε m/s και
Θ η γωνία πηδαλίου σε μοίρες.

2) Τύποι Gawn για διπλέλικα πλοία με ένα πηδάλιο προς τα πρύμα κάθε έλικας.

Κίνηση πρόσω: $Q = 2{,}15\ AV^20$ (89)

Κίνηση ανάποδα: $Q = 1{,}95\ AV^20$ (90)

3) Τύπος Gawn για ένα πηδάλιο στο επίπεδο συμμετρίας ενός διπλέλικου πλοίου.

$$Q = 1{,}58\ AV^20 \tag{91}$$

Παράδειγμα

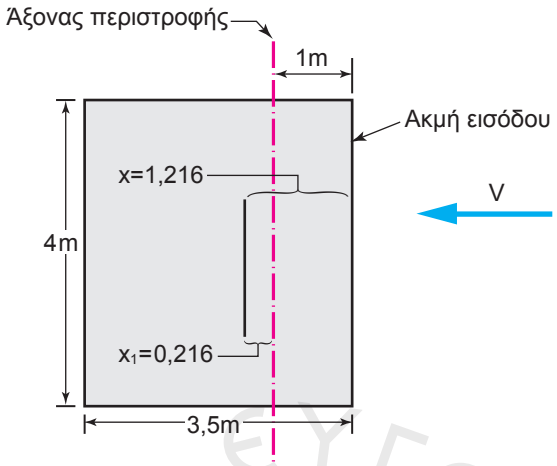
Να βρεθεί η ροπή στρέψης στον άξονα του πηδαλίου ενός μονέλικου πλοίου που κινείται με ταχύτητα 14 knots. Γωνία πηδαλίου 30° (σχ. 14.4).

Παράδειγμα εύρεσης της ροπής στρέψης.

Για 30° γωνία από τη σχέση (85) έχουμε:

$X = (0{,}195 + 0{,}305\eta\mu\theta) \times b = (0{,}195 + 0{,}305 \times 0{,}5) \times 3{,}5 = 0{,}3475 \times 3{,}5 = 1{,}216$

$X_1 = 0{,}216$



Σχ. 14.4

Για $A = 4 \times 3,5 = 14\ m^2$

$$V = 14 \frac{\text{μίλια}}{\text{h}} \times 1852 \frac{\text{m}}{\text{μίλι}} \times \frac{1}{3600} \frac{\text{h}}{\text{s}} = 7,202\ \text{m/s}$$

$Q = 1,834\ AV^2\theta = (1,834)\ (14)\ (7.202)^2\ (30) = 39.953\ \text{kp}$

Από τη σχέση (87) θα έχουμε:

$T = X_1 \times Q = (0,216)\ (39.953) = 8630\ \text{kp-m}.$

14.3.3 Ροπή κάμψης

Για τον υπολογισμό των διαστάσεων του άξονα του πηδαλίου, ώστε να είναι κατασκευαστικά επαρκής, χρειάζεται να ληφθεί υπόψη εκτός από τη ροπή στρέψης και η ροπή κάμψης. Με όλες τις άλλες παραμέτρους σταθερές, η ροπή κάμψης εξαρτάται σημαντικά από τον τρόπο εδράσης του πηδαλίου. Παραδείγματος χάρη ενώ στην περίπτωση (α) του σχήματος 14.3, η ροπή κάμψης που καταπονεί τον άξονα είναι ασήμαντη, στην περίπτωση (ε) του ίδιου σχήματος είναι πολύ σημαντική.

Η ροπή κάμψης εξαρτάται από το μέγεθος τόσο της κάθετης όσο και της εφαπτομενικής συνιστώσας της δύναμης του πηδαλίου και από το σημείο εφαρμογής τους κατά την κατακόρυφη έννοια και μπορεί να υπολογισθεί με στοιχειώδεις μεθόδους της μηχανικής.

Ο άξονας του πηδαλίου μπορεί να υπολογισθεί με γνωστές μεθόδους της αντοχής υλικών για περιπτώσεις ***σύνθετης καταπόνησης*** (συνδυασμός στρέψης και κάμψης).

14.4 Απαιτήσεις Νηογνωμόνων

Για τα εμπορικά πλοία οι κανονισμοί των Νηογνωμόνων περιέχουν ημιεμπειρι-

κούς τύπους με τους οποίους μπορεί να υπολογισθεί η διάμετρος του άξονα του πηδαλίου. Οι παραπάνω τύποι έχουν μορφή τέτοια, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι καταπονήσεις που προαναφέραμε. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι:

1) Η θέση του πηδαλίου σε σχέση με την έλικα.
2) Η ταχύτητα του πλοίου.
3) Η επιφάνεια του πηδαλίου.
4) Η μορφή του πηδαλίου.
5) Η θέση του κέντρου πίεσης.
6) Η γενικότερη γεωμετρία του πηδαλίου.
7) Ο τρόπος στήριξης του πηδαλίου στο πλοίο.

Οι σχετικοί υπολογισμοί γίνονται για κίνηση του πλοίου πρόσω και ανάποδα. Όταν δεν υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για χρησιμοποίηση του πλοίου ανάποδα, ως ταχύτητα υπολογισμών (στο ανάποδα) πρέπει να λαμβάνεται το μισό της μέγιστης ταχύτητας πρόσω.

14.5 Κατασκευαστική μορφή πηδαλίου

Ανάλογα με την κατασκευή τους, τα πηδάλια μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες:

1) Πηδάλια απλού ελάσματος (Single Plate).
2) Πηδάλια διπλού ελάσματος (Double Plate).

Τα πηδάλια της πρώτης κατηγορίας σχηματίζονται από ένα επίπεδο έλασμα με αρκετό πάχος, το οποίο είναι ενισχυμένο εξωτερικά με οριζόντιους βραχίονες. Τέτοια πηδάλια συναντούμε συνήθως σε παλιότερα πλοία.

Τα πηδάλια της δεύτερης κατηγορίας αποτελούνται από εσωτερικές ενισχύσεις που επενδύονται εξωτερικά με έλασμα. Τα πηδάλια αυτής της κατηγορίας έχουν υδροδυναμική μορφή (σχ. 14.5).

Κατά τη σχεδίαση του πηδαλίου πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και η δυνατότητα εξάρμωσής του στη δεξαμενή.

14.6 Ειδικοί τύποι πηδαλίων

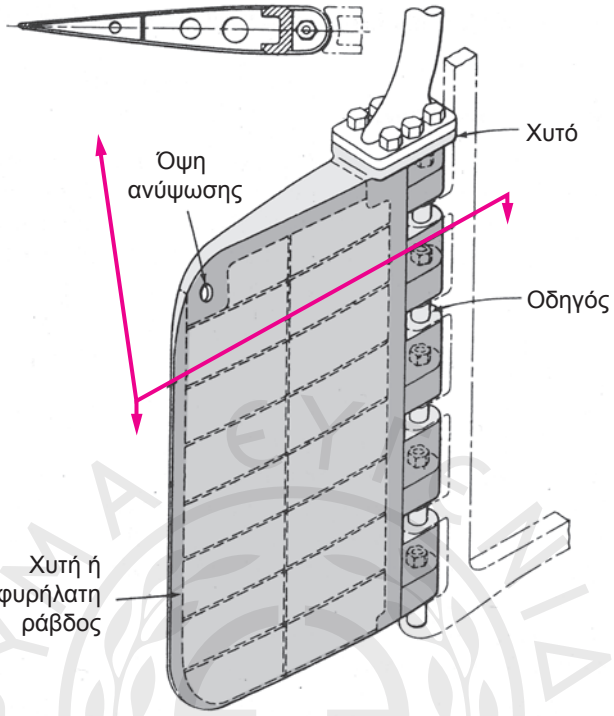
Τα κοινά πηδάλια των πλοίων έχουν πολύ μικρή αποδοτικότητα σε χαμηλή ταχύτητα του πλοίου. Ιδίως όταν δεν είναι τοποθετημένα στα απόνερα της έλικας. Για τη βελτίωση αυτής της κατάστασης έχουν αναπτυχθεί μερικοί ειδικοί τύποι ελικτικών συστημάτων που μπορούν να καταταγούν στις παρακάτω κατηγορίες:

1) ***Έλικες κατακόρυφης περιστροφής***, όπως οι έλικες Kirsten - Boeing και Voith Schneider, των οποίων ο τρόπος δράσης έχει επεξηγηθεί στην παράγραφο 6.8.

2) ***Έλικες με περιστρεφόμενο δακτύλιο*** (Rotating kort nozzle), που συνήθως χρησιμοποιούνται στα ρυμουλκά (βλ. παραγρ. 6.11).

3) ***Πηδάλια με βοηθητικό ενεργό*** πτερύγιο στο πρυμναίο μέρος τους. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το πηδάλιο Flettner.

4) ***Συνδυασμοί ελίκων και καμπύλων ελασμάτων***, που μπορούν να τοποθε-



Σχ. 14.5
Πηδάλιο υδροδυναμικής μορφής.

τηθούν σε διάφορες θέσεις γύρω από αυτά (πηδάλια Kitchen και Tutin).

Εκτός από τις έλικες κατακόρυφης περιστροφής και τις έλικες με περιστρεφόμενο δακτύλιο, που έχουν κάποια εφαρμογή κυρίως στα ρυμουλκά, όλοι οι άλλοι συνδυασμοί είναι πολύ σπάνιοι στα πλοία.

Για την υποβοήθηση των χειρισμών σε μικρές ταχύτητες και σε περιορισμένους χώρους, όταν απαιτούνται συχνά τέτοιοι χειρισμοί, όπως στα επιβατικά, χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι ***πρωραίοι ωθητήρες.*** Τα συστήματα αυτά είναι έλικες που μπορούν να δημιουργήσουν ωθήσεις της πλώρης προς τις πλευρές. Διακρίνουμε δύο τέτοια συστήματα:

1) Τον πρωραίο ωθητήρα σήραγγας.

2) Τον πρωραίο ωθητήρα με ανασυρόμενη έλικα.

Ο πρώτος τύπος, που είναι και ο πιο συνηθισμένος, περιλαμβάνει μία μικρή έλικα με τον άξονά της κατά το εγκάρσιο του πλοίου. Η έλικα μπορεί να στρέφει μέσα σε μια επίσης εγκάρσια σήραγγα της πλώρης με τη βοήθεια ηλεκτρικού κινητήρα, δημιουργώντας έτσι πλευρική ώση.

Ο δεύτερος τύπος περιλαμβάνει μια έλικα πλώρης την οποία μπορούμε να την κατεβάζουμε ή να την ανασύρουμε και η οποία στρέφει με τη βοήθεια ηλεκτρικού κινητήρα. Η διεύθυνση του άξονα της έλικας μπορεί να μεταβληθεί κατά 360°, δίνο-

ντας έτσι τη δυνατότητα δημιουργίας ώσης προς οποιαδήποτε διεύθυνση. Οι έλικες αυτές είναι πιο σπάνιες γιατί έχουν το μειονέκτημα στη φάση της χρησιμοποίησής τους να εξέχουν κάτω από τα πλοία.

Στα ρυμουλκά που έχουν σταθερό δακτύλιο Kort και πηδάλιο πίσω από αυτόν, υπάρχει πολύ σοβαρό πρόβλημα χειρισμού στο ανάποδα (σε κίνηση του πλοίου ανάποδα) γιατί τα πηδάλια λόγω της παρουσίας δακτυλίου έχουν μηδενική σχεδόν αποδοτικότητα. Στις περιπτώσεις αυτές είναι συνηθισμένο να έχουμε προς την πρωραία πλευρά του δακτυλίου ξεχωριστό πηδάλιο, το οποίο χρησιμοποιείται όταν το ρυμουλκό κινείται ανάποδα (Flanking rudders).

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

15.1 Τύπος αγκυρών

Από τους διάφορους τύπους αγκυρών που υπάρχουν, οι πιο συνηθισμένοι είναι:

1) Η άγκυρα χωρίς στύπο (Stockless)

Η άγκυρα αυτού του τύπου [σχ.15.1(α)] είναι κατασκευασμένη από χυτοχάλυβα ή σφυρήλατο χάλυβα και είναι πλέον χρησιμοποιούμενη. Το κομμάτι με τους όνυχες μπορεί να περιστρέφει γύρω από τη ράβδο σε γωνία 45° προς κάθε πλευρά με μια ειδική χαλαρή σύνδεση. Η άγκυρα αυτού του τύπου έχει καλή τιμή του λόγου δύναμη συγκράτησης/βάρος άγκυρας (ένδειξη αποδοτικότητας μιας άγκυρας) *και* ***μασχαλίζει*** εύκολα στο πλοίο. Μία παραλλαγή αυτής της άγκυρας για πολεμικά πλοία διαφέρει μόνο στη μορφή των ονύχων.

2) Η άγκυρα με στύπο (Stock anchor)

Οι άγκυρες αυτές [σχ. 15.1(β)] είναι παλαιού τύπου και φέρουν στο επάνω μέρος τους μία ράβδο (στύπος) που συντελεί στην καλύτερη αγκίστρωσή τους όταν έχουν τάση να συρθούν στο βυθό. Λόγω του σχήματός της η άγκυρα αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες για να ανασυρθεί στο πλοίο (δεν μπορεί να μασχαλίσει). Για τον λόγο αυτό οι άγκυρες αυτού του τύπου έχουν εγκαταλειφθεί, παρά το γεγονός ότι έχουν πολύ καλή αναλογία δύναμης συγκράτησης προς βάρος.

3) Ελαφριά άγκυρα ή τύπου Danforth [σχ. 15.1(γ)].

Η ράβδος του προηγούμενου τύπου όταν μεταφερθεί στο κατώτερο μέρος της άγκυρας (τύπος Danforth) επιτρέπει το ***μασχάλισμα*** της άγκυρας. Κατά τα λοιπά η άγκυρα τύπου Danforth μοιάζει με την άγκυρα χωρίς στύπο (με γωνία περιστροφής των ονύχων 30° αντί για 45°). Η άγκυρα Danforth αγκυρώνει εύκολα και έχει μεγαλύτερη αναλογία δύναμης συγκράτησης προς βάρος από ό,τι η άγκυρα χωρίς στύπο.

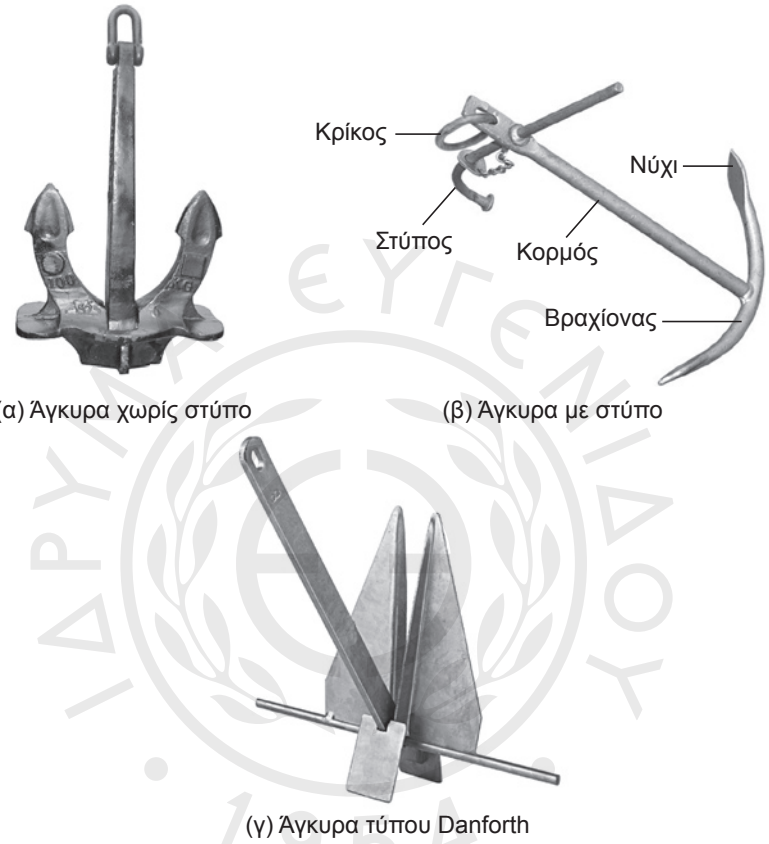
Υπάρχουν και άλλοι τύποι αγκυρών που χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις, όπως οι άγκυρες για αγκυροβολία σε πολύ βαθιά νερά.

Οι κανονισμοί των νηογνωμόνων επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση αλυσίδας από υλικό:

1) Συνηθισμένης αντοχής.
2) Υψηλής αντοχής.
3) Εξαιρετικά υψηλής αντοχής.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης αλυσίδας υψηλής αντοχής ή εξαιρετικά υψη-

λής αντοχής, οι κανονισμοί επιτρέπουν αντίστοιχες μειώσεις του μεγέθους τους. Το μέγεθος του κρίκου μιας αλυσίδας χαρακτηρίζεται από τη διάμετρο της σιδερένιας κυκλικής ράβδου από την οποία είναι κατασκευασμένος. Όλες οι άλλες διαστάσεις του κρίκου καθορίζονται με βάση την παραπάνω διάμετρο.



(α) Άγκυρα χωρίς στύπο

(β) Άγκυρα με στύπο

(γ) Άγκυρα τύπου Danforth

Σχ. 15.1
Τύποι αγκύρων.

15.2 Μέγεθος άγκυρας και αλυσίδας

Κάθε πλοίο είναι εξοπλισμένο με δύο άγκυρες οι οποίες φέρουν αντίστοιχες αλυσίδες. Κάθε μία από τις άγκυρες είναι υπολογισμένη να μπορεί να ***κράτησει*** το πλοίο. Για πλοία που θα αγκυροβολούν σε μη προστατευμένες περιοχές με σχετικά μεγάλα βάθη, θεωρούμε ότι για τη σχεδίαση του συστήματος αγκυροβολίας επενεργεί πάνω στο πλοίο ταυτόχρονα άνεμος με ταχύτητα 70 knots και ρεύμα με ταχύτητα 4 knots.

Για να εξασφαλίζεται η δημιουργία της απαραίτητης δύναμης συγκράτησης του πλοίου από την άγκυρα, η αλυσίδα στον βυθό θα πρέπει να καταλήγει στην άγκυρα ***οριζόντια.*** Δηλαδή η αλυσίδα θα πρέπει να έχει το σχήμα μιας ***αλυσοειδούς***

καμπύλης, που αρχίζει από το πλοίο και καταλήγει οριζόντια στην άγκυρα (στον βυθό). Λόγω αυτής της ανάγκης οι αλυσίδες εκλέγονται συνήθως βαρύτερες από ό,τι άπαιτείται για την αντοχή τους.

Το βάρος της άγκυρας και το μέγεθος της αλυσίδας μπορεί να βρεθεί είτε με υπολογισμούς είτε με την εφαρμογή των κανονισμών των Νηογνωμόνων.

15.2.1 Εύρεση βάρους άγκυρας και μεγέθους αλυσίδας με υπολογισμό

Η απαραίτητη δύναμη συγκράτησης που πρέπει να δημιουργεί η άγκυρα, μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$H = Z \times R \qquad (92)$$

όπου: **H** είναι η δύναμη συγκράτησης σε lb
R η δύναμη (σε λίβρες) που εφαρμόζεται πάνω στο πλοίο από ρεύμα 4 κόμβων και άνεμο 70 knots και
Z συντελεστής, που για εμπορικά πλοία έχει την τιμή 1,75 ως 2,0.
Η δύναμη **R** βρίσκεται από τη σχέση:

$$R = F_w + F_s + F_p \qquad (93)$$

όπου: $\mathbf{F_w}$ η δύναμη του άνεμου σε lb
$\mathbf{F_s}$ η δύναμη τριβής του νερού πάνω στο πλοίο (λίβρες) και
$\mathbf{F_p}$ η δύναμη του νερού πάνω στην έλικα του πλοίου (λίβρες)
Οι δυνάμεις F_w, F_s και F_p μπορούν να βρεθούν από τις σχέσεις:

$$F_w = 0{,}004\ (A)\ (V)^2 \qquad (94)$$

$$F_s = (f)\ (S)\ (V_w)^{1{,}825} \qquad (95)$$

και

$$F_p = 3{,}17 V^2_w (A_p) \qquad (96)$$

Στις παραπάνω σχέσεις:
A η εγκάρσια προβαλλόμενη επιφάνεια των εξάλων του πλοίου σε ft^2
V η ταχύτητα του ανέμου σε knots
f συντελεστής με μέση τιμή 0,009
S η βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου σε ft^2
$\mathbf{V_w}$ η ταχύτητα του ρεύματος σε knots
$\mathbf{A_p}$ η προβαλλόμενη επιφάνεια της έλικας σε ft^2
Η βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου μπορεί να βρεθεί από τη σχέση του Tailor, που έχει τη μορφή:

$$S = 15{,}5 \sqrt{\Delta \times L} \qquad (97)$$

όπου: **Δ** το εκτόπισμα σε αγγλικούς t (long tons) και
L το μήκος του πλοίου σε ft

Το βάρος της άγκυρας βρίσκεται από τη σχέση:

$$W = \frac{ZR}{H/W} \qquad (98)$$

όπου: **H/W** ο λόγος δύναμη συγκράτησης προς βάρος άγκυρας με συνηθισμένες τιμές.

Άγκυρες χωρίς στύπο	4,7
Άγκυρες τύπου Danforth	16 ως 21

Για την εύρεση του μεγέθους και του μήκους της αλυσίδας, χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους:

Βρίσκουμε πρώτα την παράμετρο της αλυσοειδούς (A_c) από τον τύπο:

$$A_c = \frac{(180)^2}{2y} - \frac{y}{2} \qquad (99)$$

όπου: **y** το βάθος αγκυροβολιάς + απόσταση μεταξύ επιφάνειας θάλασσας και στορέα (όκι) της άγκυρας σε οργιές.

Το βάρος ανά οργιά της αλυσίδας W_c (σε lb/οργιά) βρίσκεται από τη σχέση:

$$W_c = \frac{H}{0{,}87\ A_c} \qquad (100)$$

Το μήκος της αλυσίδας S_c σε οργιές βρίσκεται από τη σχέση:

$$S_c = \left(\frac{2yH}{0{,}87\ W_c} + y^2 \right)^{1/2} \qquad (101)$$

Από το βάρος της αλυσίδας ανά οργιά βρίσκεται στη συνέχεια, από πίνακες, η διάμετρος του κρίκου της.

Παράδειγμα 1

Ένα πλοίο έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1) Προβαλλόμενη εγκάρσια επιφάνεια εξάλων	3130 ft^2
2) Προβαλλόμενη επιφάνεια έλικας	35,32 ft^2
3) Εκτόπισμα	20.000 t
4) Μήκος	430 ft

Να βρεθεί το βάρος άγκυρας χωρίς στύπο που είναι κατάλληλη για το πλοίο.

Από την σχέση (97) η βρεχόμενη επιφάνεια του πλοίου θα είναι:

$$S = 15{,}5\ \sqrt{\Delta \times L}\ = 15{,}5\ \sqrt{(20.000)(430)}\ = 45.455\ ft^2$$

Από τη σχέση (94) θα έχουμε: $F_w = (0{,}004)\ (3230)\ (70)^2 = 63.308$ lbs

Από τη σχέση (95) θα έχουμε: $F_s = (0{,}009)\ (45.455)\ (4)^{1{,}825} = 5134$ lbs

Από τη σχέση (96) θα έχουμε: $F_p = (3{,}17)\ (4)^2\ (35{,}32) = 1791$ lbs

Από τη σχέση (93) θα έχουμε:

$$R = F_w + F_s + F_p = 63.308 + 5134 + 1791 = 70.233 \text{ lbs}$$

Από τη σχέση (98) το βάρος της άγκυρας (για H/W = 4,7) θα είναι:

$$W = \frac{ZR}{H/W} = \frac{(2,0)\ (70.233)}{4,7} = 29.886 \text{ lbs}$$

Παράδειγμα 2

Για την άγκυρα του προηγούμενου παραδείγματος, να βρεθούν τα στοιχεία της απαραίτητης αλυσίδας, ώστε η άγκυρα να έχει οριζόντια θέση για τις ακόλουθες συνθήκες:

1) Βάθος αγκυροβολίας 60 m.

2) Κατακόρυφη απόσταση από στορέα άγκυρας μέχρι επιφάνεια νερού 10 m.

Θα έχουμε: $y = 60 + 10 = 70$ m ή 38,28 οργιές

Από τη σχέση (99) η παράμετρος της αλυσοειδούς θα είναι:

$$A_c = \frac{(180)^2}{2y} - \frac{y}{2} = \frac{(180)^2}{(2)\ (38,28)} - \frac{38,28}{2} = 404$$

Από την (100) το βάρος της αλυσίδας ανά οργιά είναι:

$$W_c = \frac{H}{0,87\ A_c} = \frac{ZR}{0,87A_c} = \frac{(2)\ (70.233)}{(0,87)\ (404)} = 399,6 \frac{\text{λίβρες}}{\text{οργιά}}$$

Από την (101) το απαραίτητο μήκος αλυσίδας θα είναι:

$$S_c = \left(\frac{2yH}{0,87\ W_c} + y^2 \right)^{1/2} = \left[\frac{2(38,3)(29.886)(4,7)}{(0,87)(404)} + (38,3)^2 \right]^{1/2} =$$

$$= (32.079)^{1/2} = 179 \text{ οργιές } (327,5 \text{ m})$$

15.2.2 Απαιτήσεις Νηογνωμόνων σχετικά με τα συστήματα πρόσδεσης και αγκυροβολίας

Οι κανονισμοί των Νηογνωμόνων καθορίζουν τις λεπτομέρειες που έχουν σχέση με τις άγκυρες, τα σχοινιά και τα συρματόσχοινα που απαιτούνται για την αγκυροβολία και την πρόσδεση των εμπορικών πλοίων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των παραπάνω συστημάτων καθορίζονται με βάση έναν αριθμό, ο οποίος ονομάζεται ***αριθμός κριτηρίου εξοπλισμού*** (Equipment number). Ο ορισμός αυτού του αριθμού είναι πανομοιότυπος μεταξύ των διάφορων Νηογνωμόνων και σύμφωνα με τους κανονισμούς του Lloyds Register of Shipping, έχει τη παρακάτω μορφή στο μετρικό σύστημα μονάδων:

$$\text{Αριθμός κριτηρίου} = \Delta^{2/3} + 2Bh + \frac{A}{10} \qquad (102)$$

όπου: **Δ** το εκτόπισμα σε ΜΤ

B το μέγιστο πλάτος σε m

h το εφεδρικό ύψος στο μέσο του πλοίου, προσαυξημένο με το ύψος κάθε υπερστεγάσματος που έχει πλάτος μεγαλύτερο από B/4.

A Προβαλλόμενη επιφάνεια του πλοίου πάνω από την ίσαλο θέρους και των υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων που έχουν πλάτος πάνω από B/4, σε m^2

Όταν το Δ είναι σε αγγλικούς t τα B και h σε ft και το A σε ft^2 η σχέση (102) παίρνει τη μορφή:

$$\text{Αριθμός κριτηρίου} = 1{,}012\,\Delta^{2/3} + \frac{Bh}{5{,}382} + \frac{A}{107{,}64} \qquad (103)$$

Με τον αριθμό αυτό γνωστό βρίσκουμε από πίνακες των κανονισμών του Lloyds Register of Shipping:

1) Τον αριθμό των αγκυρών.

2) Το βάρος των αγκυρών (χωρίς στύπο).

3) Το μήκος και τη διάμετρο κρίκου αλυσίδας με διάδετους κρίκους.

4) Στοιχεία για το καλώδιο ρυμούλκησης και τους κάβους πρόσδεσης του πλοίου.

Οι κανονισμοί προβλέπουν επίσης ότι άγκυρες που θα γίνουν δεκτές από το Νηογνώμονα ως αυξημένης δύναμης συγκράτησης, μπορούν να έχουν βάρος ίσο με το 75% της τιμής που προβλέπουν οι πίνακες.

Παράδειγμα

Ένα πλοίο έχει: Εκτόπισμα = 20.000 MT
Πλάτος = 20 m
h = 5 m
A = 600 m^2

Από την σχέση (102) έχουμε:

$$\text{Αριθμός κριτηρίου} = \Delta^{2/3} + 2Bh + \frac{A}{10} =$$

$$= (20.000)^{2/3} + 2\,(20)\,(5) + \frac{600}{10} = 737 + 200 + 60 = 997$$

Από τους πίνακες του Lloyds με τον παραπάνω αριθμό βρίσκουμε ότι το πλοίο πρέπει να εξοπλισθεί με:

1) Τρεις (3) άγκυρες χωρίς στύπο.

2) Το βάρος της κάθε άγκυρας θα είναι 3300 kg (η μία είναι εφεδρική).

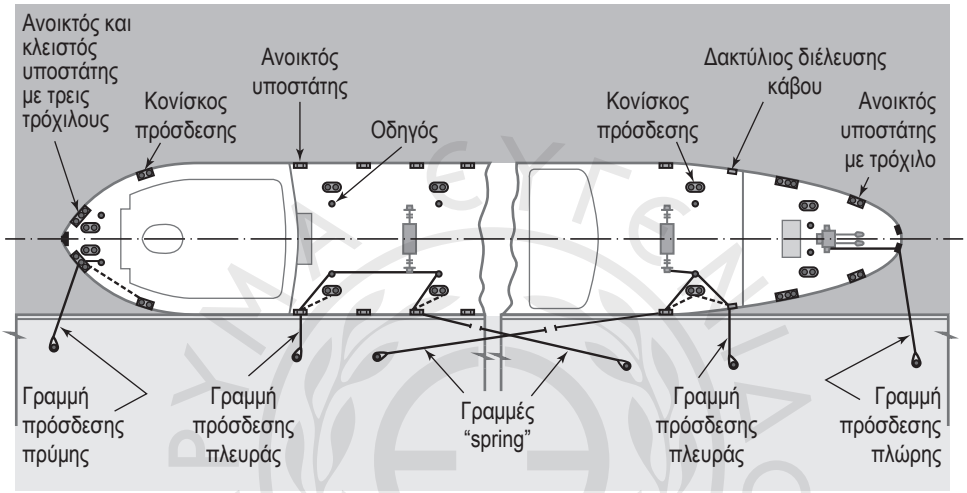
3) Μήκος αλυσίδας σε κάθε άγκυρα 495 m. Αν η αλυσίδα είναι από μαλακό χάλυβα, η διάμετρος του κρίκου θα πρέπει να είναι 58 mm του μέτρου.

4) Ένα καλώδιο ρυμούλκησης, με μήκος 200 m και ελάχιστο φορτίο θραύσης 66000 kp.

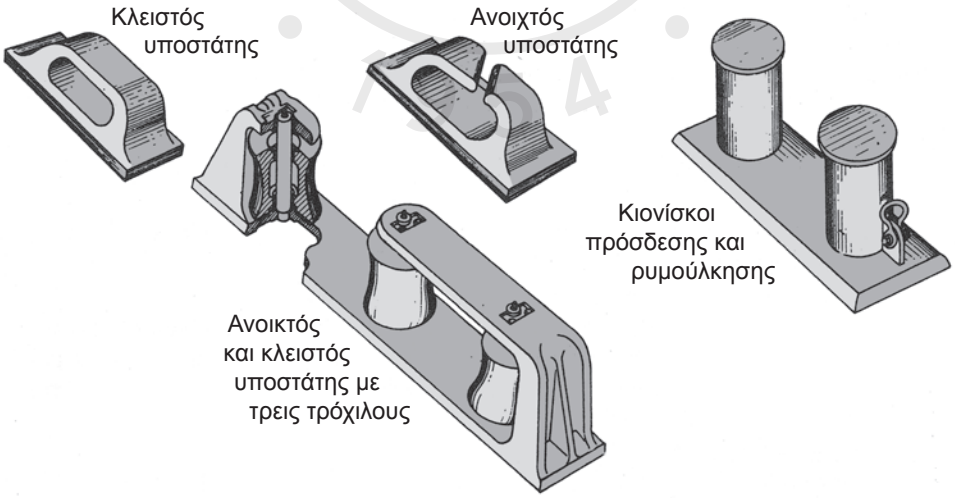
5) Τέσσερεις κάβους πρόσδεσης, με μήκος ο καθένας 180 m και ελάχιστο φορτίο θραύσης 17.000 kp.

15.3 Διάταξη εξοπλισμού πρόσδεσης του πλοίου

Οι λεπτομέρειες πρόσδεσης ενός πλοίου στην ξηρά περιέχονται στα βιβλία Ναυτικής τέχνης. Μια τυπική διάταξη των μόνιμα εγκατεστημένων στοιχείων του εξοπλισμού του πλοίου, που χρησιμοποιούνται για την πρόσδεσή του, φαίνεται στο σχήμα 15.2. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των ανοικτών και κλειστών υποστατών, των υποστατών με τροχίλους και των κιονίσκων πρόσδεσης φαίνονται στο σχήμα 15.3.



Σχ. 15.2
Τυπική διάταξη μέσων πρόσδεσης πλοίου.



Σχ. 15.3
Κατασκευαστικές λεπτομέρειες υποστατών και κιονίσκων πρόσδεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

Συστήματα φορτοεκφόρτωσης

16.1 Γενικά

Οι λεπτομέρειες των διάφορων μέσων του πλοίου και της ξηράς και οι μέθοδοι και οι διαδικασίες που εφαρμόζονται στην φορτοεκφόρτωση του πλοίου περιγράφονται με λεπτομέρειες στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν μόνο τα στοιχεία εκείνα που είναι απαραίτητα για την κατανόηση των βασικών λειτουργιών που σχετίζονται με τη ζωτική δραστηριότητα της φορτοεκφόρτωσης του πλοίου.

Η ποικιλία των φορτίων που μεταφέρονται από λιμάνι σε λιμάνι, είχε ως αποτέλεσμα η πλειονότητα των πλοίων στο παρελθόν να είναι του τύπου ***γενικού ξηρού φορτίου.*** Τα τελευταία όμως χρόνια, επειδή αυξήθηκε σημαντικά η διακίνηση ορισμένων φορτίων, έχουν κατασκευασθεί πλοία που προορίζονται για τη μεταφορά ενός συγκεκριμένου φορτίου. Όπως έχουμε δει σε προηγούμενα κεφάλαια, τέτοια πλοία είναι τα Δ/Ξ, τα πλοία μεταφοράς χημικών, τα πλοία μεταφοράς άνθρακα, μεταλλευμάτων και σιτηρών, τα πλοία μεταφοράς Ε/Κ, τα Ro-Ro, τα φορτηγιδοφόρα κ.ά.

Τα συστήματα φορτοεκφόρτωσης των πλοίων ειδικού προορισμού είναι τελείως εξειδικευμένα και αποτελούν, μαζί με ορισμένες σχεδιαστικές ιδιομορφίες, τους κυριότερους παράγοντες που προσδιορίζουν την κατασκευή των πλοίων.

16.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή των μέσων φορτοεκφόρτωσης

Αν και αλληλένδετοι, οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη σχεδίαση και την εκλογή των μέσων φορτοεκφόρτωσης ενός πλοίου, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες:

1) Στους οικονομικούς παράγοντες και

2) στους παράγοντες που αναφέρονται στον χρόνο παραμονής του πλοίου στο λιμάνι.

16.2.1 Οικονομικοί παράγοντες

1) Καλύτερη διάταξη των ανοιγμάτων των κυτών και χρησιμοποίηση περισσότερων και πιο ισχυρών βαρούλκων και πιο αποδοτικού εξαρτισμού (συρματόσχοινα, τροχαλίες κ.λπ.).

2) Εξαφάνιση στον μέγιστο δυνατό βαθμό, από τα κύτη και την περιοχή των ανοι-

γμάτων τους, όλων εκείνων των στοιχείων της κατασκευής που θα αποτελούσαν εμπόδιο στην εύκολη διακίνηση του φορτίου.

3) Εγκατάσταση του μηχανοστασίου στην πρύμνη, με σκοπό την πιο αποδοτική εγκατάσταση των μέσων φορτοεκφόρτωσης.

Φυσικά η καλή συνεργασία των ανυψωτικών μέσων (ή άλλων μέσων φορτοεκφόρτωσης) του πλοίου και εκείνων παράδοσης ή παραλαβής του φορτίου από την ξηρά, αποτελεί βασική προϋπόθεση καλής σχεδίασης των σχετικών συστημάτων.

16.2.2 Χρόνος παραμονής του πλοίου στο λιμάνι

Όταν αναλογισθεί κάποιος πόσες προσπάθειες και έξοδα έχουν γίνει για να αυξηθεί η ταχύτητα των πλοίων, με στόχο τη βελτίωση της οικονομικής τους απόδοσης, αντιλαμβάνεται εύκολα τη σημασία της συντόμευσης του χρόνου παραμονής του πλοίου στο λιμάνι. Η παραπάνω συντόμευση έχει αποκτήσει, λόγω της ενεργειακής κρίσης σήμερα, μεγαλύτερη σημασία, γιατί η αύξηση της ταχύτητας του πλοίου, κατά κανόνα, συνεπάγεται σημαντική αύξηση της κατανάλωσης, ενώ η ελάττωση του χρόνου παραμονής του πλοίου στο λιμάνι μπορεί γενικά να επιτευχθεί με σημαντικά χαμηλότερες οικονομικές επιπτώσεις.

Βασικοί παράγοντες που μπορούν σημαντικά να επηρεάσουν τον χρόνο παραμονής του πλοίου στο λιμάνι (για φορτοεκφόρτωση) είναι:

1) Η ταχύτητα ενεργοποίησης των μέσων φορτοεκφόρτωσης.

2) Το μέγεθος των κυτών και των ανοιγμάτων τους.

3) Ο τρόπος κλεισίματος των ανοιγμάτων.

4) Οι δυνατότητες διευθέτησης του φορτίου μέσα στο κύτος (από ομάδα ανθρώπων ή με μηχανικά μέσα).

5) Το μέγεθος της ομάδας των ανθρώπων που απασχολούνται σε κάθε κύτος.

16.3 Μέθοδοι φορτοεκφόρτωσης

Οι μέθοδοι φορτοεκφόρτωσης σχετίζονται άμεσα με τον τύπο του φορτίου. Για τον λόγο αυτό παρακάτω θα απαριθμήσουμε αυτές τις μεθόδους κατά κατηγορία πλοίων.

16.3.1 Για δεξαμενόπλοια

Τα προϊόντα που μεταφέρουν τα Δ/Ξ χαρακτηρίζονται από το American Bureau of Shipping ως ***προϊόντα πετρελαίου*** και έχουν ειδικό βάρος μέχρι 1,05 και σημείο ανάφλεξης κάτω από 150°F. Για τα βαρύτερα προϊόντα απαιτείται θέρμανση του φορτίου με ειδικά θερμαντικά στοιχεία που υπάρχουν στις δεξαμενές, με σκοπό τη μείωση του ιξώδους και την ελάττωση των τριβών κατά τη διακίνησή του.

Η εκφόρτωση του φορτίου πραγματοποιείται με αντλίες, που βρίσκονται στο αντλιοστάσιο. Αυτές αναρροφούν από τις δεξαμενές του φορτίου και καταθλίβουν στους σταθμούς παραλαβής-παράδοσης στο κατάστρωμα. Από το ίδιο δίκτυο (αλλά με παράκαμψη των αντλιών) γίνεται και η παραλαβή του φορτίου.

16.3.2 Για πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk carriers)

Η φόρτωση των Bulk carriers γίνεται με μέσα της ξηράς, ενώ η εκφόρτωσή τους μπορεί να γίνει και με μέσα του πλοίου, το συνηθέστερο από τα οποία είναι οι κινούμενες ταινίες. Τα Bulk carriers, που χρησιμοποιούν δικά τους μέσα για εκφόρτωση ονομάζονται ***Self-Unloaders***.

16.3.3 Για πλοία γενικού φορτίου

Το γενικό φορτίο περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία αντικειμένων προς μεταφορά με διαφορετικές διαστάσεις, σχήμα και μέγεθος. Παραδείγματα γενικού φορτίου είναι τα βαριά μηχανήματα, οι μορφοδοκοί, το φορτίο σε σάκους και διάφορα άλλα ελαφρά πακεταρισμένα φορτία.

Με εξαίρεση τα πλοία μεταφοράς E/K (container ships) και τα Ro-Ro, τη βάση των συστημάτων φορτοεκφόρτωσης των πλοίων γενικού φορτίου αποτελούν οι φορτωτήρες. Με αυτούς το φορτίο οδηγείται κάτω από το στόμιο του κύτους και στη συνέχεια ομάδες εργατών το τακτοποιούν μέσα σε αυτό. Η αντίθετη διαδικασία χρησιμοποιείται στην εκφόρτωση.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται στα πλοία γενικού φορτίου εκτός από τους φορτωτήρες και εγκαταστημένοι πάνω στο πλοίο γερανοί.

16.4 Στοιχειώδης περιγραφή φορτωτήρων

Η διάταξη των φορτωτήρων (μπίγες) πάνω στο κατάστρωμα των πλοίων γενικού φορτίου ποικίλλει. Ενδεικτικά μια τέτοια διάταξη φαίνεται στο σχήμα 12.2.

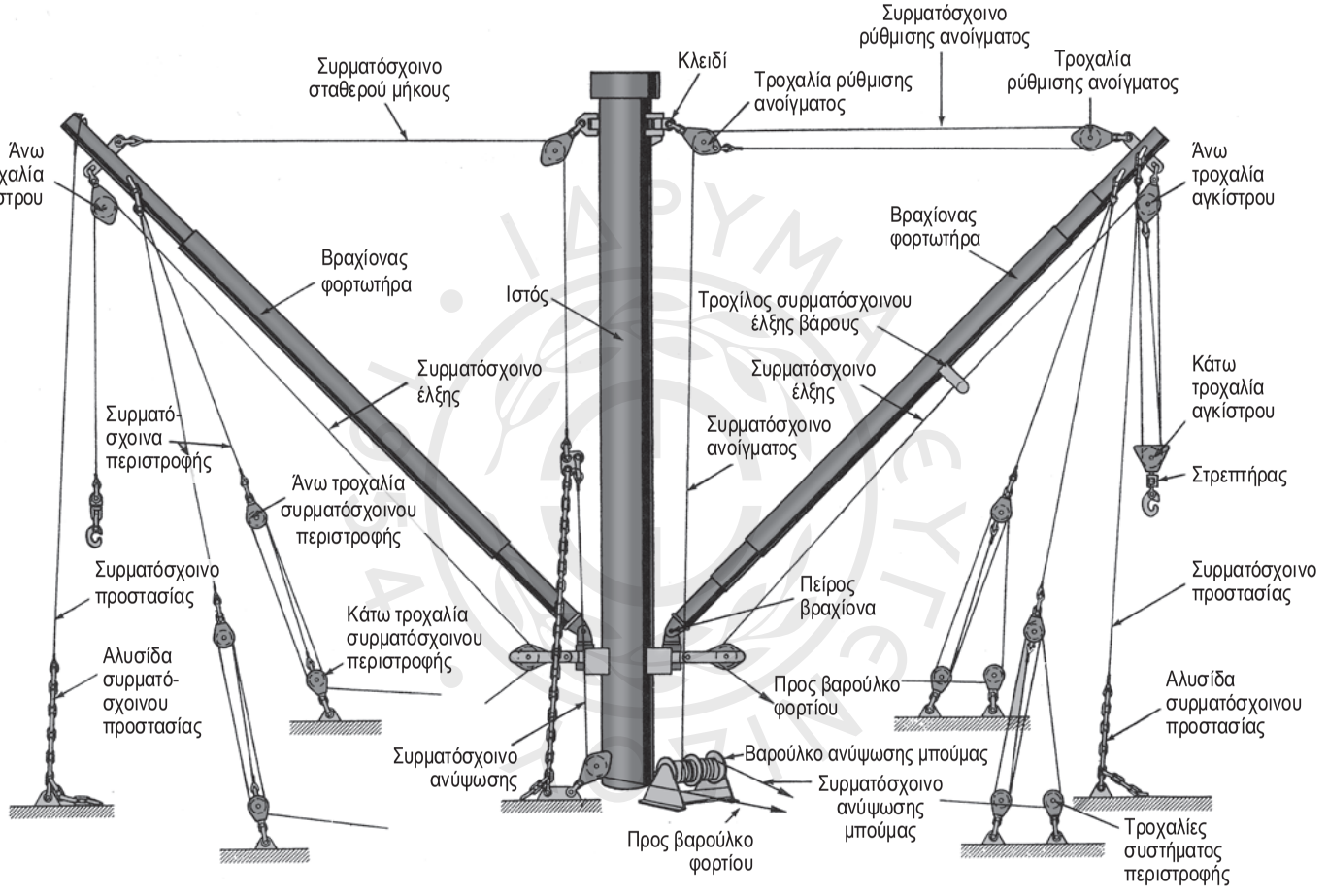
Η όλη κατασκευή ενός φορτωτήρα έχει ως κέντρο βάρους τον ιστό του. Συνήθως οι φορτωτήρες υπάρχουν κατά ζεύγη (ένας δεξιά και ένας αριστερά από το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου). Οι αντίστοιχοι ιστοί είναι δυνατό να είναι συνδεμένοι, ώστε να σχηματίζουν Π ή όχι. Στους ιστούς που βρίσκονται ανάμεσα σε δύο ανοίγματα, είναι συνήθως, εγκαταστημένοι διπλοί (κατά το διάμηκες) φορτωτήρες (σχ. 16.1).

Κάθε φορτωτήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνος του ή σε συνδυασμό με το συμμετρικό του κατά το εγκάρσιο. Ο συνδυασμός αυτός της ταυτόχρονης χρησιμοποίησης (για την ανύψωση ενός βάρους) του αριστερού και του δεξιού φορτωτήρα ονομάζεται Burtoning ή Union Purchase Rig.

Ένας φορτωτήρας, όταν χρησιμοποιείται μόνος του, μπορεί να εξοπλισθεί κατά διάφορους τρόπους ανάλογα με το μέγεθος του βάρους που θα ανυψωθεί. Έτσι για παράδειγμα έχουμε εξοπλισμό για ανύψωση ελαφρού ή μέσου ή μικρού βάρους.

Δύο ενδεικτικοί εξοπλισμοί φορτωτήρων για την ανύψωση ελαφρού βάρους φαίνονται στο σχήμα 16.1.

Ο βραχίονας του φορτωτήρα (μπούμα) μπορεί να περιστρέφει γύρω από τον πείρο στήριξής του και έτσι μεταβάλλεται το άνοιγμά του, δηλαδή η οριζόντια απόσταση από τον ιστό μέχρι το σημείο που θα ανυψωθεί ή θα υποβιβασθεί το βάρος. Η κίνηση αυτή γίνεται με συρματόσχοινο ρύθμισης του ανοίγματος με τη βοήθεια είτε του βαρούλκου έλξης του φορτίου είτε ειδικού άλλου βαρούλκου.



Σχ. 16.1
Τυπικός εξοπλισμός φορτωτήρα για ανύψωση ελαφρών βαρών.

Ο βραχίονας μπορεί επίσης να περιστραφεί με τη βοήθεια των τροχαλιών και των συρματόσχοινων περιστροφής γύρω από κατακόρυφο άξονα. Έτσι το άγκιστρο μπορεί να έλθει είτε πάνω από το άνοιγμα του κύτους είτε εξωτερικά από την πλευρά του πλοίου για την παραλαβή ή εναπόθεση φορτίου.

Η ανύψωση ή ο υποβιβασμός του βάρους, που είναι κρεμασμένο στο άγκιστρο, γίνεται με την έλξη ή χαλάρωση του συρματόσχοινου έλξης με τη βοήθεια του βαρούλκου του φορτίου. Ακριβώς πάνω από το άγκιστρο υπάρχει ένας στρεπτήρας που εμποδίζει την περιστροφή του συρματόσχοινου έλξης όταν περιστρέφεται το φορτίο.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τη χρησιμοποίηση των φορτωτήρων (μεμονωμένα ή κατά ζεύγη) δίνονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

Άξονες και αντίστοιχα στηρίγματα και σύστημα στεγανότητας

17.1 Γενικά

Με τον όρο ***αξονικό σύστημα*** ενός πλοίου εννοούμε όλο το σύστημα μετάδοσης της κίνησης από τον σύνδεσμο της κύριας μηχανής στην έλικα του πλοίου, καθώς και στα παρελκόμενά του (τριβείς, οτορέας κλπ.).

Οι ***ακροπρυμναίοι τριβείς*** έχουν ως σκοπό τη στήριξη του τμήματος του άξονα που βρίσκεται μέσα στο νερό και της έλικας. Γενικά οι ακροπρυμναίοι τριβείς μπορεί να αποτελούν επέκταση της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου (Bossings) ή να στηρίζονται σε ειδικές πρόσθετες εξωτερικές κατασκευές (Struts). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν συνήθως οι ακροπρυμναίοι τριβείς των εμπορικών πλοίων και στη δεύτερη των πολεμικών.

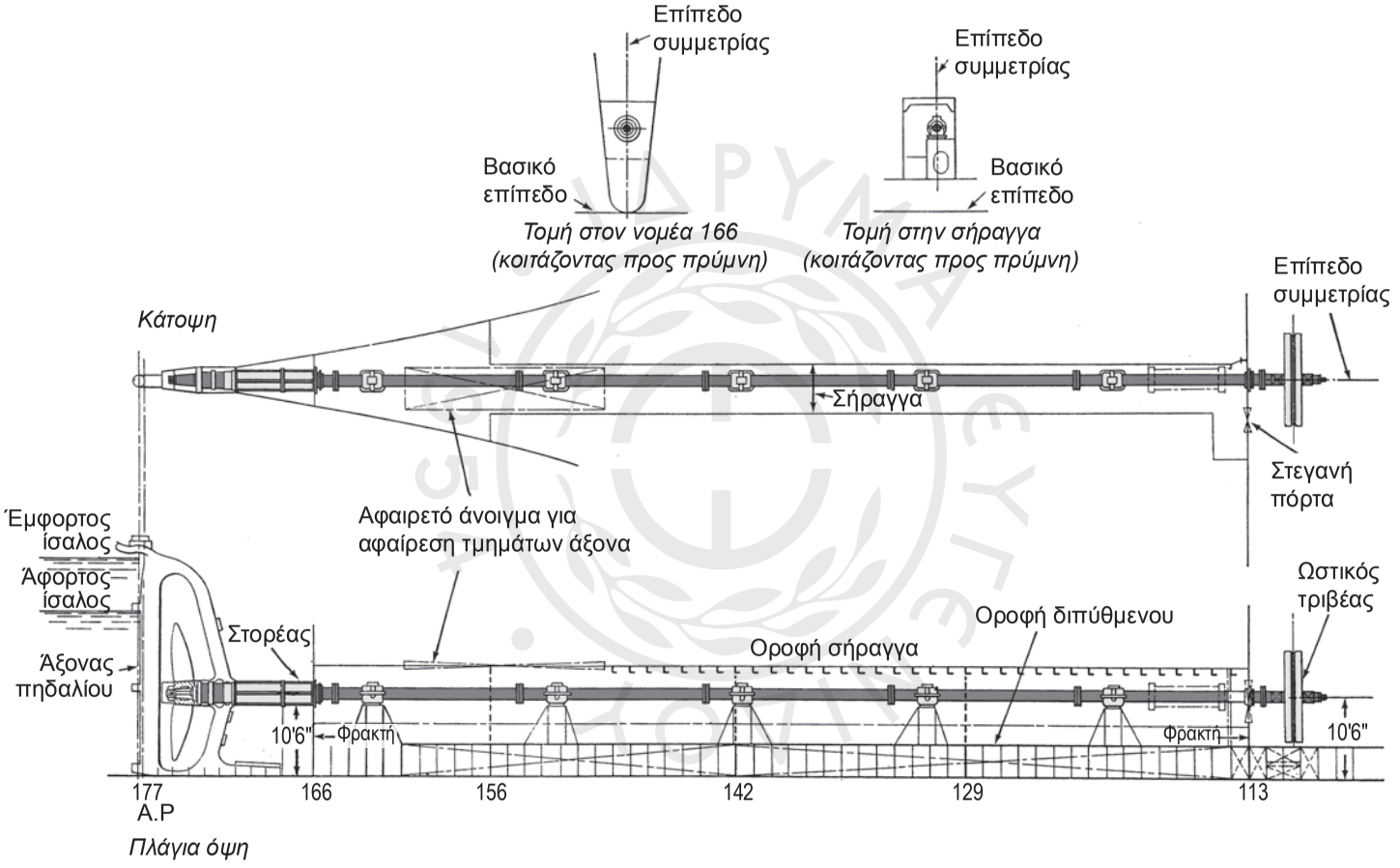
Οι άξονες των πλοίων κατασκευάζονται σε τμήματα των οποίων ο αριθμός ποικίλλει ανάλογα με το μήκος των αξόνων. Το τελευταίο τμήμα του άξονα πάνω στο οποίο στηρίζεται η έλικα ονομάζεται ***τελικός άξονας*** (tail shaft). Το τμήμα του άξονα που βρίσκεται μέσα στο πλοίο στηρίζεται πάνω στους ***ενδιάμεσους τριβείς*** των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από το μήκος του άξονα.

Η κατασκευή που βρίσκεται στην περιοχή όπου ο άξονας διαπερνά το περίβλημα του πλοίου, ονομάζεται ***στορέας***. Ο στορέας περιλαμβάνει έναν τριβέα του άξονα και μία διάταξη στεγανότητας, η οποία έχει ως προορισμό την αποφυγή εισροής νερού στο πλοίο.

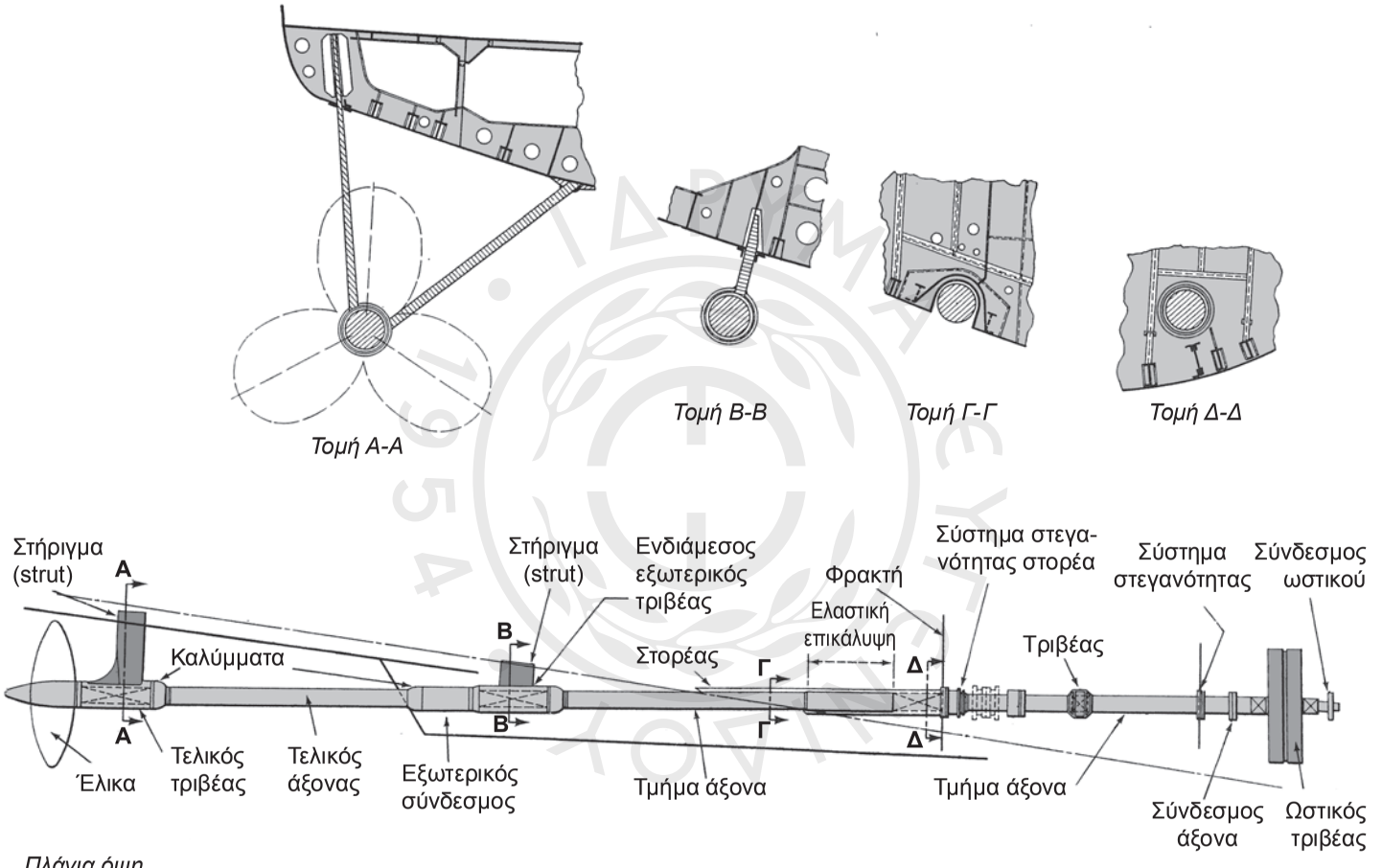
Ο τριβέας του στορέα είναι συνήθως υδρολίπαντος, δηλαδή λιπαίνεται από το νερό της θάλασσας που τον περιβάλλει, αλλά συχνά υπάρχει και μία πρόσθετη παροχή νερού στο πρωραίο μέρος του από το δίκτυο θάλασσας του πλοίου. Το υλικό αντιτριβής αποτελείται από μία σειρά από πήχες, τοποθετημένες κατά το διάμηκες, που μπορεί να είναι από ***αγιόξυλο*** (Lignum vitae), ***λάστιχο*** ή άλλα ***αντιτριβικά υλικά.***

Στην περιοχή τριβής με τις πήχες, ο άξονας φέρει ειδικό χιτώνιο προστασίας που αντικαθίσταται όταν φθαρεί.

Αμέσως μετά τον σύνδεσμο τις μηχανής είναι εγκαταστημένος ένας ειδικός τριβέας κατασκευασμένος έτσι, ώστε να δέχεται και να μεταδίδει στο πλοίο την ώση της έλικας. Ο τριβέας αυτός ονομάζεται ***ωστικός τριβέας*** (Thrust bearing).



Σχ. 17.1
Διάταξη αξονικού συστήματος μονέλικου πλοίου.



Σχ. 17.2
Διάταξη άξονα διπλέλικου πλοίου με εξωτερικά στηρίγματα.

17.2 Αξονικό σύστημα μονέλικου εμπορικού πλοίου

Μία τυπική διάταξη αξονικού συστήματος μονέλικου εμπορικού πλοίου φαίνεται στο σχήμα 17.1.

Στο σχήμα αυτό βλέπουμε τη διαμόρφωση της σήραγγας του άξονα που επικοινωνεί με το μηχανοστάσιο μέσω μίας στεγανής θύρας. Ο άξονας στηρίζεται σε πέντε ενδιάμεσους τριβείς και αποτελείται από έξι τμήματα. Πάνω από τη σήραγγα του άξονα υπάρχει ένα μεγάλο αφαιρετό ελασμάτινο κάλυμμα από το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η εξαγωγή των διάφορων τμημάτων του άξονα, όταν χρειασθεί. Στο σχήμα φαίνεται επίσης διαγραμματικά η διαμόρφωση του στορέα.

17.3 Αξονικό σύστημα διπλέλικου πλοίου

Στο σχήμα 17.2 φαίνεται μία τυπική διάταξη του αξονικού συστήματος διπλέλικου πλοίου. Στο σχήμα αυτό, εκτός από τις διάφορες λεπτομέρειες που είναι σχετικά αυτεξήγητες, βλέπουμε και τη διαμόρφωση δύο εξωτερικών στηριγμάτων του άξονα (Struts). Το πιο πρυμναίο από αυτά, λόγω του σχήματος των στηριγμάτων του, ονομάζεται ***τριβέας V***. Οι εξωτερικοί τριβείς στα άκρα τους φέρουν ειδικά καλύμματα για την καλύτερη εξομάλυνση της ροής.

17.4 Συστήματα στεγανότητας άξονα

Όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, στον στορέα του άξονα διαμορφώνεται μία διάταξη στεγανότητας. Μέσα σε αυτήν τη διάταξη τοποθετούνται ειδικά ***παρεμβύσματα (σαλαμάστρες)*** η σύσφιξη των οποίων εξασφαλίζει τη στεγανότητα. Το παραπάνω σύστημα στεγανότητας πρέπει να επιθεωρείται σε κάθε δεξαμενισμό του πλοίου.

Σε πιο μοντέρνα πλοία υπάρχουν ενιαία συστήματα τριβέα-συστήματος στεγανότητας στορέα που λειτουργούν με πίεση λαδιού. Ένα τέτοιο σύστημα για παράδειγμα είναι γνωστό με την ονομασία ***Simplex.***

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

Δίκτυα – Σωληνώσεις

18.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθούν στοιχεία για τα λεγόμενα ***δίκτυα σκάφους.*** Με τον όρο δίκτυα σκάφους, σε αντιδιαστολή με τα ***δίκτυα μηχανοστασίου,*** εννοούνται εδώ εκείνα που δεν έχουν σχέση με τη λειτουργία της προωστήριας εγκατάστασης, όπως το δίκτυο λίπανσης ή το δίκτυο ψύξης μιας μηχανής εσωτερικής καύσης.

Στα δίκτυα σκάφους περιλαμβάνονται:

1) Το δίκτυο κύτους-ερματισμού (bilge and ballast).
2) Το δίκτυο πυρκαγιάς (fire).
3) Το δίκτυο υγιεινής (sanitary).
4) Το δίκτυο πόσιμου νερού (fresh water).
5) Το δίκτυο μετάγγισης πετρελαίου (fuel transfer).

Οι βασικές λεπτομέρειες και οι λειτουργικές απαιτήσεις των δικτύων καλύπτονται από τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων.

18.2 Δίκτυο κύτους ερματισμού

Τα δύο αυτά δίκτυα εξυπηρετούν τελείως διαφορετικούς σκοπούς. Περιγράφονται όμως και αναφέρονται μαζί γιατί στα περισσότερα πλοία οι ανάγκες τους καλύπτονται από τις ίδιες αντλίες. Το ***δίκτυο κύτους,*** σύμφωνα με τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων, πρέπει να εξασφαλίζει τη δυνατότητα εξάντλησης οποιασδήποτε ποσότητας νερού από όλα τα στεγανά διαμερίσματα του πλοίου, όταν αυτό δεν έχει καθόλου εγκάρσια κλίση ή όταν έχει εγκάρσια κλίση μέχρι 5°. Οι κανονισμοί των Νηογνωμόνων καθορίζουν επίσης τις διατομές των επιμέρους τμημάτων του δικτύου, τη θέση των αναρροφήσεων, τις λεπτομέρειες τηλεχειρισμού, όπου υπάρχει, καθώς και τη θέση, τον αριθμό και τις δυνατότητες των απαραίτητων αντλιών.

Φυσικά οι απαιτήσεις των Νηογνωμόνων είναι οι ελάχιστες δυνατές. Συχνά, για την αύξηση της αξιοπιστίας του πλοίου, το δίκτυο κύτους συνδέεται και με άλλα συστήματα. Μια τέτοια σύνδεση για παράδειγμα είναι εκείνη μεταξύ δικτύων κύτους και πυρκαγιάς.

Τα υγρά που αναρροφούν οι αντλίες του δικτύου κύτους από τους διάφορους χώρους οδηγούνται συνήθως στη θάλασσα. Με την πρόσφατη όμως νομοθεσία για αποφυγή της ρύπανσης, εγκαθίστανται στα πλοία ειδικές δεξαμενές αποθήκευσης των ακάθαρτων υγρών που αναρροφούν οι αντλίες από τα διάφορα διαμερίσματα (slop tanks) με σκοπό την απόρριψή τους στην ανοικτή θάλασσα. Για την αποφυγή

επίσης ρύπανσης της θάλασσας σήμερα στα πλοία εγκαθίστανται ***ειδικοί αποχωριστές υγρών κύτους*** (oily bilge sepatators). Τα μηχανήματα αυτά διαχωρίζουν τα ελαιώδη κατάλοιπα από το νερό και έτσι μόνο καθαρό νερό πέφτει στη θάλασσα.

Οι αντλίες κύτους είναι παλινδρομικές ή φυγόκεντρες. Για χώρους που είναι μακριά από τις αντλίες χρησιμοποιούνται συχνά ***εκχυτήρες (τζιφάρια).***

Η αναρρόφηση του δικτύου κύτους από κάθε χώρο, περιλαμβανομένων και των αμπαριών, γίνεται από ειδικά διαμορφωμένα φρεάτια ή ***υδροσυλλέκτες.*** Οι υδροσυλλέκτες αυτοί, καθώς και οι αντίστοιχες αναρροφήσεις από τις δεξαμενές των διπύθμενων, φέρουν καταμετρικούς σωλήνες με τους οποίους μπορεί να ελεγχθεί ή ύπαρξη νερού στους αντίστοιχους χώρους. Οι καταμετρικοί σωλήνες οδηγούνται συνήθως στο ανώτερο κατάστρωμα (weather deck) του πλοίου. Όταν αυτοί τερματίζουν κάτω από το κατάστρωμα στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου, πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με μέσα που εξασφαλίζουν το αυτόματο κλείσιμο του ανώτερου άκρου, όταν δεν γίνεται μέτρηση. Αυτό είναι απαραίτητο για να μην υπάρξει η πιθανότητα να εισρεύσουν νερά στο πλοίο, όταν για κάποιον λόγο υπερπληρωθεί ο χώρος που εξυπηρετείται από το καταμετρικό.

Μέσα στο μηχανοστάσιο δημιουργούνται συνήθως κιβώτια επιστομίων (κάσες) με τα οποία μπορεί να επιλεγεί από απόσταση η εξάντληση ενός συγκεκριμένου χώρου. Στα σημεία αναρρόφησης των δικτύων στους υδροσυλλέκτες υπάρχουν φίλτρα.

Το δίκτυο ερματισμού καλύπτει τις ανάγκες ερματισμού του πλοίου. Δηλαδή παρέχει τη δυνατότητα να γεμίσουμε οποιαδήποτε δεξαμενή από τη θάλασσα, να την αδειάσουμε στη θάλασσα ή να μεταγγίσουμε από μία δεξαμενή σε άλλη. Το δίκτυο ερματισμού μπορεί να εξυπηρετείται από τις αντλίες κύτους ή από ανεξάρτητες αντλίες. Όταν για τις ανάγκες κύτους και ερματισμού χρησιμοποιούνται κοινές αντλίες, τότε οι δύο ανάγκες εκπληρώνονται από ανεξάρτητους κλάδους.

Όπως και στους υδροσυλλέκτες έτσι και στις δεξαμενές υγρού έρματος του πλοίου υπάρχουν καταμετρικά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα πρέπει να αναφέρομε επίσης ότι ***οι κύριες αντλίες ψύξης των μηχανών*** του πλοίου θα πρέπει να έχουν την ικανότητα αναρρόφησης μέσα από το χαμηλότερο μέρος του μηχανοστασίου. Έτσι, εκτός από το δίκτυο κύτους έχουμε μιαν πρόσθετη δυνατότητα ταχείας εξάντλησης του χώρου του μηχανοστασίου σε περιπτώσεις ανάγκης.

18.3 Δίκτυο πυρκαγιάς

Όπως θα δούμε και στο κεφάλαιο που κάνουμε λόγο για την αντιμετώπιση βλαβών του πλοίου, το θαλάσσιο νερό αποτελεί ένα από τα πιο συνήθη μέσα για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς. Για τον λόγο αυτό το δίκτυο πυρκαγιάς διατρέχει όλο το πλοίο και έχει σε διάφορα σημεία ***λήψεις πυρκαγιάς,*** εξοπλισμένες με οθόνινους σωλήνες και ακροσωλήνια. Η θέση των διαφόρων λήψεων πυρκαγιάς, το μέγεθος και ο εξοπλισμός τους, καθώς και οι δυνατότητές τους γενικά, καθορίζονται στους κανονισμούς των Νηογνωμόνων.

Το δίκτυο πυρκαγιάς του πλοίου εξυπηρετείται από ειδικές αντλίες. Συχνά τις ανάγκες του δικτύου πυρκαγιάς μπορεί να καλύψουν και οι αντλίες κύτους, έρματος και υγιεινής.

Οι λήψεις του δικτύου πυρκαγιάς, σε κανονική χρήση του πλοίου, χρησιμοποιούνται και για την κάλυψη άλλων αναγκών, όπως είναι η πλύση των καταστρωμάτων ή της άγκυρας.

Σε αρκετές περιπτώσεις, όπως στα Δ/Ξ, απαιτείται η ύπαρξη και ***αντλίας πυρκαγιάς ανάγκης.*** Η αντλία αυτή είναι ντηζελοκίνητη και βρίσκεται έξω από τους χώρους πρόωσης του πλοίου. Έτσι είναι δυνατή η χρησιμοποίησή της ακόμη και όταν δεν υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια στο πλοίο ή και όταν συμβαίνει πυρκαϊά στο μηχανοστάσιο.

18.4 Δίκτυο υγιεινής

Για την κάλυψη των αναγκών καθαριότητας των χώρων υγιεινής (αφοδευτήρια - ουρητήρια) του πλοίου, χρησιμοποιείται το **δίκτυο υγιεινής**. Στα περισσότερα πλοία το δίκτυο υγιεινής χρησιμοποιεί θαλάσσιο νερό, τελευταία όμως, επειδή οι ανάγκες του δικτύου δεν είναι μεγάλες, χρησιμοποιείται σε μερικά πλοία και γλυκό νερό.

Για την κάλυψη των αναγκών του δικτύου χρησιμοποιούνται:

1) Αντλίες υγιεινής.

2) Πιεστικά συγκροτήματα υγιεινής.

Όταν υπάρχουν αντλίες υγιεινής στο πλοίο αυτές βρίσκονται συνέχεια σε λειτουργία, αλλά με ειδική διάταξη το νερό επανακυκλοφορεί (οδηγείται απ' την κατάθλιψη της αντλίας στην αναρρόφηση) όταν οι καταναλώσεις στους χώρους υγιεινής είναι μικρές.

Τα ***πιεστικά συγκροτήματα*** είναι μεγάλα δοχεία μέσα στα οποία υπάρχει συνέχεια θύλακας αέρα. Με ειδική αντλία γεμίζει το δοχείο με νερό, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται με την πίεση του συμπιεσμένου θύλακα αέρα στις διάφορες χρήσεις υγιεινής. Όταν η πίεση στο δοχείο πέσει, ξεκινά και πάλι η αντλία και αποκαθιστά την πίεση του δοχείου στη σωστή τιμή της ξαναγεμίζοντάς το με νερό.

Για την αποφυγή της ρύπανσης της θάλασσας, σήμερα στα πλοία δημιουργούνται ειδικοί βόθροι (για το λιμάνι) και ***συστήματα βιολογικού καθαρισμού.***

18.5 Δίκτυο πόσιμου

Σε παλιότερα πλοία υπήρχε χωριστό δίκτυο πόσιμου και μη πόσιμου (πλύσης) γλυκού νερού. Σήμερα τα πλοία έχουν ένα ενιαίο σύστημα πόσιμου νερού.

Το δίκτυο πόσιμου ενός πλοίου έχει σκοπό την τροφοδότηση όλων των χώρων υγιεινής, του πληρώματος και των επιβατών, με ζεστό και κρύο νερό.

Για τη λειτουργία του δικτύου χρησιμοποιούνται αντλίες ή πιεστικά συγκροτήματα με αντλίες που έχουν τη δυνατότητα αναρρόφησης απ' τις δεξαμενές του πλοίου.

Οι δεξαμενές πόσιμου είναι ειδικές δεξαμενές του πλοίου, χρωματισμένες με ειδικά χρώματα (όπως zink dust paints κ.ά.).

Για τη θέρμανση του νερού χρησιμοποιούνται ηλεκτροκίνητοι ή ατμοκίνητοι ***θερμα-***

ντήρες. Σε πλοία που η ποσότητα του νερού που μπορεί να αποθηκεύει δεν είναι αρκετή, χρησιμοποιούνται συσκευές αφαλάτωσης του θαλάσσιου νερού (βραστήρες).

18.6 Δίκτυο μετάγγισης πετρελαίου

Το πετρέλαιο που παραλαμβάνεται από ένα πλοίο μέσω των ειδικών σημείων παραλαβής στο κατάστρωμα, οδηγείται στις ***δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαίου*** (Storage tanks). Με το ***δίκτυο μετάγγισης πετρελαίου*** οδηγείται στη συνέχεια και προοδευτικά στις ***δεξαμενές κατακάθισης (settling tanks).*** Από εκεί με το ***δίκτυο χρήσης πετρελαίου*** οδηγείται στις δεξαμενές ημερήσιας χρήσης και από εκεί στις μηχανές ή στους λέβητες.

Όλη αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη, για να μην υπάρξει η παραμικρή πιθανότητα να φθάσει στις μηχανές νερό ή άλλες ακαθαρσίες.

Συνήθως οι δεξαμενές κατακάθισης έχουν τέτοια χωρητικότητα, ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία των μηχανών του πλοίου με πλήρη ισχύ για 30 περίπου ώρες.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς των Νηογνωμόνων, η αναρρόφηση από κάθε δεξαμενή πετρελαίου, που βρίσκεται πάνω από το διπύθμενο, πρέπει να φέρει (πάνω στη δεξαμενή) επιστόμιο απομόνωσης. Όταν τα παραπάνω επιστόμια βρίσκονται μέσα σε μηχανοστάσια ή λεβητοστάσια, εκτός από τον τοπικό χειρισμό τους, θα πρέπει να εξασφαλίζεται και χειρισμός ***από απόσταση*** και από κάποια άλλη θέση που θα είναι δυνατό να την προσεγγίσουμε όταν συμβεί πυρκαγιά στους χώρους που υπάρχουν τα τοπικά επιστόμια. Έτσι εξασφαλίζεται η δυνατότητα απομόνωσης της παροχής πετρελαίου σε κάποιο χώρο μέσα στον οποίο υπάρχει πυρκαγιά, χωρίς να χρειάζεται να μπούμε μέσα σε αυτόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

Συστήματα απόσβεσης διατοιχισμού

19.1 Γενικά

Το πρόβλημα της απόσβεσης των κινήσεων ενός πλοίου σε θαλασσοταραχή και ιδιαίτερα του διατοιχισμού, απασχολεί συνεχώς τους ειδικούς.

Ένας τρόπος βελτίωσης της συμπεριφοράς ενός πλοίου σε κυματισμό είναι γενικά η κατάλληλη επιλογή των γραμμών της γάστρας του. Αυτό όμως δεν μπορεί να αποτελέσει ριζική λύση του προβλήματος για τους παρακάτω λόγους:

1) Η επιλογή των γραμμών της γάστρας μπορεί να βελτιώσει τη συμπεριφορά του σε περιορισμένο βαθμό.

2) Η επιλογή των γραμμών, εκτός από τη συμπεριφορά σε κυματισμό, επηρεάζει και άλλες επιδόσεις του πλοίου και γι' αυτό είναι αποτέλεσμα συγκερασμού μιας σειράς απαιτήσεων οι οποίες αλληλοσυγκρούονται.

3) Οι συνθήκες κυματισμού είναι μεταβαλλόμενες και γι' αυτό απαιτείται ένα δυναμικό σύστημα αντιμετώπισής τους.

Στα πολεμικά πλοία υπάρχουν πολλοί λόγοι για τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό του διατοιχισμού. Οι πιο σοβαροί είναι η σταθερότητα των όπλων που είναι τοποθετημένα στο πλοίο και η προσγείωση πάνω σε αυτά ελικοπτέρων ή αεροσκαφών.

Στα εμπορικά πλοία, μία από τις πιο σοβαρές ανάγκες για τον περιορισμό του διατοιχισμού είναι κυρίως η αποφυγή της ναυτίας των επιβατών, αλλά και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του πληρώματος.

Ιδιαίτερα για τη ναυτία έχει διαπιστωθεί ότι το αίτιό της βρίσκεται στο σύστημα ισορροπίας που υπάρχει στα όργανα ακοής του ανθρώπου. Ιδιαίτερα έντονα γίνονται τα συμπτώματα της ναυτίας όταν ο άνθρωπος βρίσκεται κάτω από την επίδραση γραμμικών επιταχύνσεων με τιμή μεγαλύτερη από $^1/_{10}$ g, όπου **g** η επιτάχυνση της βαρύτητας. Νεότερες έρευνες συσχετίζουν τα συμπτώματα της ναυτίας με το ρυθμό μεταβολής της επιτάχυνσης (jerk) και όχι με την επιτάχυνση αυτή καθαυτή.

Για να περιορισθεί ή γραμμική επιτάχυνση στο $^1/_{10}$ g θα πρέπει να ισχύει για τη μέγιστη γωνία διατοιχισμού του πλοίου (σε ακτίνια) η παρακάτω σχέση:

$$\Theta_m \leq 0{,}1\, g \left(\frac{T_\Phi}{2\pi}\right)^2 \frac{2}{B} \qquad (104)$$

όπου: $\mathbf{T_\Phi}$ η φυσική περίοδος διατοιχισμού του πλοίου και
B το πλάτος του πλοίου.

Με βάση την παραπάνω σχέση, σε ένα πλοίο με πλάτος 20 m και φυσική περίο-

δο διατοιχισμού 10 s, για να περιορισθούν οι επιταχύνσεις σε $^{1}/_{10}$ g η μέγιστη γωνία διατοιχισμού δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,25 ακτίνια ή τις 14,3°.

Αν και έχουν γίνει έρευνες και για τη σχεδίαση συστημάτων απόσβεσης του προνευτασμού και των ταλαντώσεων εμβάπτισης, όμως σήμερα σε πρακτική χρήση υπάρχουν μόνο συστήματα απόσβεσης διατοιχισμού.

19.2 Κατάταξη συστημάτων απόσβεσης διατοιχισμού

Τα διάφορα συστήματα απόσβεσης του διατοιχισμού μπορούν γενικά να καταταγούν σε ***ενεργά*** και ***παθητικά.*** Η διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων εντοπίζεται στο ότι, ενώ η απαραίτητη ενέργεια για τη λειτουργία των ενεργών συστημάτων δίνεται από κάποια πηγή του πλοίου, στα παθητικά συστήματα λαμβάνεται από την ίδια την κίνηση του πλοίου.

Ένας άλλος τρόπος κατάταξης των συστημάτων απόσβεσης του διατοιχισμού είναι με βάση την προέλευση των δυνάμεων (και ροπών) που χρησιμοποιούνται για την απόσβεση της κίνησης. Οι δυνάμεις αυτές μπορεί να είναι δυνάμεις βάρους, υδροδυναμικής ή γυροσκοπικής προέλευσης.

Ο συνδυασμός των δύο αυτών παραγόντων οδηγεί στην κατάταξη των συστημάτων απόσβεσης του διατοιχισμού, (πίν. 19.1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.1
Κατάταξη συστημάτων απόσβεσης διατοιχισμού

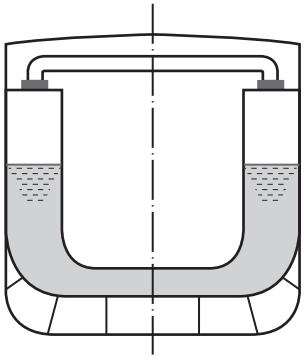
Προέλευση Δυνάμεων	**Αρχή Λειτουργίας**	
	Παθητικά συστήματα	Ενεργά Συστήματα
Δυνάμεις βάρους	Παθητικές δεξαμενές τύπου I ή II	Ενεργές δεξαμενές τύπου I ή II
Δυνάμεις υδροδυναμικής προέλευσης	Παρατροπίδια Παθητικά πτερύγια	Ενεργά πλευρικά πτερύγια Ενεργές έλικες
Δυνάμεις γυροσκοπικής προέλευσης	Παθητικά γυροσκοπικά συστήματα	Ενεργά γυροσκοπικά συστήματα

19.3 Στοιχειώδης περιγραφή παθητικών συστημάτων απόσβεσης διατοιχισμού

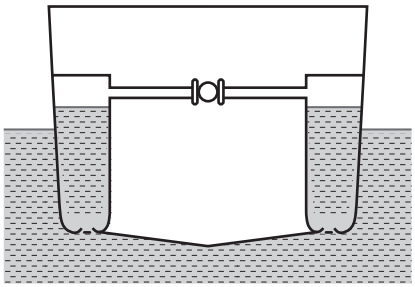
19.3.1 Παθητικές δεξαμενές

Στις παθητικές δεξαμενές τύπου I έχουμε επικοινωνία της δεξιάς και αριστερής πλευράς μέσω αγωγού που βρίσκεται στο πλοίο (σχ. 19.1). Με τη μεταφορά μάζας νερού από τη μια πλευρά στην άλλη, δημιουργούνται ροπές που τείνουν να ελαττώσουν το εύρος διατοιχισμού.

Αντίθετα στις δεξαμενές τύπου II έχουμε επικοινωνία των δεξαμενών με τη θά-



Σχ. 19.1
Παθητικές δεξαμενές τύπου Ι.



Σχ. 19.2
Παθητικές δεξαμενές τύπου ΙΙ
(ανοικτές δεξαμενές).

λασσα από οπές που υπάρχουν στον πυθμένα των δεξαμενών. Οι δεξαμενές αυτές λέγονται και ***ανοικτές*** (σχ. 19.2).

Τα βασικά ***πλεονεκτήματα*** των παθητικών δεξαμενών είναι:

1) Απλότητα και οικονομική λειτουργία.

2) Ικανοποιητική απόδοση με δυνατότητα περιορισμού του εύρους της κίνησης περίπου στο μισό από ό,τι θα ήταν χωρίς το σύστημα.

3) Πιθανότητα εκκένωσης των χώρων και χρησιμοποίησής τους για άλλους σκοπούς (μόνο στον τύπο Ι).

Αντίθετα οι παθητικές δεξαμενές απόσβεσης έχουν τα παραπάνω ***μειονεκτήματα***:

1) Μεταβαλλόμενη απόδοση, ανάλογα με το εκτόπισμα του πλοίου.

2) Ανεπαρκή απόδοση σε ακανόνιστα κύματα.

3) Δυσμενή επίδραση στην ευστάθεια του πλοίου.

19.3.2 Παρατροπίδια

Τα παρατροπίδια αποτελούν το απλούστερο σύστημα απόσβεσης του διατοιχισμού και είναι εγκαταστημένα σε όλα σχεδόν τα πλοία.

Είναι επιμήκη ελάσματα, τα οποία τοποθετούνται κοντά στο κυρτό της γάστρας, κατά μήκος των γραμμών ροής και κάθετα προς το περίβλημα του πλοίου. Η επιφάνειά τους λαμβάνεται συνήθως ίση με το 2-4% του γινομένου του μήκους και του πλάτους του πλοίου.

Κατά τον διατοιχισμό του πλοίου τα παρατροπίδια δημιουργούν αντίσταση που έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του εύρους.

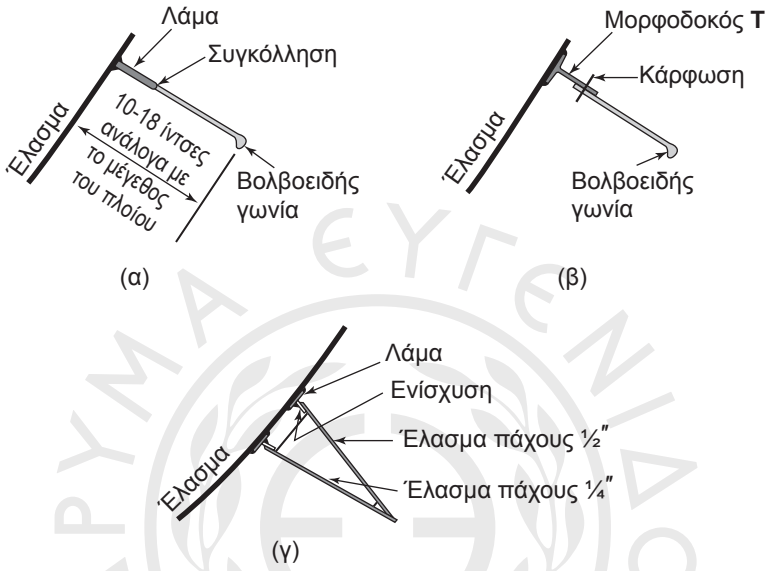
Το βασικό πλεονέκτημα των παρατροπιδίων είναι η απλότητα κατασκευής και το χαμηλό τους κόστος. Πάντως πρέπει να σημειωθεί ότι η απόδοσή τους είναι σημαντική σε καταστάσεις συντονισμού, χωρίς όμως να βλάπτουν σε άλλες καταστάσεις (εκτός συντονισμού).

– Κατασκευαστικές λεπτομέρειες των παρατροπιδίων

Οι συνηθέστεροι τρόποι κατασκευαστικής διαμόρφωσης των παρατροπιδίων φαίνονται στο σχήμα 19.3.

Όπως βλέπουμε στο σχήμα, τα παρατροπίδια μπορούν να είναι απλού ή διπλού ελάσματος. Το ύψος τους (άνοιγμα) δεν υπερβαίνει τα 45 cm και το μήκος τους καλύπτει το 50 ως 75% του μήκους του πλοίου.

Τα παρατροπίδια με διπλό έλασμα για λόγους συντήρησης γεμίζονται συνήθως με πολυουρεθάνιο.



Σχ. 19.3
Κατασκευαστική διαμόρφωση παρατροπιδίων.

19.4 Στοιχειώδης περιγραφή ενεργών συστημάτων απόσβεσης του διατοιχισμού

1) Ενεργές δεξαμενές

Οι ενεργές δεξαμενές διακρίνονται με βάση τις ίδιες αρχές που διακρίνονται και οι παθητικές σε τύπου I και II. Η βασική διαφορά τους από τις παθητικές είναι ότι η μεταφορά των μαζών από τη μία πλευρά στην άλλη γίνεται με ενέργεια που δίνεται από το πλοίο. Σε ένα απ' τα πιο συνηθισμένα συστήματα χρησιμοποιείται αέρας υπό πίεση. Τα ***πλεονεκτήματά*** τους σε σύγκριση με τις παθητικές είναι ότι:

1) Αποδίδουν σχεδόν σε οποιοδήποτε συνδυασμό φυσικής περιόδου πλοίου και κατάστασης κυματισμού.

2) Αποδίδουν πολύ ικανοποιητικά σε ***ακανόνιστη*** θάλασσα.

3) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γρήγορη εξουδετέρωση μίας επικίνδυνης στατικής εγκάρσιας κλίσης.

4) Μπορούν σε ήρεμο νερό να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία τεχνητών κινήσεων του πλοίου (χρήσιμο σε παγοθραυστικά).

Βασικά ***μειονεκτήματα*** είναι το υψηλό αρχικό κόστος, η πολυπλοκότητα και το υψηλό κόστος λειτουργίας τους.

2) Ενεργά πηδάλια

Τα ενεργά πηδάλια είναι πηδάλια μικρού ανοίγματος, εγκαταστημένα στις πλευρές του πλοίου, που έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν αυτόματα και ανεξάρτητα (ή μια πλευρά από την άλλη).

Διακρίνονται σε πηδάλια:

1) Περιστρεφόμενα και

2) μη περιστρεφόμενα.

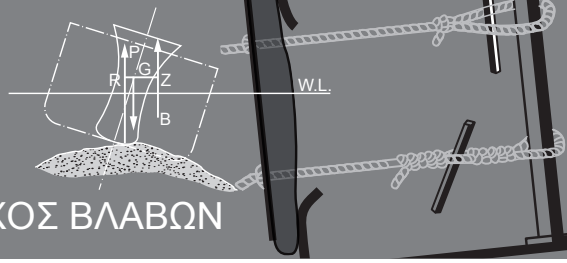
Στην πρώτη κατηγορία η δημιουργία των δυνάμεων απόσβεσης γίνεται με την περιστροφή των πηδαλίων. Στη δεύτερη, για τη δημιουργία της κατάλληλης ροπής, το δεξιό ή αριστερό πηδάλιο εισάγονται πλήρως ή μερικώς μέσα στο πλοίο με τη βοήθεια αυτόματου υδραυλικού μηχανισμού.

Βασικό ***πλεονέκτημα*** των ενεργών πηδαλίων είναι ότι έχουν πολύ καλή απόδοση χωρίς να καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο και βασικό ***μειονέκτημα*** ότι σε μικρή ταχύτητα του πλοίου έχουν ασήμαντη απόδοση.

3) Ενεργά γυροσκοπικά συστήματα

Η δράση των συστημάτων αυτών βασίζεται στην τάση που έχει το γυροσκόπιο να διατηρεί τη διεύθυνση του άξονα περιστροφής του.

Πλεονέκτημα των γυροσκοπικών διατάξεων απόσβεσης του διατοιχισμού είναι η πολύ ικανοποιητική του απόδοση και ***μειονέκτημα*** ότι είναι πολύπλοκο και δαπανηρό στην εγκατάσταση και λειτουργία του.



ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΛΑΒΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20
Προστασία από πυρκαγιά

20.1 Γενικά

Μια αναφορά του Lloyds Register of Shipping για τις ολικές απώλειες εμπορικών πλοίων κατά την περίοδο 1961-1969 περιέχει την παρακάτω κατανομή, αναφορικά με τους λόγους που προκάλεσαν τις απώλειες:

1) Βύθιση ή ανατροπή	676	πλοία
2) Απώλεια από άγνωστη αιτία	139	πλοία
3) Πυρκαγιές	365	πλοία
4) Συγκρούσεις	277	πλοία
5) Προσαράξεις	1063	πλοία
Σύνολο πλοίων που χάθηκαν	2520	

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι το 15% περίπου των ολικών απωλειών των πλοίων οφείλεται σε πυρκαγιές.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις ειδικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες των πλοίων που έχουν σχέση με την αποφυγή της δημιουργίας εστιών πυρκαγιάς και της εξάπλωσής της, καθώς επίσης και με τα μέσα ανίχνευσης, συναγερμού και καταπολέμησή της. Οι παραπάνω λεπτομέρειες της κατασκευής του πλοίου στηρίζονται στις απαιτήσεις των Νηογνωμόνων και, κυρίως, σε εκείνες της ΔΣ για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS).

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται η προστασία του πλοίου από πυρκαγιές είναι:

1) Υποδιαίρεση του πλοίου σε κατακόρυφες ζώνες, με τη βοήθεια κατασκευαστικών ή πυροστεγών φρακτών.

2) Διαχωρισμός των χώρων ενδιαίτησης από τους χώρους που έχουν αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς (μηχανοστάσια – λεβητοστάσια κ.λπ.).

3) Περιορισμένη χρήση εύφλεκτων υλικών.

4) Γρήγορη ανίχνευση της πυρκαγιάς αμέσως μετά την εμφάνισή της.

5) Περιορισμός και κατάσβεση της πυρκαγιάς στο σημείο εμφάνισής της.

6) Εξασφάλιση διόδων για τη διαφυγή του πληρώματος και των επιβατών και για την προσέγγιση του χώρου από την ομάδα κατάσβεσης.

7) Εύκολη προσέγγιση των μέσων κατάσβεσης.

8) Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας αυτοέναυσης του φορτίου.

Στις επόμενες παραγράφους θα περιγράφουν συνοπτικά οι απαιτήσεις, σχετικά με την πυρκαγιά, της ΔΣ SOLAS, που εφαρμόζονται σε φορτηγά πλοία με ολική

χωρητικότητα πάνω από 4000 κόρους. Οι απαιτήσεις για τα πετρελαιοφόρα και κυρίως για τα επιβατικά πλοία είναι πολύ εξειδικευμένες και ξεφεύγουν από τα όρια αυτού του βιβλίου. Μερικά μόνον στοιχεία θα δοθούν στην παράγραφο 20.8.

20.2 Κατασκευαστικές απαιτήσεις για προστασία πυρκαγιάς

Οι βασικές κατασκευαστικές απαιτήσεις για τα φορτηγά πλοία που έχουν ολική χωρητικότητα πάνω από 4000 κόρους μπορούν να συνοψισθούν στις εξής:

1) Το σκάφος, οι υπερκατασκευές, οι κύριες φρακτές και τα καταστρώματα θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από χάλυβα.

2) Οι πλευρές διαδρόμων, σε χώρους ενδιαίτησης, θα πρέπει να είναι από χάλυβα ή να εξασφαλίζουν προστασία τύπου Β. Ένα διάφραγμα θεωρείται ότι εξασφαλίζει προστασία τύπου Β όταν:

α) Σε ένα τυποποιημένο πείραμα, που λέγεται ***πείραμα πυρκαγιάς***, δεν επιτρέπει τη διέλευση φλόγας προς την άλλη πλευρά (από εκείνη που βρίσκεται σε επαφή με τη φλόγα) σε χρόνο μικρότερο από μισή ώρα.

β) Στο ίδιο πείραμα, το διάφραγμα εμποδίζει να αυξηθεί η μέση θερμοκρασία στην άλλη πλευρά ή η μέγιστη πάνω από εκείνη του περιβάλλοντος κατά 139 και 225°C αντίστοιχα, σε λιγότερο από κάποιο καθορισμένο χρόνο. Έτσι σε ένα διάφραγμα τύπου Β-15, όταν η μία πλευρά του βρίσκεται σε επαφή με φλόγα για 15 λεπτά, η μέση και μέγιστη θερμοκρασία στην άλλη πλευρά δεν θα υπερβούν τους 139 και 225°C (πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος) αντίστοιχα. Μια φρακτή Β-30 είναι δεκτό να έχει τα ίδια αποτελέσματα σε 30 πρώτα λεπτά.

γ) κατασκευασμένο από άκαυστα υλικά. Για παράδειγμα, ένα διάφραγμα κατασκευασμένο από ***μαρινίτη*** με ορισμένο πάχος μπορεί να εξασφαλίσει προστασία τύπου Β.

3) Οι επενδύσεις καταστρωμάτων σε χώρους ενδιαίτησης, που βρίσκονται πάνω από το μηχανοστάσιο ή πάνω από τα κύτη, θα πρέπει να είναι από υλικό που δεν ανάβει εύκολα.

4) Οι εσωτερικές κλίμακες επικοινωνίας που βρίσκονται κάτω από το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα θα πρέπει να είναι χαλύβδινες.

5) Οι φρακτές της κουζίνας και της αποθήκης χρωμάτων, που βρίσκονται από την άλλη πλευρά σε επαφή με χώρους ενδιαίτησης, θα πρέπει να είναι χαλύβδινες.

6) Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται εύφλεκτα χρώματα ή βερνίκια στα μηχανοστάσια και στους χώρους ενδιαίτησης.

7) Οι σωληνώσεις μεταφοράς πετρελαίου ή άλλων εύφλεκτων υγρών θα πρέπει να είναι κατασκευασμένες από ***αποδεκτό*** για τον κίνδυνο της πυρκαγιάς υλικό.

8) Πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα παύσης της λειτουργίας μηχανημάτων εξαερισμού του μηχανοστασίου από κάποια προσιτή θέση έξω από το μηχανοστάσιο.

20.3 Ανίχνευση πυρκαγιάς

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Lloyds Register of Shipping, σε όλους τους

χώρους φορτίου του πλοίου που υπάρχουν αποθηκευμένα εκρηκτικά πρέπει να υπάρχουν συστήματα ανίχνευσης καπνού και φλόγας. Τέτοια συστήματα πρέπει να υπάρχουν επίσης στα αμέσως γειτονικά κύτη.

Οι ενδείξεις αυτών των οργάνων (ηχητικές και οπτικές) είναι συνήθως εγκαταστημένες στον χώρο πηδαλιουχίας.

Σε σύγχρονα φορτηγά πλοία εγκαθίστανται τέτοια συστήματα όχι μόνο στα κύτη και τους χώρους φορτίου, αλλά και σε άλλους χώρους, όπως των ενδιαιτήσεων, στους διάδρομους κ.λπ..

20.4 Μέσα και συστήματα καταπολέμησης της πυρκαγιάς

Οι σχετικές απαιτήσεις για τα φορτηγά πλοία περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

20.4.1 Αντλίες και δίκτυο πυρκαγιάς

1) Κάθε πλοίο με ολική χωρητικότητα πάνω από 1000 κόρους πρέπει να έχει δύο ανεξάρτητες αντλίες πυρκαγιάς.

2) Όταν σε ένα πλοίο με χωρητικότητα πάνω από 1000 κόρους, μια πυρκαγιά σε κάποιο χώρο θέσει εκτός λειτουργίας και τις δύο αντλίες πυρκαγιάς, πρέπει να υπάρχει και ένας ανεξάρτητος τρόπος παροχής νερού για την κατάσβεσή της. Όταν το πλοίο έχει χωρητικότητα πάνω από 2000 κόρους, η παραπάνω εναλλακτική δυνατότητα πρέπει να είναι μια ***μόνιμη ανεξάρτητη αντλία πυρκαγιάς ανάγκης.***

20.4.2 Λήψεις πυρκαγιάς – Σωληνώσεις – Ακροσωλήνια

1) Σε πλοία με ολική χωρητικότητα πάνω από 1000 κόρους πρέπει να υπάρχει από μία λήψη πυρκαγιάς ανά 30 m μήκους του πλοίου και μία ακόμα επιπλέον. Οι λήψεις ποτέ δεν πρέπει να είναι λιγότερες από πέντε. Οι λήψεις του μηχανοστασίου και λεβητοστασίου δεν λαμβάνονται υπόψη στην παραπάνω μέτρηση.

2) Σε χώρους ενδιαίτησης, επανδρωμένους χώρους και μηχανοστάσια, πρέπει να υπάρχουν αρκετές λήψεις πυρκαγιάς, ώστε κάθε σημείο να είναι προσιτό από δύο δέσμες νερού (ή μία από αυτές με απλό μήκος σωλήνα).

3) Κάθε κενό αμπάρι θα πρέπει να μπορεί να εξυπηρετείται από δύο δέσμες νερού.

4) Ο εξοπλισμός των λήψεων (σωλήνες και ακροσωλήνια) καθορίζεται στους κανονισμούς. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις λήψεις του μηχανοστασίου.

20.4.3 Λήψη ξηράς

Κάθε φορτηγό πλοίο με ολική χωρητικότητα πάνω από 1000 κόρους πρέπει να έχει μία τουλάχιστον λήψη ξηράς. Η ***λήψη ξηράς*** είναι εξάρτημα που προσαρμόζεται στο δίκτυο πυρκαγιάς του πλοίου και επιτρέπει την ενεργοποίησή του με νερό που παρέχεται από την ξηρά.

20.4.4 Φορητοί πυροσβεστήρες

Ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου πρέπει να υπάρχουν στους χώρους ενδιαίτη-

σης και υπηρεσίας φορητοί πυροσβεστήρες ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου. Σε καμία περίπτωση ο αριθμός αυτός δεν μπορεί να είναι μικρότερος από πέντε.

20.4.5 Μόνιμα μέσα κατάσβεσης στα κύτη

Στα αμπάρια κάθε φορτηγού πλοίου με ολική χωρητικότητα πάνω από 2000 κόρους πρέπει να υπάρχει ένα μόνιμο σύστημα κατάσβεσης πυρκαγιάς στα κύτη. Το μόνιμο αυτό σύστημα πρέπει να χρησιμοποιεί βασικά ***διοξείδιο του άνθρακα.*** Κάτω από ορισμένες μόνο συνθήκες μπορεί να επιτραπεί η χρήση άλλου αερίου ή ατμού. Τα χειριστήρια για την κατάκλυση των κυτών είναι συγκεντρωμένα σε κάποια εύκολα προσιτή θέση έξω από τα κύτη.

Ειδικές διατάξεις προβλέπουν πότε οι παραπάνω απαιτήσεις δεν είναι υποχρεωτικές ή προβλέπουν πρόσθετες απαιτήσεις όταν ένα πλοίο μεταφέρει εκρηκτικά.

20.4.6 Μόνιμα συστήματα κατάσβεσης σε λεβητοστάσια

Σε πλοία με ολική χωρητικότητα πάνω από 1000 κόρους και όπου υπάρχουν κύριοι ή βοηθητικοί λέβητες ή δεξαμενές κατακάθισης πετρελαίου, πρέπει να υπάρχει ένα από τα παρακάτω συστήματα κατάσβεσης:

1) Μόνιμο σύστημα ράντισης με νερό.
2) Μόνιμο σύστημα κατάκλυσης με αέριο (CO_2 ή άλλο).
3) Μόνιμο σύστημα αφρού.

Ακόμη θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο φορητοί πυροσβεστήρες αφρού και δοχεία με άμμο.

20.4.7 Μόνιμα μέσα κατάσβεσης σε χώρους με μηχανές εσωτερικής καύσης

Πρέπει να υπάρχει ένα τουλάχιστον, από τα παρακάτω συστήματα:

1) Μόνιμο σύστημα ράντισης με νερό.
2) Μόνιμο σύστημα κατάκλυσης με αέριο.
3) Μόνιμο σύστημα αφρού.

Ακόμη πρέπει να υπάρχει ένας, τουλάχιστον, φορητός πυροσβεστήρας αφρού των 10 γαλονιών.

20.4.8 Στολές πυροσβέστη

Κάθε πλοίο πρέπει να έχει δύο τουλάχιστον στολές πυροσβέστη και δύο αναπνευστικές μάσκες. Οι στολές αυτές θα πρέπει να είναι αποθηκευμένες σε εύκολα προσιτή θέση και έτοιμες για χρήση.

20.5 Έξοδοι διαφυγής

Στους χώρους ενδιαίτησης και στους επανδρωμένους χώρους πρέπει να υπάρχουν έξοδοι που οδηγούν στις σωσίβιες λέμβους. Στο μηχανοστάσιο πρέπει να υπάρχουν δύο έξοδοι διαφυγής.

20.6 Ειδικές διατάξεις μηχανοστασίου

1) Θα πρέπει να υπάρχουν τρόποι απομόνωσης των ανεμιστήρων που τροφοδοτούν το μηχανοστάσιο ή τα κύτη. Επίσης δυνατότητες πλήρους απομόνωσης του μηχανοστασίου (πόρτες, κάθοδοι, αναφωτίδα).

2) Οι ανεμιστήρες του μηχανοστασίου και όλα τα μηχανήματα που έχουν σχέση με το πετρέλαιο (αντλίες, φυγοκεντρικά καθαριστήρια), πρέπει να διαθέτουν τηλεχειρισμό με τον οποίο να επιτυγχάνεται η παύση της λειτουργίας τους από χώρο έξω από το μηχανοστάσιο.

3) Όλες οι αναρροφήσεις από δεξαμενές αποθηκεύσης, κατακάθισης ή ημερήσιας χρήσης πετρελαίου, που βρίσκονται πάνω από το διπύθμενο, πρέπει να έχουν βαλβίδες απομόνωσης οι οποίες να κλείνουν από χώρο έξω από το μηχανοστάσιο.

20.7 Ειδικές απαιτήσεις για επιβατικά πλοία

Λόγω του μεγάλου αριθμού επιβατών, οι απαιτήσεις προστασίας των επιβατικών πλοίων από πυρκαγιά είναι εξαιρετικά αυξημένες σε σύγκριση με τα φορτηγά.

Η κεντρική ιδέα της πυρασφάλειας ενός επιβατικού πλοίου είναι η υποδιαίρεσή του με κατακόρυφες φρακτές τύπου Α σε ***κατακόρυφες ζώνες πυρκαγιάς.*** Ένα διάφραγμα θεωρείται τύπου Α, όταν:

1) Είναι κατασκευασμένο από χάλυβα.

2) Είναι ενισχυμένο επαρκώς.

3) Δεν επιτρέπει στο ***πείραμα πυρκαγιάς*** τη διέλευση προς την ***άλλη*** πλευρά καπνού ή φλόγας επί μία ώρα τουλάχιστον.

4) Εμποδίζει την αύξηση της μέγιστης και μέσης θερμοκρασίας στην άλλη πλευρά κατά 180 και 139°C πάνω από εκείνη του περιβάλλοντος. Διακρίνουμε διαφράγματα A-60, A-30, A-15 και A-0.

Εκτός από την κατακόρυφη διαίρεση είναι δυνατή, μέσα στην ίδια κατακόρυφη ζώνη, η διαίρεση του πλοίου σε οριζόντιες ζώνες πυρκαγιάς με καταστρώματα τύπου Α.

Μέσα στην ίδια κατακόρυφη ζώνη οι φρακτές και τα καταστρώματα που δεν απαιτείται να είναι τύπου Α, είναι τύπου Β ή C. (Ο τύπος C είναι απλό διαχώρισμα από άκαυστα υλικά χωρίς ειδικές απαιτήσεις, όπως συμβαίνει με τα τύπου Α και Β).

Στα οχηματαγωγά πλοία, επειδή δεν εφαρμόζεται, λόγω της μορφής τους, η διαίρεση σε κατακόρυφες ζώνες, υπάρχουν άλλες εναλλακτικές διατάξεις που έχουν κυρίως ως βάση την ύπαρξη ***συστημάτων ράντισης.***

Σε όλους τους χώρους ενδιαίτησης και υπηρεσίας απαιτείται η ύπαρξη τόσο αυτόματου συστήματος ράντισης όσο και αυτόματου συστήματος ανίχνευσης και συναγερμού πυρκαγιάς. Επίσης ειδική προστασία απαιτείται στα κλιμακοστάσια.

Στους υπόλοιπους χώρους του πλοίου ισχύουν απαιτήσεις ανάλογες με εκείνες που αναφέρθηκαν για τα φορτηγά πλοία αλλά σημαντικά αυξημένες.

20.8 Πετρελαιοφόρα

Οι κανονισμοί της ΔΣ SOLAS περιέχουν αυξημένες απαιτήσεις προστασίας των

νέων (νεότευκτων) πετρελαιοφόρων εξαιτίας του εξαιρετικά μεγάλου κινδύνου πυρκαγιάς που αντιμετωπίζουν τα πλοία του τύπου αυτού. Οι κίνδυνοι για τα ήδη υπάρχοντα πλοία είναι οι ίδιοι, με τη διαφορά ότι τα προληπτικά μέτρα εφαρμόζονται δυσκολότερα. Οι πιο σημαντικές από τις απαιτήσεις για τα ***νέα*** πλοία είναι:

1) Ιδιαίτερες απαιτήσεις διαχωρισμού των χώρων με φρακτές τύπου Α.

2) Ιδιαίτερες κατασκευαστικές απαιτήσεις των διάφορων συστημάτων.

3) Ειδικές διατάξεις εξαερισμού των χώρων φορτίου.

4) Ανάγκη ύπαρξης ειδικού και μόνιμου συστήματος αφρού στο κατάστρωμα για την προστασία του καταστρώματος και των δεξαμενών του φορτίου.

5) Ανάγκη ύπαρξης συστήματος αδρανούς αερίου για τον ίδιο σκοπό.

Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα συστήματα προστασίας από πυρκαγιά των επιβατικών πλοίων και των πετρελαιοφόρων, θα πρέπει κάποιος να ανατρέξει στους κανονισμούς της ΔΣ SOLAS.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21

Προστασία από διαρροή

21.1 Γενικά

Από τα 2520 πλοία που χάθηκαν στην περίοδο 1961-1969 (παράγρ. 20.1), τα 679, δηλαδή ποσοστό 27%, χάθηκαν από βύθιση ή ανατροπή. Αν λάβει κάποιος υπόψη του ότι μεγάλο ποσοστό από τις περιπτώσεις ανατροπής και το σύνολο σχεδόν των περιπτώσεων βύθισης οφείλεται σε απώλεια της υδατοστεγανότητας του πλοίου, αντιλαμβάνεται εύκολα τη σημασία των μέτρων που αποβλέπουν στην προστασία του πλοίου από διαρροή.

Η υδατοστεγανότητα του πλοίου μπορεί να χαθεί από αστοχία ή φθορά των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής του, από σύγκρουση με άλλο πλοίο ή από σύγκρουση στην ξηρά και από προσάραξη.

Η αστοχία ή φθορά στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής μπορεί να αποφευχθεί όταν η κατασκευή είναι ικανοποιητική και όταν το κέλυφος και τα δίκτυα που επικοινωνούν με τη θάλασσα συντηρούνται. Η αποφυγή συγκρούσεων και προσαράξεων εξαρτώνται κυρίως από την ικανότητα του Πλοιάρχου.

Μπορεί όμως το πλοίο από τη σχεδίασή του να διαθέτει ***κάποιες*** δυνατότητες περιορισμού των παραπάνω ενδεχομένων εξασφαλίζοντας έτσι κατά πρώτο λόγο την επιβίωση των επιβατών και του πληρώματος και κατά δεύτερο τη διάσωση του ίδιου του πλοίου και του φορτίου. Η έκταση των παραπάνω δυνατοτήτων μεταβάλλεται ανάλογα με τον προορισμό και τα χαρακτηριστικά του πλοίου.

Φυσικά θα πρέπει να τονισθεί εδώ ότι ***όσα μέσα και δυνατότητες και αν διαθέτει το πλοίο, η σωστή χρησιμοποίησή τους την ώρα που θα χρειασθούν είναι εκείνη που θα παίξει τον πιο σημαντικό ρόλο για τη διάσωσή του.***

Αν και το ενδεχόμενο εσωτερικής διαρροής στο πλοίο (από κάποιο δίκτυο θάλασσας) είναι αρκετά πιθανό, εδώ θα ασχοληθούμε μόνο με τις ***εξωτερικές διαρροές,*** δηλαδή με εκείνες που δημιουργούν ανεξέλεγκτη επικοινωνία εσωτερικών χώρων του πλοίου με το περιβάλλον.

Αν το πλοίο δεν είχε στεγανή υποδιαίρεση, κάθε εξωτερική διαρροή θα είχε ως αποτέλεσμα κατάκλυση του συνόλου των εσωτερικών χώρων. Αυτό θα δημιουργούσε τέτοια αύξηση του βάρους ή τέτοια προβλήματα ευστάθειας του πλοίου που η βύθισή του ή η ανατροπή του θα ήταν αναπόφευκτη.

Γι' αυτό τα πλοία με στεγανές φρακτές (μπουλμέδες), έχουν μια σημαντική εσωτερική υποδιαίρεση που συντελεί στον περιορισμό:

1) Του υποβιβασμού του επιπέδου ευστάθειας μετά την κατάκλυση.

2) Της ζημιάς στο φορτίο.

3) Της υπέρμετρης διαφοράς διαγωγής και

4) της απώλειας εφεδρικής πλευστότητας.

Για να έχει τον χρόνο το πλήρωμα να πάρει διάφορα διορθωτικά μέτρα σε περίπτωση κατάκλυσης, θα πρέπει το πλοίο να μπορέσει να επιπλεύσει με κάπως ικανοποιητική ευστάθεια και χωρίς υπερβολική εγκάρσια κλίση. Όλα αυτά ίσως να εξασφαλισθούν μόνο μέσω της εσωτερικής στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου.

Από τα παραπάνω προκύπτει και η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδουν όλοι οι κανονισμοί προστασίας του πλοίου από διαρροή στη στεγανή υποδιαίρεση σε σχέση με τις υπόλοιπες απαιτήσεις (αντλίες, δίκτυα, υλικά στεγανοποίησης κ.λπ.).

21.2 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης φορτηγών πλοίων

Σε ένα φορτηγό πλοίο που ταξιδεύει φορτωμένο, οι επιπτώσεις από την εισροή νερού σε ένα από τα κύτη του δεν είναι γενικά πολύ σημαντικές (εκτός από τη ζημιά στο φορτίο), γιατί λόγω της ύπαρξης του φορτίου η ποσότητα του νερού που μπορεί να εισρεύσει στα κύτη του είναι περιορισμένη. Όταν το πλοίο ταξιδεύει χωρίς φορτίο, η ποσότητα του νερού είναι μεγάλη, αλλά τότε το πλοίο έχει μεγαλύτερη εφεδρική πλευστότητα. Σημαντικές επιπτώσεις στην πλευστότητα και στην ευστάθεια μπορούν να έχουν οι χώροι κάτω από την ίσαλο που δεν έχουν φορτίο, όπως είναι το μηχανοστάσιο.

Για τους παραπάνω λόγους, οι κανονισμοί για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα δεν έχουν ειδικές απαιτήσεις για τη στεγανή υποδιαίρεση των φορτηγών πλοίων.

Αντίθετα οι Νηογνώμονες έχουν ορισμένες απαιτήσεις. Για παράδειγμα, οι κανονισμοί του Lloyd's Register of Shipping προβλέπουν:

1) Την ύπαρξη εγκάρσιας στεγανής φρακτής προστασίας από σύγκρουση σε απόσταση από 5 – 7,5% του μήκους προς την πρύμνη από το σημείο στο οποίο η ίσαλος τέμνει τη στείρα.

2) Την ύπαρξη στεγανής εγκάρσιας φρακτής στην πρύμνη που θα εξασφαλίζει ότι το σύστημα στεγανότητας του ελικοφόρου άξονα μπορεί να περικλεισθεί σε ένα στεγανό διαμέρισμα.

Την ύπαρξη πρόσθετων εγκάρσιων φρακτών σε ***λογικές*** αποστάσεις μεταξύ τους, ώστε να συμπληρώνεται ο συνολικός αριθμός που δείχνει ο πίνακας 21.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 21.1
Αριθμός φρακτών φορτηγών πλοίων

Μήκος πλοίου σε m		**Συνολικός Αριθμός Φρακτών**	
Από	Μέχρι	Μηχανοστάσιο στο μέσο	Μηχανοστάσιο στην πρύμνη
90	105	5	5
105	115	6	5
115	125	6	6
125	145	7	6
145	165	8	7
165	190	9	8
190	και πάνω	Καθορισμός κατά περίπτωση	

Ειδικές απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης καθορίζονται επίσης από τους κανονισμούς της γραμμής φόρτωσης για τον χαρακτηρισμό ενός φορτηγού πλοίου (όχι Δ/Ξ) με μήκος πάνω από 150 m ως πλοίου τύπου Α*. Σε αυτήν την περίπτωση το πλοίο θα πρέπει να μπορεί να υποστεί κατάκλυση ενός οποιουδήποτε κενού χώρου χωρίς:

1) Η τελική ίσαλος, μετά την κατάκλυση, να είναι χαμηλότερη από οποιοδήποτε άνοιγμα που θα μπορούσε να προκαλέσει προοδευτική κατάκλυση.

2) Η μέγιστη γωνία εγκάρσιας κλίσης λόγω της κατάκλυσης να υπερβαίνει τις 15°.

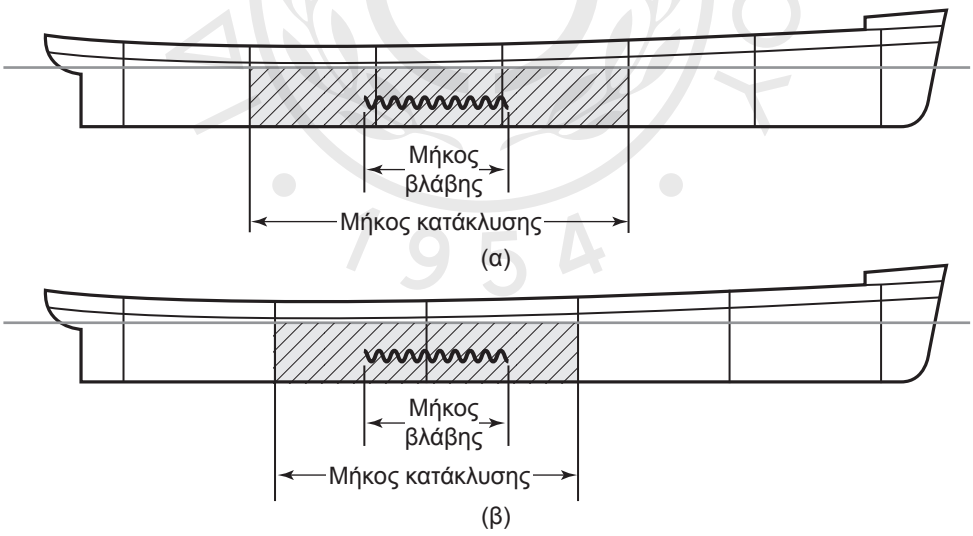
3) Το τελικό, μετά την κατάκλυση, μετακεντρικό ύψος να είναι θετικό.

21.3 Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης επιβατικών πλοίων

Κάθε πλοίο που μεταφέρει πάνω από 12 επιβάτες θεωρείται επιβατικό.

Επειδή οι επιβάτες που μεταφέρονται από τα επιβατικά πλοία είναι πολλοί και όχι απαραίτητα εξοικειωμένοι με τη θάλασσα, οι κανονισμοί για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα έχουν ειδικές απαιτήσεις για τη στεγανή υποδιαίρεση αυτών των πλοίων.

Η ιδανική απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές εγκάρσιες στεγανές φρακτές θα πρέπει να είναι λίγο μεγαλύτερη από το μήκος ρήγματος. Σε αυτήν την περίπτωση ένα ρήγμα θα μπορούσε να δημιουργήσει επικοινωνία με τη θάλασσα ενός ή το πολύ δύο στεγανών συνεχόμενων διαμερισμάτων [σχ. 21.1(β)].



Σχ. 21.1
Μήκος κατάκλυσης σε σχέση με το μήκος βλάβης. (α) Απόσταση φρακτών λίγο μικρότερη από το μήκος βλάβης. (β) Απόσταση φρακτών λίγο μεγαλύτερη από το μήκος βλάβης.

* Ο χαρακτηρισμός πλοίο τύπου Α επεξηγείται στο κεφάλαιο 26.

Μικρότερη απόσταση των φρακτών από το μήκος του ρήγματος, θα μπορούσε να δημιουργήσει επικοινωνία με τη θάλασσα τριών συνεχόμενων στεγανών διαμερισμάτων [σχ. 21.1(α)].

Επίσης πολύ μεγαλύτερη απόσταση φρακτών από το μήκος ρήγματος, δημιουργεί την επικοινωνία με τη θάλασσα μεγαλύτερου μήκους του πλοίου.

Επειδή το μήκος ενός ρήγματος δεν είναι γνωστό και επειδή κατά τη διαμόρφωση της στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η εξασφάλιση ικανοποιητικής λειτουργικότητάς τους, έχει επικρατήσει, άλλωστε προκύπτει και από την εφαρμογή των κανονισμών της ΔΣ για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα, ο καθορισμός μιας μέγιστης απόστασης μεταξύ των φρακτών του πλοίου.

Για τη στοιχειώδη κατανόηση των σχετικών κανονισμών απαιτούνται οι παρακάτω ορισμοί:

1) ***Κατάστρωμα στεγανής υποδιαίρεσης (Bulkhead deck):*** Είναι το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα μέχρι το οποίο φθάνουν οι στεγανές φρακτές.

2) ***Γραμμή ορίου βύθισης (Margin line):*** Είναι μία νοητή γραμμή που βρίσκεται 76 mm κάτω από την ανώτερη όψη του καταστρώματος στεγανής υποδιαίρεσης στην πλευρά.

3) ***Διαχωρητότητα (Permeability) ενός χώρου.*** Είναι το ποσοστό κατά το οποίο μπορεί να γεμίσει με νερό ο χώρος. Κενός χώρος (χωρίς εσωτερικές ενισχύσεις) έχει διαχωρητότητα 100% ενώ χώρος γεμάτος υγρό 0%.

4) ***Κατακλύσιμο μήκος (Floodable length):*** Το μήκος ενός θεωρητικού διαμερίσματος η κατάκλυση του οποίου θα φέρει το πλοίο σε κάποια ίσαλο που θα εφάπτεται στη γραμμή ορίου βύθισης.

5) ***Καμπύλη κατακλύσιμων μηκών (Floodable length curve):*** Μία καμπύλη που δείχνει πόσο είναι το κατακλύσιμο μήκος σε κάθε σημείο κατά μήκος του πλοίου. Η καμπύλη κατακλύσιμων μηκών ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 8.5 και προκύπτει από μια σειρά γεωμετρικών υπολογισμών που ξεφεύγουν από τα όρια αυτού του βιβλίου.

6) ***Δείκτης κριτηρίου (Criterion numeral).*** Ένας αριθμός που υπολογίζεται σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΔΣ για την προστασία της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα και εξαρτάται από την κατανομή των χώρων του πλοίου ανάμεσα στο μηχανοστάσιο και στους χώρους επιβατών πάνω και κάτω από τη γραμμή ορίου βύθισης.

7) ***Συντελεστής υποδιαίρεσης (Factor of subdivision).*** Ένας συντελεστής με τιμή ίση ή μικρότερη από τη μονάδα, ο οποίος όταν πολλαπλασιάζεται με το κατακλύσιμο μήκος, σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος του πλοίου, δίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος διαμερίσματος που έχει μέσο το αντίστοιχο σημείο ο συντελεστής αυτός:

α) Ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μήκος του πλοίου.

β) Αυξάνεται όταν ο κύριος σκοπός του πλοίου είναι η μεταφορά επιβατών και λιγότερο η μεταφορά φορτίων.

Με την εφαρμογή των κανονισμών της συμβάσης για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα βρίσκεται ο συντελεστής υποδιαίρεσης και στη συνέχεια προκύπτει, από την καμπύλη κατακλύσιμων μηκών, η ***καμπύλη επιτρεπόμενων μηκών διαμερισμάτων.***

Οι στεγανές φρακτές του πλοίου θα πρέπει να είναι έτσι τοποθετημένες, ώστε η απόστασή τους να μην είναι μεγαλύτερη από εκείνη που προκύπτει από την παραπάνω καμπύλη για το μέσο του διαμερίσματος.

Όταν η τιμή του συντελεστή υποδιαίρεσης είναι η μονάδα, η καμπύλη επιτρεπόμενων μηκών συμπίπτει με την καμπύλη κατακλύσιμων μηκών.

Όλα τα παραπάνω αφορούν μόνο την πλευστότητα του πλοίου. Η στεγανή όμως υποδιαίρεση του πλοίου επηρεάζεται και από τις απαιτήσεις ευστάθειας μετά από βλάβη. Το σύνολο των απαιτήσεων που πρέπει να εκπληρώνει (μετά την κατάκλυση) ένα επιβατικό πλοίο, σύμφωνα με τους κανονισμούς, είναι:

1) Η ίσαλος μετά την κατάκλυση δεν πρέπει να βρίσκεται σε κανένα σημείο πάνω από τη γραμμή ορίου βύθισης.

2) Σε περίπτωση συμμετρικής κατάκλυσης, το μετακεντρικό ύψος πού απομένει δεν πρέπει να είναι λιγότερο από 0,05 m.

3) Σε περίπτωση ασύμμετρης κατάκλυσης, η εγκάρσια κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 7°.

Για να εξασφαλισθούν οι παραπάνω απαιτήσεις γίνονται διάφοροι υπολογισμοί των οποίων τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν συνήθως και διάφορους περιορισμούς στη χρησιμοποίηση του πλοίου που είναι (κατά τους υπολογισμούς) αναγκαίοι για να μπορέσουν σε περίπτωση κατάκλυσης να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις. Οι περιορισμοί αυτοί με τη μορφή κειμένου ή και διαγραμμάτων δίνονται στον Πλοίαρχο. Η ***τήρηση των περιορισμών από τον Πλοίαρχο έχει τεράστια σημασία στην προστασία του πλοίου από το ενδεχόμενο διαρροής και είναι υποχρεωτική.*** Στους περιορισμούς καθορίζονται λεπτομέρειες, όπως το μέγιστο και ελάχιστο βύθισμα του πλοίου, η θέση του κέντρου βάρους κατά την κατακόρυφο, ο τρόπος χρησιμοποίησης των δεξαμενών κ.ά..

21.4 Πρακτικά μέτρα προστασίας από ενδεχόμενη διαρροή

Στα προηγούμενα δόθηκε, πολύ συνοπτικά, το θεωρητικό μέρος των μέτρων προστασίας από το ενδεχόμενο διαρροής. Σε πάρα πολλά πλοία όμως η στεγανή υποδιαίρεση που φαίνεται στα σχέδια του πλοίου δεν υπάρχει στην πράξη. Το επίπεδο επομένως της προστασίας είναι πολύ χαμηλό.

Τα πληρώματα και ιδιαίτερα οι Αξιωματικοί των πλοίων θα πρέπει για την προστασία από διαρροή να έχουν υπόψη τους τα παρακάτω σημεία:

1) Εξοικείωση με τις δυνατότητες προστασίας του πλοίου και με τους απαραίτητους περιορισμούς στη χρησιμοποίησή του.

2) Εξοικείωση με τα μέσα καταπολέμησης διαρροής και με τη γενική διάταξη του πλοίου και των συστημάτων του.

3) Σχολαστική διατήρηση της υδατοστεγανότητας του πλοίου, φρακτές σε καλή κατάσταση και στεγανές θύρες κλειστές όπως προβλέπεται.

4) Φόρτωση όπως προβλέπεται από τις μελέτες και τα σχέδια.

5) Φόρτωση υγρών στις δεξαμενές, καθώς και υγρού έρματος όπως προβλέπεται από τις μελέτες και τα σχέδια.

6) Παρακολούθηση των στοιχείων ευστάθειας του πλοίου.

7) Αποφυγή προσθήκης μη προβλεπόμενων βαρών στο κατάστρωμα ή σε ψηλότερα σημεία.

8) Ύπαρξη στο πλοίο και σχολαστική συντήρηση του υλικού στεγανοποίησης διαρροών, όπως τσιμέντο ταχείας πήξης και υλικό υποστήλωσης.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22

Καταπολέμηση πυρκαγιάς

22.1 Γενικά για τη φωτιά

Για τη δημιουργία και συντήρηση της φωτιάς είναι απαραίτητη η ύπαρξη τριών στοιχείων ***(χημικό τρίγωνο)***. Τα στοιχεία αυτά είναι, η ***καύσιμη ύλη***, ή ***υψηλή θερμοκρασία*** και το ***οξυγόνο***. Ο έλεγχος και η κατάσβεση της πυρκαγιάς στηρίζεται στην εξαφάνιση ενός από τα τρία στοιχεία.

Για τις ανάγκες αυτού του κεφαλαίου ***καύσιμη ύλη*** είναι εκείνη που αναφλέγεται όταν η θερμοκρασία της υπερβεί το σημείο έναυσης. Κατά τη χημική αντίδραση της καύσης παράγεται θερμότητα που ανεβάζει προοδευτικά τη θερμοκρασία της καύσιμης ύλης, με αποτέλεσμα τη ραγδαία εξάπλωση της πυρκαγιάς. Τα χημικά στοιχεία της καύσιμης ύλης που καίγονται είναι ο άνθρακας, το υδρογόνο κ.ά.. ***Τα προϊόντα της καύσης περιέχουν κυρίως μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα.*** Το διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι τοξικό ,αλλά δημιουργεί ασφυξία όταν βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα. ***Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι εξαιρετικά δηλητηριώδες και τοξικό ακόμη και σε πολύ μικρή ποσότητα.*** Επίσης είναι εύφλεκτο και εκρηκτικό. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αναπνοής σε χώρο που υπάρχει μονοξείδιο του άνθρακα είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση μάσκας οξυγόνου. Παραμένει όμως πάντοτε ο κίνδυνος της έκρηξης.

22.1.1 Θερμοκρασία έναυσης

Για να αναφλεγεί η καύσιμη ύλη θα πρέπει να έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη *θερμοκρασία αυτοέναυσης* (ignition temperature). Σε αυτήν τη θερμοκρασία οι ατμοί της καύσιμης ύλης αναφλέγονται μόνοι τους όταν υπάρχει οξυγόνο. Φυσικά σε άλλη χαμηλότερη θερμοκρασία, η καύσιμη ύλη αναφλέγεται και συνεχίζει να καίγεται (fire point) όταν έλθει σε επαφή με φλόγα.

Ενδεικτικά οι δύο παραπάνω θερμοκρασίες για τη βενζίνη είναι 260°C και –20°C και για το πετρέλαιο 260°C και 93°C.

22.1.2 Αιτία των εκρήξεων

Κίνδυνος έκρηξης υπάρχει από τη συγκέντρωση του αερίου της καύσιμης ύλης στον αέρα σε έναν κλειστό χώρο. Για τη βενζίνη επί πάρεδείγματι όταν η συγκέντρωση των αερίων κυμαίνεται μεταξύ 1,6-6,0% κατά όγκο, υπάρχει κίνδυνος έκρηξης. ***Χαμηλότερη συγκέντρωση καθιστά το μείγμα πολύ φτωχό, ενώ ψηλότερη πολύ πλούσιο.*** Και στις δύο περιπτώσεις όμως δεν έχουμε έκρηξη.

22.1.3 Μη παροχή καύσιμης ύλης

Στην περίπτωση αυτή, το προσωπικό καταπολέμησης της πυρκαγιάς προσπαθεί να εμποδίσει, κλείνοντας τις κατάλληλες βαλβίδες, την παροχή καύσιμης ύλης στην περιοχή της πυρκαγιάς. Επίσης επιδιώκει την απομάκρυνση των στερεών υλών από τον χώρο.

22.1.4 Αφαίρεση θερμότητας

Αυτή η προσπάθεια έχει ως στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας στον χώρο της πυρκαγιάς και την παρεμπόδιση της αύξησης της θερμοκρασίας σε άλλους χώρους. Τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται είναι η σωστή χρήση των δικτύων αερισμού-εξαερισμού, η παροχή νερού και η χρήση μηχανικού αφρού.

22.1.5 Έλεγχος της παροχής αέρα

Οι προσπάθειες προς αυτήν την κατεύθυνση αποσκοπούν είτε στην αραίωση του αέρα είτε στην απομόνωση της καύσιμης ύλης από τον αέρα.

Για την πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται διοξείδιο του άνθρακα το οποίο σε κλειστό χώρο ελαττώνει τη συγκέντρωση του οξυγόνου σε βαθμό που να μην επιτρέπει τη συντήρηση φλόγας.

Η απομόνωση της καύσιμης ύλης από τον αέρα μπορεί να γίνει με κάλυψη της με αφρό. Η μέθοδος αυτή μπορεί να είναι αποδοτική κυρίως σε πυρκαγιές υγρών καυσίμων.

22.1.6 Τύποι πυρκαγιών

Οι πυρκαγιές που παρουσιάζονται στα πλοία μπορούν να διακριθούν, ανάλογα με την καύσιμη ύλη, σε τρεις τύπους:

1) ***Τύπος Α.*** Πυρκαγιές στερεών κοινών καυσίμων υλών (π.χ. στρώματα, τα χαρτιά και τα ξύλα).

2) ***Τύπος Β.*** Πυρκαγιές υγρών καυσίμων υλών (π.χ. βενζίνη και πετρέλαιο).

3) ***Τύπος Γ.*** Πυρκαγιές σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (π.χ. πίνακες και μετά σχηματιστές).

Σε αυτήν τη περίπτωση, η χρήση των μέσων πυρόσβεσης θα πρέπει να γίνει κατά τρόπο που να εξασφαλίζει τους πυροσβέστες από το ενδεχόμενο ηλεκτροπληξίας.

22.2 Μέσα καταπολέμησης πυρκαγιάς

1) Χρήση νερού.

Το νερό είναι το κύριο μέσο που χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς γιατί διατίθεται εύκολα και σε μεγάλες ποσότητες στα πλοία και μπορεί να φέρει τις περισσότερες καύσιμες ύλες κάτω από τη θερμοκρασία καύσης. Η καλύτερη χρήση του νερού γι' αυτόν το σκοπό είναι με τη μορφή ομίχλης που δημιουργείται από ένα ακροσωλήνιο ομίχλης. Με αυτόν τον τρόπο το νερό διασπάται σε μικρές σταγόνες που έρχονται σε επαφή με το θερμό περιβάλλον, ατμοποιού-

νται και έτσι απορροφούνται μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Επιπλέον το στρώμα ατμού που σχηματίζεται εμποδίζει και την επαφή της καύσιμης ύλης με τον αέρα. Το νερό χρησιμοποιείται κυρίως για την καταπολέμηση πυρκαγιάς τύπου Α.

2) Χρήση ομίχλης

Νερό με τη μορφή ομίχλης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την καταπολέμηση πυρκαγιών τύπου Γ. Επιπλέον η ομίχλη σχηματίζει ένα προστατευτικό στρώμα μεταξύ της φωτιάς και του πυροσβέστη που εμποδίζει τις επιδράσεις της ψηλής θερμοκρασίας και του καπνού.

Σε διαμερίσματα μέσα στα οποία η πυρκαγιά έχει φθάσει σε πλήρη εξέλιξη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό με τη μορφή ομίχλης για να ψύξει την οροφή του διαμερίσματος μέσω των διάφορων ανοιγμάτων.

3) Χρήση αφρού

Οι πυρκαγιές υγρών καυσίμων (τύπος Β) καταπολεμούνται συνήθως με τη μέθοδο της απομόνωσης καύσιμης ύλης και αέρα με τη βοήθεια ενός στρώματος αφρού. Για πολύ μικρές πυρκαγιές μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια κουβέρτα ή άμμος για την απομόνωση καύσιμης ύλης και αέρα.

Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας του διακρίνουμε δύο είδη αφρού:

1) Τον ***χημικό αφρό,*** που δημιουργείται από την αντίδραση χημικών που έχουν τη μορφή σκόνης σε νερό.

2) Τον ***μηχανικό αφρό,*** που δημιουργείται από τη μηχανική ανάδευση υγρού αφρού με νερό σε αέρα

4) Χρήση αερίων

Η χρήση αερίων αποσκοπεί στην ελάττωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου σε τέτοιο βαθμό που να μην είναι δυνατή η συντήρηση της πυρκαγιάς. Το αέριο που χρησιμοποιείται γι' αυτόν τον σκοπό είναι συνήθως, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αδρανές και δεν δημιουργεί προβλήματα όταν έλθει σε επαφή με τα διάφορα συστήματα του πλοίου. Είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού και γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρικής προέλευσης πυρκαγιές χωρίς κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

Το διοξείδιο του άνθρακα φυλάγεται συνήθως σε συστοιχίες από φιάλες σε ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση 60 περίπου ατμόσφαιρες. Στις συνθήκες αυτές τα ⅔ του όγκου του είναι σε υγρή κατάσταση. Κατά τη χρησιμοποίησή του έχει τη μορφή χιονιού.

Σε πυρκαγιές υγρών καυσίμων σε περιορισμένους χώρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ατμός για την ελάττωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου.

22.3 Τα συστήματα αερισμού-εξαερισμού και εξάντλησης και η πυρκαγιά

22.3.1 Συστήματα αερισμού-εξαερισμού

Η σωστή χρήση των συστημάτων αερισμού-εξαερισμού του πλοίου μπορεί να

εμποδίσει την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Αντίθετα λανθασμένη χρήση των παραπάνω συστημάτων μπορεί να συντελέσει στη γρήγορη εξάπλωσή της.

Ως γενική αρχή μπορούμε να αναφέρουμε ότι η ***παροχή αέρα σε έναν χώρο που υπάρχει πυρκαγιά πρέπει να διακοπεί με κάθε τρόπο.*** Ενώ η λειτουργία του συστήματος εξαερισμού από τον παραπάνω χώρο μπορεί να μεταφέρει καπνούς και φλόγες σε άλλα διαμερίσματα του πλοίου. Καπνοί και φλόγες μπορούν να μεταφερθούν σε άλλους χώρους ακόμη και όταν τα δίκτυα δεν λειτουργούν. Γι' αυτό πρέπει να γίνονται σ' αυτά οι απαραίτητες απομονώσεις.

Για τους παραπάνω λόγους απαιτείται η πλήρης κατανόηση της λειτουργίας των δικτύων αερισμού και εξαερισμού από τον επικεφαλής της ομάδας καταπολέμησης της πυρκαγιάς και η σωστή χρησιμοποίησή τους.

22.3.2 Συστήματα εξάντλησης

Κατά την προσπάθεια κατάσβεσης της πυρκαγιάς μεγάλες ποσότητες νερού ρίχνονται στο εσωτερικό του πλοίου. Εάν δεν υπάρξει μέριμνα για την αφαίρεση αυτών των ποσοτήτων, το πλοίο ενδέχεται να αντιμετωπίσει προβλήματα πλευστότητας και ευστάθειας. Για τον λόγο αυτό παράλληλα με τις προσπάθειες κατάσβεσης θα πρέπει να οργανωθεί και η εξάντληση των χώρων του πλοίου με τα μόνιμα και φορητά μέσα εξάντλησης.

22.4 Ηλεκτρικά συστήματα και πυρκαγιά

Μία από τις πρώτες φροντίδες του επικεφαλής της ομάδας κατάσβεσης της πυρκαγιάς είναι η ηλεκτρική απομόνωση των συστημάτων που υπάρχουν στον χώρο που εκδηλώνεται η πυρκαγιά.

Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας και δημιουργίας έκρηξης από ηλεκτρικό σπινθήρα.

22.5 Κατάσβεση πυρκαγιάς

Πριν από την ανάληψη οποιασδήποτε προσπάθειας για την κατάσβεση μιας πυρκαγιάς, θα πρέπει να γίνουν γνωστά τα εξής στοιχεία:

1) Πού είναι η πυρκαγιά.

2) Τι καίγεται.

3) Ποια είναι η έκταση της πυρκαγιάς, δηλαδή πού μπορούν να τεθούν τα όρια μη εξάπλωσης της πυρκαγιάς.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και γνώση γενικά των λεπτομερειών του πλοίου θα ληφθούν αποφάσεις σχετικά με:

1) Τις καύσιμες ύλες που υπάρχουν γύρω από τον χώρο της πυρκαγιάς και οι οποίες πρέπει να απομακρυνθούν.

2) Τους αναγκαίους χειρισμούς και τις απομονώσεις που πρέπει να γίνουν στα συστήματα αερισμού-εξαερισμού.

3) Τη μέθοδο κατάσβεσης που θα εφαρμοσθεί.

4) Τον τρόπο που θα εμποδισθεί η εξάπλωση της πυρκαγιάς.

5) Τον τρόπο που θα εξασφαλισθεί η ευστάθεια και πλευστότητα του πλοίου.

Αμέσως μετά την λήψη απόφασης πάνω στα παραπάνω θέματα και με βάση τα διατιθέμενα στο πλοίο συστήματα, θα πρέπει να επιχειρηθεί ο περιορισμός της εξάπλωσης και η κατάσβεση της πυρκαγιάς.

Οι προσπάθειες περιορισμού της επέκτασης της πυρκαγιάς και η κατάσβεσή της θα πρέπει να πραγματοποιηθούν με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα, πριν η επέκταση της πυρκαγιάς κάνει την κατάσβεση της εξαιρετικά δύσκολη.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι ***προσπάθειες για τη μη επέκταση της πυρκαγιάς είναι ίσης σπουδαιότητας με τις προσπάθειες κατάσβεσης.*** Οι δύο προσπάθειες πρέπει να γίνονται ταυτόχρονα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, μετά την κατάσβεση της κύριας πυρκαγιάς παραμένουν εστίες που μπορούν εύκολα να προκαλέσουν την αναζωπύρωσή της.

Για τον λόγο αυτό η κατάσβεση θα πρέπει να συνεχισθεί μέχρις ότου ύστερα από λεπτομερή επιθεώρηση, διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει ούτε η παραμικρή πιθανότητα αναζωπύρωσης.

Πριν από την είσοδο της ομάδας στον χώρο της πυρκαγιάς θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εκτεταμένος εξαερισμός του χώρου, με φορητά κυρίως μέσα τα οποία μπορούν και αναρροφούν χωρίς να είναι ανάγκη να βρίσκονται στον χώρο. Η είσοδος πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά γιατί οι πιθανότητες ατυχήματος, λόγω της κατάστασης που επικρατεί στον χώρο, είναι πολύ αυξημένες.

22.6 Προληπτικά μέτρα

1) Πρόληψη της πυρκαγιάς

Οι προσπάθειες κατάσβεσης πυρκαγιάς σε ένα πλοίο είναι κοπιαστικές, επικίνδυνες και τα αποτελέσματα αμφίβολα. Η πρόληψη της πυρκαγιάς, με τη σχολαστική εφαρμογή των κανονισμών σχετικά με την ύπαρξη εύφλεκτων υλών, η πραγματοποίηση επιθεώρησης των χώρων και η καλή κατάσταση των συστημάτων ανίχνευσης και συναγερμού έχουν τεράστια σημασία.

2) Κατάσταση του υλικού πυρόσβεσης

Το υλικό πυρόσβεσης δεν χρησιμοποιείται συχνά και γι' αυτόν τον λόγο η συντήρησή του παραμελείται. Εύκολα αντιλαμβάνεται κάποιος τη σημασία που θα έχει η μη δυνατότητα χρησιμοποίησης του υλικού τη μοναδική φορά που θα χρειασθεί. Για τον λόγο αυτό η συντήρηση και η δοκιμή των υλικών πρέπει να γίνεται σωστά και με σχολαστικότητα.

3) Γνώση του υλικού-γυμνάσια

Επιτυχημένη προσπάθεια κατάσβεσης σημαντικής πυρκαγιάς σε ένα πλοίο εί-

ναι αδύνατη χωρίς πλήρη γνώση της διάταξης του πλοίου, των συστημάτων του και των μέσων πυρόσβεσης.

Τα παραπάνω μπορούν να εξασφαλισθούν κυρίως με την πραγματοποίηση συχνών γυμνασίων πυρκαγιάς.

Για την όλη οργάνωση που σχετίζεται με την καλή κατάσταση του εξοπλισμού του πλοίου και την πραγματοποίηση των απαραίτητων γυμνασίων υπεύθυνος είναι ο Πλοίαρχος κάθε εμπορικού πλοίου. Οι υποχρεώσεις του καθορίζονται στο Διάταγμα 633/13-8-68 (ΦΕΚ 215/25-9-68, τεύχος πρώτο).

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23

Αντιμετώπιση διαρροής

23.1 Γενικά

Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπιση διαρροής σε πλοίο μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες. Στην *πρώτη κατηγορία* ανήκουν εκείνα που πρέπει να γίνουν αμέσως, με σκοπό να περιορισθεί η διαρροή σε ελεγχόμενα πλαίσια, δηλαδή ***να αποφευχθεί η προοδευτική απώλεια της εφεδρικής πλευστότητας ή η συνεχής επιδείνωση της ευστάθειας του πλοίου.*** Στη *δεύτερη κατηγορία* ανήκουν τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν για να εξουδετερωθούν τα δυσμενή αποτελέσματα της εισροής νερού μέσα στο πλοίο.

Τα μέτρα της πρώτης κατηγορίας, λόγω της φύσης τους, θα πρέπει να ληφθούν με μεγάλη ταχύτητα αμέσως μετά τη διαπίστωση μιας διαρροής. Για τον λόγο αυτό οι αξιωματικοί και τα πληρώματα των πλοίων θα πρέπει να γνωρίζουν τους πρακτικούς τρόπους περιορισμού της έκτασης μιας διαρροής, ώστε η λήψη των απαραίτητων μέτρων να γίνεται πολύ γρήγορα. Από τα πιθανά μέτρα που μπορούν να ληφθούν, μερικά έχουν σχέση με το συγκεκριμένο πλοίο, όπως είναι οι λεπτομέρειες της στεγανής του υποδιαίρεσης, και άλλα είναι πρακτικά μέτρα γενικής εφαρμογής, όπως είναι οι διάφοροι τρόποι περιορισμού της έκτασης ή στεγανοποίησης μίας διαρροής.

Τα μέτρα της δεύτερης κατηγορίας απαιτούν κυρίως την κατανόηση και χρησιμοποίηση των γενικών αρχών της πλευστότητας και ευστάθειας, σε συνδυασμό με τις κατασκευαστικές και σχεδιαστικές ιδιομορφίες κάθε πλοίου. ***Η λήψη απόφασης πάνω στο τι πρέπει να γίνει για την εξουδετέρωση των δυσμενών αποτελεσμάτων μιας διαρροής, ανήκει στις αρμοδιότητες του Πλοιάρχου και πρέπει να βασίζεται στη σωστή εκτίμηση της κατάστασης μετά τη διαρροή και στη γνώση των δυνατοτήτων του πλοίου.*** Προϋπόθεση για τη λήψη της ορθής απόφασης είναι η γνώση και σωστή χρησιμοποίηση των αρχών της πλευστότητας και ευστάθειας. Σε ***αρκετές περιπτώσεις έχουν βυθιστεί ή ανατραπεί πλοία εξαιτίας κακής εκτίμησης από τον Πλοίαρχο των διορθωτικών μέτρων για την εξουδετέρωση των αποτελεσμάτων διαρροής.***

Για να είναι δυνατή η ***σύντομη μελέτη*** από τον Πλοίαρχο των μέτρων που πρέπει να ληφθούν, εκτός από τη θεωρητική εξοικείωσή του σε θέματα πλευστότητας και ευστάθειας, θα πρέπει να υπάρχουν στη διάθεσή του σε πολύ σύντομο χρόνο τα παρακάτω στοιχεία:

1) Το υδροστατικό διάγραμμα.
2) Οι παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας (cross curves).
3) Τα αποτελέσματα του πειράματος ευστάθειας του πλοίου.
4) Πληροφορίες για τη φόρτωση και τον ερματισμό του πλοίου, με βάση τις οποί-

ες θα είναι δυνατή η εκτίμηση της διαμήκους και κατακόρυφης θέσης του κέντρου βάρους.

5) Πληροφορίες για κάθε στεγανό διαμέρισμα από τις οποίες θα είναι δυνατός ο υπολογισμός του όγκου, της θέσης του κέντρου όγκου και της ελεύθερης επιφάνειας του διαμερίσματος (ογκομετρικά διαγράμματα).

6) Για τα επιβατικά πλοία, η μελέτη κατάκλυσης και η μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη.

7) Σχέδια γενικής διάταξης και το σχέδιο δυνατοτήτων πλοίου (capacity plan).

23.2 Επακόλουθα διαρροής

Σε περίπτωση διαρροής σε ένα στεγανό διαμέρισμα του πλοίου μπορεί να έχουμε ***πλήρη*** ή ***μερική*** κατακλύση του διαμερίσματος.

Η κατακλύση του διαμερίσματος θεωρείται ***πλήρης,*** όταν το νερό γεμίσει το διαμέρισμα από τον πυθμένα μέχρι την οροφή του. Για να είναι δυνατή η πλήρης κατάκλυση ενός διαμερίσματος θα πρέπει να είναι δυνατή η διαφυγή του αέρα από το ψηλότερο σημείο του διαμερίσματος. Περιπτώσεις πλήρους κατάκλυσης είναι συνηθισμένες, όταν επικοινωνήσουν με τη θάλασσα διαμερίσματα του πλοίου που βρίσκονται αρκετά χαμηλά, ώστε η τελική ίσαλος μετά την κατάκλυση να καλύψει την οροφή τους.

Στην περίπτωση πλήρους κατάκλυσης ενός διαμερίσματος τα επακόλουθα από πλευράς πλευστότητας και ευστάθειας είναι:

1) Μεταβολή των βυθισμάτων και της διαγωγής του πλοίου.

2) Μεταβολή του μετακεντρικού ύψους και της ευστάθειας γενικά.

3) Εγκάρσια κλίση αν το διαμέρισμα είναι ασύμμετρο ως προς το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου ή αν υπάρχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

Τα παραπάνω στοιχεία υπολογίζονται αν θεωρήσουμε την εισροή του νερού ως μια προσθήκη βάρους ίσου με εκείνο του νερού που μπορεί να γεμίσει το διαμέρισμα του οποίου το κέντρο βάρους βρίσκεται στην ίδια θέση που βρίσκεται και το κέντρο όγκου του διαμερίσματος.

Επειδή το κέντρο βάρους των πλοίων βρίσκεται συνήθως πάνω από την ίσαλο, η πλήρης κατάκλυση ενός συμμετρικού διαμερίσματος κατά κανόνα βελτιώνει την ευστάθεια.

Η κατάκλυση ενός διαμερίσματος θεωρείται ***μερική,*** όταν το νερό που έχει μπει στο διαμέρισμα δεν έχει φθάσει μέχρι την οροφή. Αν μετά τη διαρροή το ρήγμα στεγανοποιηθεί πρόχειρα και δεν υπάρχει επικοινωνία του εσωτερικού του διαμερίσματος με τη θάλασσα, η μελέτη των επιπτώσεων της κατάκλυσης μπορεί να γίνει όπως και στην πλήρη κατάκλυση, με επιπρόσθετη διόρθωση στην ευστάθεια λόγω της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στο διαμέρισμα. Αν το ρήγμα παραμείνει θα πρέπει να γίνει και μία ακόμη πρόσθετη διόρθωση λόγω ελεύθερης επικοινωνίας του διαμερίσματος με το νερό που περιβάλλει το πλοίο.

Οι μέθοδοι για την πραγματοποίηση των παραπάνω υπολογισμών περιέχονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φορτώσεις» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Ιδιαίτερα η εγκάρσια κλίση που παρουσιάζεται σε ένα πλοίο μετά από μία διαρροή μπορεί να οφείλεται σε:

1) Ασύμμετρη κατανομή βαρών.

2) Αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

3) Ασύμμετρη κατανομή βαρών και ταυτόχρονα ύπαρξη αρνητικού μετακεντρικού ύψους.

Η ασύμμετρη κατανομή βαρών μπορεί να οφείλεται στην κατάκλυση ενός ασύμμετρου διαμερίσματος, στην κατάκλυση ενός συμμετρικού διαμερίσματος με ασύμμετρη κατανομή των μηχανημάτων ή του φορτίου μέσα σε αυτό, στη μετάγγιση υγρών στην προσπάθεια να ληφθούν μέτρα διάσωσης, σε εκκένωση δεξαμενών που έχουν ρήγματα πάνω από την ίσαλο ή σε μετακίνηση βαρών.

Όταν ένα πλοίο παρουσιάζει εγκάρσια κλίση χωρίς να υπάρχει ασύμμετρη κατανομή βαρών, τότε είναι πιθανό το αίτιο της κλίσης να εντοπισθεί στην ύπαρξη αρνητικού μετακεντρικού ύψους. Μια τέτοια κατάσταση αναγνωρίζεται από την εμφάνιση εγκάρσιας κλίσης χωρίς να επενεργεί κύμα ή άνεμος ή το πηδάλιο του πλοίου και ακόμη από την εμφάνιση κλίσης πότε προς τη δεξιά και πότε προς την αριστερή πλευρά του πλοίου, χωρίς να έχουν μεταβληθεί οι εξωτερικές συνθήκες κύματος και άνεμου.

Η δημιουργία αρνητικού μετακεντρικού ύψους μπορεί να οφείλεται σε πρόσθεση βάρους ψηλά, αφαίρεση βάρους από χαμηλά και κυρίως σε δημιουργία μεγάλων ελεύθερων επιφανειών μέσα στο πλοίο ως αποτέλεσμα της διαρροής ή των μέτρων αντιμετώπισής της.

Η ύπαρξη αρνητικού μετακεντρικού ύψους όταν υπάρχει και ασύμμετρη κατανομή βαρών είναι αρκετά δύσκολο να διαπιστωθεί στην πράξη. Μια πιθανή ένδειξη αρνητικού μετακεντρικού ύψους είναι ο αργός διατοιχισμός, που όμως δύσκολα μπορεί να οδηγήσει σε συμπεράσματα όταν το πλοίο έχει μόνιμη εγκάρσια κλίση προς τη μία πλευρά. Υπόνοιες ύπαρξης αρνητικού μετακεντρικού ύψους αποτελούν σε αυτή την περίπτωση η ύπαρξη μεγάλων ελεύθερων επιφανειών ή δυσανάλογης προς τα ασύμμετρα βάρη εγκάρσιας κλίσης του πλοίου.

Εκτός από τις επιπτώσεις στην ευστάθεια και στην πλευστότητα του πλοίου, άλλοι τομείς που επηρεάζονται από τη διαρροή και θα πρέπει να απασχολήσουν το προσωπικό που ασχολείται με την αντιμετώπισή της είναι:

1) Η αντοχή του πλοίου ως ράβδου μετά την εισροή του νερού και τη μεταβολή της κατανομής του βάρους.

2) Η τοπική αντοχή ελασμάτων που αποτελούν τα όρια της περιοχής που έχει κατακλυσθεί (φρακτές) κάτω από την επήρεια των πιέσεων που ασκούνται πάνω σε αυτά.

3) Η θέση εκτός λειτουργίας διάφορων μηχανημάτων και συσκευών λόγω της κατάκλυσης.

23.3 Προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση διαρροής

Οι πιθανότητες διάσωσης ενός πλοίου σε περιπτώσεις κατάκλυσης είναι εξαιρετικά αυξημένες αν πριν την εμφάνιση της βλάβης τηρούνται με σχολαστικότητα τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα.

Το πρώτο και σπουδαιότερο από αυτά είναι η ***εξοικείωση του προσωπικού με***

τα μέσα για την αντιμετώπιση μιας ενδεχόμενης βλάβης, με τις λεπτομέρειες της στεγανής υποδιαίρεσης του πλοίου, με τις θεωρητικές γνώσεις για την πραγματοποίηση γρήγορης εκτίμησης μιας κατάστασης και με τις πρακτικές δυνατότητες για τη στεγανοποίηση μικρών και μεγάλων ανοιγμάτων.

Εκτός από τη γενική γνώση του πλοίου και των συστημάτων του και τη γνώση από τους αρμόδιους αξιωματικούς του πλοίου και τον Πλοίαρχο των στοιχείων που περιέχονται στην παράγραφο 23.1, πρέπει να υπάρχει ενημέρωση και για:

1) Τα μέσα (μόνιμα και φορητά) εξάντλησης των χώρων του πλοίου και τις δυνατότητές τους.

2) Τις δυνατότητες απόρριψης φορτίου στη θάλασσα (όπως φορτίο από το κατάστρωμα).

3) Τις δυνατότητες και τα αποτελέσματα πλήρωσης διάφορων χώρων με νερό (π.χ. για την εξουδετέρωση μιας εγκάρσιας κλίσης).

Είναι αυτονόητο, (αλλά συχνά γίνονται παραλείψεις σε αυτόν τον τομέα), ότι ***η στεγανή υποδιαίρεση του πλοίου πρέπει να είναι στεγανή και στην πραγματικότητα.*** Όλες οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση των κινδύνων από κατάκλυση ενός χώρου προϋποθέτουν ότι όλα τα στεγανά διαφράγματα που περιβάλλουν την περιοχή της βλάβης θα εμποδίσουν την προοδευτική κατάκλυση και των υπόλοιπων χώρων. ***Αν οι στεγανές φρακτές του πλοίου δεν είναι πράγματι στεγανές οι πιθανότητες διάσωσής του είναι πάρα πολύ μικρές***.

Ιδιαίτερα οι μελέτες ευστάθειας μετά από βλάβη των επιβατικών πλοίων συχνά περιέχουν περιορισμούς, όπως η υποχρέωση μερικές δεξαμενές υγρού έρματος να είναι μόνιμα γεμάτες, που συχνά, επειδή δημιουργούν δυσχέρειες στην εκμετάλλευση και λειτουργικότητα του πλοίου, δεν τηρούνται. ***Τέτοιες παραλείψεις έχουν τεράστια σημασία και μπορεί να οδηγήσουν σε πολύνεκρα δυστυχήματα***.

23.4 Εκτίμηση κατάστασης μετά τη διαρροή

Όταν σε ένα πλοίο δημιουργηθεί για οποιονδήποτε λόγο, ένα ρήγμα κάτω από την ίσαλο, η πείρα έχει αποδείξει ότι υπάρχουν γενικά δύο πιθανότητες:

1) Η προοδευτική βύθιση, η μεταβολή διαγωγής και η εγκάρσια κλίση αυξάνονται συνεχώς και οδηγούν σε πλήρη βύθιση ή ανατροπή του πλοίου σε λίγα λεπτά.

2) Λίγα λεπτά μετά το ατύχημα το πλοίο σταθεροποιείται σε κάποια θέση. Σε μερικές από αυτές τις περιπτώσεις το πλοίο τελικά βυθίζεται ή ανατρέπεται αρκετές ώρες μετά. Χωρίς σχεδόν καμία εξαίρεση η ολική απώλεια του πλοίου σε αυτές τις περιπτώσεις οφείλεται σε ***προοδευτική κατάκλυση*** και θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αν είχαν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα πριν και αμέσως μετά τη βλάβη.

Αμέσως μετά τη δημιουργία του ρήγματος πρέπει να ληφθούν δύο πολύ ουσιώδεις αποφάσεις. ***Πρώτον*** αν οι επιβάτες και το πλήρωμα θα πρέπει να παραμείνουν στο πλοίο ή θα πρέπει να σημανθεί ***εγκατάλειψη πλοίου*** και ***δεύτερο*** ποια διορθωτικά μέτρα πρέπει να ληφθούν για να βελτιωθεί ή κατάσταση.

Η πρώτη απόφαση λαμβάνεται από τον Πλοίαρχο και αφορά στη δυνατότητα διάσωσης του πλοίου, πλεύσης του στο πλησιέστερο λιμάνι ή προσάραξής του. Η δυνατότητα να διασωθεί το πλοίο βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τη δυνατότητα

να *σταματήσει* η ***προοδευτική κατάκλυση.*** Εφόσον αυτό επιτευχθεί, είναι δυνατό με τα μόνιμα και φορητά μέσα εξάντλησης να εξαντληθεί το νερό και κυρίως να ελαττωθούν οι ελεύθερες επιφάνειες.

Στη λήψη της απόφασης του Πλοιάρχου για εγκατάλειψη ή όχι του πλοίου θα πρέπει να συνεκτιμηθούν και τα ακόλουθα:

1) Πιθανότητα ανατροπής του πλοίου ακόμη και όταν δεν υπάρχει εγκάρσια κλίση

Η πιθανότητα αυτή υπάρχει όταν έχει δημιουργηθεί αρνητικό μετακεντρικό ύψος. Ενδείξεις μιας τέτοιας πιθανότητας είναι η ύπαρξη μεγάλων ελεύθερων επιφανειών και κυρίως ο τρόπος με τον οποίο διατοιχίζεται το πλοίο. Αν το πλοίο πραγματοποιεί αργό διατοιχισμό και παραμένει για αρκετό χρόνο στις μέγιστες γωνίες (κρεμάει), είναι πολύ πιθανό να έχουμε αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

2) Πιθανότητα ανατροπής όταν υπάρχει μόνιμη εγκάρσια κλίση

Η πιθανότητα αυτή είναι αρκετά σημαντική και μπορεί να αξιολογηθεί με βάση:

1) Τη βύθιση ή όχι της ακμής της πλευράς του καταστρώματος στον διατοιχισμό.
2) Τη σταθεροποίηση ή συνεχή αύξηση της γωνίας εγκάρσιας κλίσης.
3) Την κατάσταση της θάλασσας και του καιρού.
4) Το επίπεδο ευστάθειας πριν από τη βλάβη.
5) Την πιθανότητα να συνυπάρχει αρνητικό μετακεντρικό ύψος.

Αφού με βάση τα παραπάνω στοιχεία αποφασισθεί ότι δεν θα πρέπει να εγκαταλειφθεί το πλοίο, θα πρέπει αμέσως να συγκεντρωθούν στοιχεία για την έκταση της βλάβης και να ληφθεί απόφαση για τα διορθωτικά μέτρα που θα εφαρμοσθούν.

23.5 Επιλογή διορθωτικών μέτρων

Πριν από την επιλογή των διορθωτικών μέσων που θα πρέπει να εφαρμοσθούν, θα πρέπει να συγκεντρωθούν τα παρακάτω στοιχεία:

1) Έκταση του ρήγματος και χώροι που έχουν κατακλυσθεί (με λεπτομέρειες).
2) Χώροι στους οποίους συμβαίνει προοδευτική κατάκλυση.
3) Κατασκευαστικές ζημιές στη μεταλλική κατασκευή.
4) Ζημιές σε δίκτυα σωληνώσεων και ηλεκτρολογικές γραμμές.
5) Προοπτικές περιορισμού της έκτασης της βλάβης.
6) Ανάγκες στεγανοποιήσεων και υποστύλωσης.

Επίσης θα πρέπει να αξιολογηθούν οι παρακάτω παράγοντες:

1) Απώλεια μετακεντρικού ύψους λόγω ελεύθερων επιφανειών.
2) Ασύμμετρα βάρη.
3) Εφεδρικό ύψος.
4) Αντοχή σκάφους.
5) Διαφορά διαγωγής.

Προτεραιότητα στη λήψη διορθωτικών μέτρων έχει η αύξηση του μετακεντρικού ύψους. ***Οι προσπάθειες για την εξουδετέρωση εγκάρσιας κλίσης λόγω ασύμμετρου βάρους, θα πρέπει να γίνονται προοδευτικά και σε καμία περίπτωση***

δεν θα πρέπει να συνεπάγονται μείωση του μετακεντρικού ύψους, όπως η πρόσθεση υγρού έρματος ψηλά στην αντίθετη πλευρά και η δημιουργία πρόσθετων ελεύθερων επιφανειών. Σε αρκετές περιπτώσεις που εφαρμόσθηκαν εσφαλμένα μέτρα για εξουδετέρωση όχι σημαντικής εγκάρσιας κλίσης, συνέβη ανατροπή των πλοίων λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους.

Όταν υπάρχει ταυτόχρονα ασύμμετρο βάρος και αρνητικό μετακεντρικό ύψος θα πρέπει πρώτα να ληφθούν μέτρα για την αύξηση του μετακεντρικού ύψους.

Τα μέτρα γενικά που θα πρέπει να ληφθούν μπορούν να χωρισθούν σε ***άμεσα τοπικά*** και σε ***γενικά μέτρα*** διάσωσης του πλοίου. Στην πρώτη κατηγορία (άμεσα τοπικά μέτρα) περιλαμβάνονται:

1) Η εξασφάλιση των ορίων της διαρροής με την επιλογή μιας σειράς στεγανών διαφραγμάτων γύρω από το ρήγμα που θα πρέπει να στεγανοποιηθούν (αν δεν είναι στεγανά) και να υποστυλωθούν.

2) Η επιλογή μιας ***δεύτερης γραμμής άμυνας*** για την περίπτωση που τα διαφράγματα που αποτελούν τα όρια της διαρροής θα υποχωρήσουν.

3) Η προοδευτική μετακίνηση των ορίων της διαρροής προς το ρήγμα με την απομόνωση-στεγανοποίηση και εξάντληση όσων χώρων είναι δυνατό.

4) Η απομόνωση τμημάτων δικτύων σωληνώσεων που διαρρέουν και ηλεκτρικών κυκλωμάτων που έχουν υποστεί ζημιές.

5) Η προοδευτική ηλεκτρική τροφοδότηση μηχανημάτων που είχε διακοπεί η λειτουργία τους εξαιτίας της βλάβης, καθώς και η επανασύνδεση με κάθε δυνατό προσωρινό τρόπο των δικτύων σωληνώσεων.

Τα ***γενικά μέτρα*** διάσωσης του πλοίου έχουν ως στόχο τη:

1) Βελτίωση του μετακεντρικού ύψους και της ευστάθειας του πλοίου γενικά.

2) Την εξουδετέρωση εγκάρσιας κλίσης που οφείλεται σε ασύμμετρα βάρη.

3) Τη αποκατάσταση της εφεδρικής πλευστότητας.

4) Τη διόρθωση της υπερβολικής διαγωγής.

5) Τον περιορισμό των καταπονήσεων του πλοίου.

Συνοπτικά, ***τα μέσα με τα οποία είναι δυνατή η βελτίωση της ευστάθειας είναι:***

1) Ο περιορισμός των ελεύθερων επιφανειών.

2) Η απόρριψη στη θάλασσα βαρών που βρίσκονται ψηλά.

3) Ο ερματισμός κενών δεξαμενών διπύθμενου.

4) Η μεταφορά στερεών ή υγρών βαρών από τα ψηλά σημεία στο πλοίο σε άλλα χαμηλότερα σημεία.

5) Η προοδευτική μετακίνηση των ορίων της διαρροής προς την πλευρά του ρήγματος με σκοπό τον περιορισμό της έκτασής της.

Η εξουδετέρωση εγκάρσιας κλίσης λόγω ασύμμετρων βαρών μπορεί να επιτευχθεί με:

1) Στεγανοποίηση χώρων που βρίσκονται προς την πλευρά της κλίσης και εξάντληση.

2) Μετάγγιση υγρών από χώρους που βρίσκονται στην πλευρά προς χώρους της άλλης πλευράς που έχουν κέντρο βάρους στο ίδιο ύψος ή χαμηλότερα.

3) Απόρριψη βαρών από την πλευρά της κλίσης που βρίσκονται ψηλά.

4) Κατάκλυση χώρων προς την αντίθετη πλευρά (από εκείνη που βρίσκεται προς την πλευρά της κλίσης) που έχουν κέντρο βάρους χαμηλά.

Ανάλογα είναι και τα μέτρα για τη διόρθωση της υπερβολικής διαγωγής, ενώ η λήψη μέτρων για τη μείωση των τάσεων του πλοίου ως ράβδου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με βάση τις αρχές που περιέχονται στο κεφάλαιο 7.

23.6 Εφαρμογή διορθωτικών μέτρων

Εκτός από την κατάλληλη επιλογή των σωστών διορθωτικών μέτρων, μεγάλη σημασία έχει και η σωστή εφαρμογή τους.

Οι δυνατότητες άντλησης του πλοίου δεν θα πρέπει να σπαταληθούν σε διαμερίσματα που λόγω ύπαρξης μη στεγανοποιημένων ανοιγμάτων γεμίζουν γρήγορα. Αντίθετα οι αντλίες θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε διαμερίσματα που βρίσκονται σχετικά μακριά από το κυρίως ρήγμα.

Όπως έχει αναφερθεί και σε άλλα σημεία, ***προτεραιότητα θα πρέπει πάντα να δίνεται σε χώρους που έχουν ελεύθερες επιφάνειες.***

Πριν από την άντληση από έναν χώρο, θα πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια για τη στεγανοποίηση των ανοιγμάτων. Αν η στεγανοποίηση δεν είναι δυνατή, θα πρέπει με κάθε τρόπο να επιδιώκεται η μείωση της διατομής του ρήγματος, γιατί αυτό συνεπάγεται πολύ σημαντική μείωση της ποσότητας του νερού που εισέρχεται στο διαμέρισμα. Αν η ευστάθεια του πλοίου έχει μειωθεί και είναι δυνατός ο πλους, θα πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα αντιμετώπισης της θαλασσοταραχής με εκλογή της κατάλληλης πορείας και ταχύτητας. ***Οι αλλαγές πορείας θα πρέπει να πραγματοποιούνται με πολύ μικρές γωνίες πηδαλίου.*** Ανάλογα μέτρα θα πρέπει να ληφθούν και σε περίπτωση ρυμούλκησης του πλοίου.

23.7 Πρακτικά μέτρα για την αντιμετώπιση διαρροής

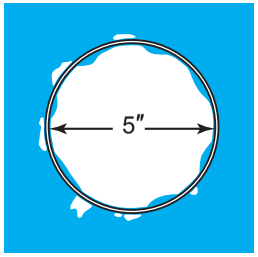
Στην παράγραφο αυτή δίνονται μερικά πρακτικά στοιχεία που έχουν σχέση με την αντιμετώπιση της διαρροής.

1) Για ανοίγματα γύρω στην ίσαλο

Τα ανοίγματα αυτά, ακόμη και όταν βρίσκονται πάνω από την ίσαλο, θα πρέπει να στεγανοποιούνται αμέσως, γιατί ελαττώνουν την εφεδρική πλευστότητα του πλοίου και επιτρέπουν την εισροή νερού στο πλοίο στο διατοιχισμό.

– Επίδραση των ανοιγμάτων κάτω από την ίσαλο

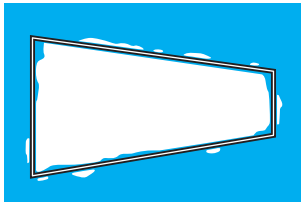
Ο ρυθμός εισροής του νερού μέσα στο πλοίο από ανοίγματα που δεν έχουν, έστω και πρόχειρα, στεγανοποιηθεί, είναι συνάρτηση του μεγέθους του ανοίγματος και του βάθους στο οποίο βρίσκεται. Σχετικά στοιχεία δίνονται στο σχήμα 23.1. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται η μείωση του ρυθμού εισροής όταν πραγματοποιηθεί ακόμη και στοιχειώδης προσπάθεια στεγανοποίησης (μείωση της διατομής του ανοίγματος). Μια τέτοια ενέργεια μπορεί να οδηγήσει χωρίς μεγάλη προσπάθεια μερικές φορές σε ρυθμούς εισροής νερού αρκετά μειωμένους που θα επιτρέψουν την εξάντληση ενός χώρου με τις αντλίες του πλοίου. Γενικά οι προσπάθειες στεγανοποίησης ενός



(α)

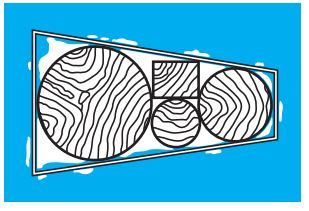
α-β Χωρίς μείωση διατομής		γ-δ Με μείωση διατομής	
Βάθος (ft)	G.P.M.	Βάθος (ft)	G.P.M.
1	301	1	114
2	425	2	160
3	512	3	192
4	603	4	227
5	676	5	254
6	739	6	277
7	794	7	286
8	853	8	320
9	904	9	339

(γ)
Διατομή οπής 19,65 in^2
Διατομή σώματος 12,26 in^2
Διατομή διαρροής 7,40 in^2



(β)

Βάθος (ft)	G.P.M.	Βάθος (ft)	G.P.M.
1	319	1	91
2	451	2	129
3	552	3	158
4	638	4	182
5	713	5	204
6	782	6	224
7	844	7	241
8	902	8	258
9	957	9	273



(δ)
Διατομή οπής 21 in^2
Διατομή σώματος 15 in^2
Διατομή διαρροής 6 in^2

Σημείωση: G.P.M - Αμερικανικά γαλλόνια στο λεπτό

Σχ. 23.1
Μείωση ρυθμού ροής με μείωση της διατομής ρήγματος.

ανοίγματος μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες. Στη μία περίπτωση προσπαθούμε να τοποθετήσομε διάφορα αντικείμενα μέσα στο άνοιγμα και στην άλλη πάνω από αυτό.

2) Ξύλινα πώματα (τάπες, σφήνες)

Είναι το πιο συνηθισμένο μέσο στεγανοποίησης μικρών ανοιγμάτων με διαστάσεις μέχρι 10 × 10 cm άλλα μερικές φορές και μεγαλύτερες. Με τα ξύλινα πώματα δεν στεγανοποιείται τελείως ένα άνοιγμα αλλά περιορίζεται η διαρροή σε βαθμό που να είναι δυνατή η στεγανοποίηση στη συνέχεια με άλλα μέσα όπως το τσιμέντο ταχείας πήξης. Τα ξύλινα πώματα έχουν καλύτερο αποτέλεσμα όταν περιτυλιχθούν με ύφασμα.

3) Στρώματα-μαξιλάρια και ύφασμα

Τα είδη αυτά που υπάρχουν σε αφθονία στα πλοία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στεγανοποίηση διαρροών είτε όπως είναι είτε αφού περιτυλιχθούν σε ξύλινους ή μεταλλικούς πυρήνες. Η επιτυχία αυτών των λύσεων είναι χαμηλή, ιδίως όταν υπάρχει κυματισμός.

Τα στρώματα πιέζονται πάνω στο άνοιγμα όπως φαίνεται στο σχήμα 23.2, ενώ οι κουβέρτες τυλίγονται πάνω σε συρματόσχοινο και τοποθετούνται έτσι ώστε να δημιουργείται κώνος.

4) Προκατασκευασμένα μεταλλικά πλαίσια

Είναι πλαίσια με ορθογωνική, συνήθως, διατομή και διάφορες διαστάσεις. Χρησιμοποιούνται με διάφορα στεγανοποιητικά υλικά που τοποθετούνται πάνω στα ανοίγματα και στηρίζονται με κοχλίες και περικόχλια ή με άλλα συστήματα υποστύλωσης, όπως με ξύλινους δοκούς ή με γρύλους.

5) Άλλα υλικά στεγανοποίησης διαρροών

Η ποικιλία των λύσεων που μπορούν να εφαρμοσθούν για τη στεγανοποίηση ανοιγμάτων είναι τεράστια και εξαρτάται γενικά από τη μορφή τους και τη φαντασία αυτών που θα ασχοληθούν με τη στεγανοποίηση. Μερικά συστήματα που έχουν εφαρμοσθεί είναι:

1) Επίπεδα ελάσματα.

2) Ξύλινες ιδιοκατασκευές από σανίδες και δοκούς.

6) Γάντζοι (σχ. 23.3)

Μεγάλη σημασία για τη στήριξη των διάφορων συστημάτων στεγανοποίησης μικρών ανοιγμάτων έχουν οι γάντζοι.

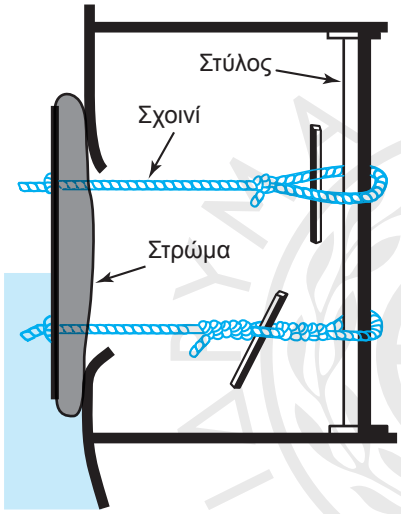
7) Ρωγμές

Συχνά όταν εμφανίζονται ρήγματα, δημιουργούνται στα παρακείμενα ελάσματα ρωγμές, οι οποίες είναι πιθανό να επεκταθούν και να προκαλέσουν, ιδιαίτερα σε κατάσταση θαλασσοταραχής, πρόσθετα προβλήματα. Η επέκταση-αυτών των ρωγμών είναι δυνατή αν στα άκρα τους ανοιχθούν τρύπες (σχ. 23.4.).

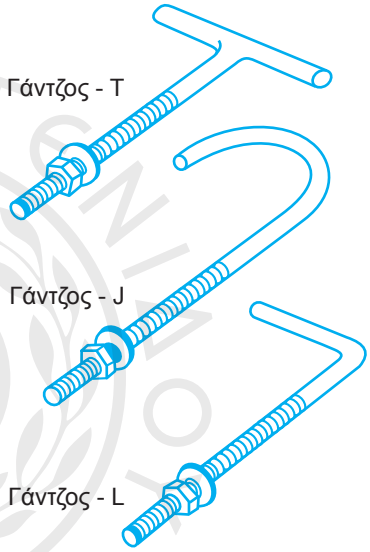
8) Υποστήλωση.

Εργασίες υποστύλωσης απαιτούνται συχνά για τη στήριξη διάφορων στεγανοποιητικών διατάξεων, αλλά και για την εξασφάλιση της αντοχής διάφορων διαφραγμάτων που αποτελούν τα όρια της περιοχής μέσα στην οποία περικλείεται η διαρροή. Για τη στεγανοποίηση διαρροών, είναι απαραίτητο να υπάρχουν στο πλοίο σανίδες, δοκοί και σφήνες σε διάφορες διαστάσεις, καθώς και τα απαραίτητα ξυλουργικά εργαλεία. Η ορθή πραγματοποίηση της υποστύλωσης απαιτεί πείρα και την κατάλληλη χρήση των σχετικών υλικών και εργαλείων.

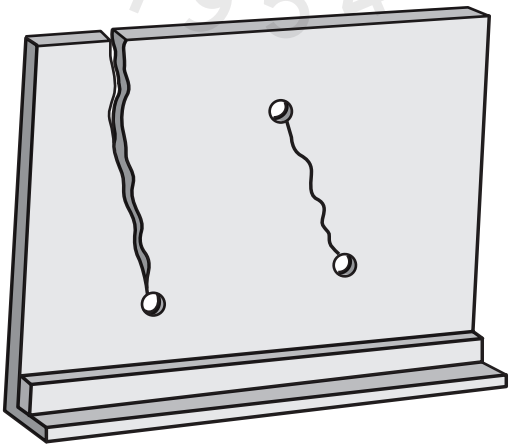
Σε κάθε πλοίο πρέπει να υπάρχει ποικιλία ξύλινων πωμάτων έτοιμη για χρήση όποτε χρειασθεί.



Σχ. 23.2
Παράδειγμα στεγανοποίησης μεγάλης οπής με απλά μέσα.



Σχ. 23.3
Διάφορα είδη γάντζων.



Σχ. 23.4
Μέθοδος διακοπής της επέκτασης ρωγμής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 24

Προστασία από προσάραξη

24.1 Γενικά

Η προσάραξη ενός πλοίου μπορεί να οφείλεται σε ατύχημα ή μπορεί να γίνει σκόπιμα σε περίπτωση που υπάρχουν προβλήματα πλευστότητας ή ευστάθειας, όπως μετά από κατάκλυση κάποιου διαμερίσματος. Στη δεύτερη περίπτωση, και όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, θα πρέπει να επιλέγεται ακτή όπου ο πυθμένας είναι κατά το δυνατό επίπεδος, η παλίρροια μικρή και ο βυθός ομαλός, χωρίς δηλαδή βράχους και απότομες εξάρσεις.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε μετά από μία προσάραξη είναι:

1) Η δυνατότητα αποκόλλησης του πλοίου.

2) Η επάρκεια αντοχής.

3) Η επάρκεια ευστάθειας.

Οι γενικές αρχές που θα πρέπει να τηρούνται πάντοτε σε τέτοιες περιπτώσεις είναι οι παρακάτω:

1) Δεν πρέπει να γίνονται προσπάθειες επανάπλευσης του πλοίου με ίδια μέσα, αν οι συνθήκες ανέμου και κυματισμού είναι δυσμενείς.

2) Αν υπάρχουν και είναι δυνατό, θα πρέπει να ποντίζονται πρυμναίες άγκυρες προς την πλευρά της ανοικτής θάλασσας, για να εμποδίζεται η μετακίνηση του πλοίου προς την ξηρά και να διευκολύνονται οι προσπάθειες αποκόλλησης που θα ακολουθήσουν.

3) Το πλοίο πρέπει να προφυλάσσεται από ενδεχόμενες καταπονήσεις με κατάλληλη ζύγιση (μετάγγιση βαρών), εφόσον αυτό είναι δυνατό, χωρίς όμως να αφαιρούνται στο αρχικό στάδιο βάρη

24.2 Δυνατότητα επανάπλευσης

Η πρώτη προσπάθεια που πρέπει να γίνει σε πλοίο που έχει προσαράξει ανεξέλεγκτα είναι η προσπάθεια επανάπλευσής του επιχειρώντας κινήσεις ***ανάποδα***.

Αν η προσπάθεια αυτή δεν αποδώσει πρέπει να διακόπτεται αμέσως, γιατί μπορεί η κατάσταση να επιδεινωθεί επειδή ανασύρεται λάσπη από τον βυθό. Αντίθετα εάν υπάρχει πιθανότητα η στάθμη του νερού να ανεβεί θα πρέπει το πλοίο προσωρινά να ***πατήσει*** όσο το δυνατό καλύτερα. Αυτό επιτυγχάνεται με την πλήρωση δεξαμενών του διπύθμενου και αν είναι απαραίτητο ακόμη και με την πλήρωση ενός κύτους. Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρειασθεί και το άνοιγμα μικρών ανοιγμάτων στο περίβλημα, τα οποία όμως θα πρέπει να μπορούν μετά να στεγανοποιηθούν.

Αφού εξασφαλισθεί η σωστή επικάθιση, θα πρέπει να ερευνηθεί προσεκτικά, ώστε να γίνει γνωστή η ποσότητα του νερού που υπάρχει σε κάθε στεγανό χώρο του πλοίου και η κατασκευαστική επάρκεια της μεταλλικής κατασκευής του. Επίσης θα πρέπει να ελεγχθούν χρησιμοποιώντας τις βάρκες του πλοίου, τα βάθη γύρω από την περιοχή προσάραξης.

Στη συνέχεια θα πρέπει να ποντισθούν, με τη βοήθεια των λέμβων του πλοίου ή άλλων πλωτών μέσων, ελαφριές άγκυρες (αν υπάρχουν) προς την πλευρά της ανοικτής θάλασσας, οι οποίες με τη βοήθεια των μέσων έλξης του πλοίου θα χρησιμοποιηθούν στις προσπάθειες αποκόλλησης. Η πόντιση των κύριων αγκυρών του πλοίου σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη βοήθεια των γερανών φορτίου του πλοίου.

Μετά την πόντιση και αφού επιβεβαιωθεί η απόλυτη στεγανότητα του πλοίου, πραγματοποιείται μεταφορά βαρών (κυρίως υγρού έρματος) ή προσεκτική (για λόγους ευστάθειας) γενική ελάφρυνση του πλοίου.

Αν υπάρχει σημαντική παλίρροια, η προσπάθεια αποκόλλησης θα πρέπει να γίνει όταν η στάθμη του νερού είναι ψηλά. Θα πρέπει επίσης, εφόσον υπάρχουν, να χρησιμοποιηθούν ρυμουλκά. Οι μηχανές θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο ως τελευταίο μέσο, γιατί υπάρχει το ενδεχόμενο να μπει άμμος στα ψυγεία των μηχανών και να προκαλέσει την έμφραξή τους.

Σε περιπτώσεις μικρών πλοίων, η αποκόλληση μπορεί να γίνει ευκολότερα, αν μπορέσει να τεθεί το πλοίο σε μικρή εγκάρσια ταλάντωση με τη ρυθμική κίνηση του πληρώματος προς τις πλευρές του (sallying).

24.3 Η αντοχή πλοίου κατά την προσάραξη

Όταν ένα πλοίο έχει προσαράξει, εφαρμόζεται σε αυτό απ' τον βυθό μία δύναμη που είναι ίση με τη διαφορά του βάρους του και της άντωσης. Αν το πλοίο έχει επικαθήσει σε αιχμηρά σημεία του βυθού και η δύναμη αυτή είναι μεγάλη, μπορεί να δημιουργηθούν ρήγματα και διαρροές.

Κάθε προσπάθεια αφαίρεσης ή μετακίνησης βαρών θα πρέπει να αξιολογείται έχοντας υπόψη τις καταπονήσεις που θα δημιουργηθούν στην κατασκευή του πλοίου αν θεωρηθεί ως δοκός, σύμφωνα με αυτά που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 7.

24.4 Η ευστάθεια του πλοίου κατά την προσάραξη

Στα σχήματα 24.1 και 24.2 φαίνονται οι δυνάμεις που επενεργούν σε πλοίο που έχει προσαράξει. Η ***δύναμη προσάραξης P*** είναι ίση με τη διαφορά βάρους και άντωσης.

Η δύναμη P δημιουργεί μία φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους του πλοίου, που δίνεται από τη σχέση:

$$GG_1 = \frac{P \times KG}{\Delta - P}$$

όπου: **P** η δύναμη στο σημείο επικάθισης σε t (μετρικούς ή αγγλικούς).

GG_1 η φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους σε m ή ft.

KG η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου σε m ή ft και Δ το εκτόπισμα του πλοίου σε t (μετρικούς ή αγγλικούς).

Το μετακεντρικό ύψος του πλοίου στην κατάσταση επικάθισης μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$G_1M_1 = GM \pm MM_1 - GG_1 \qquad (105)$$

όπου: **G_1M_1** το μετακεντρικό ύψος στην κατάσταση επικάθισης σε m ή ft.

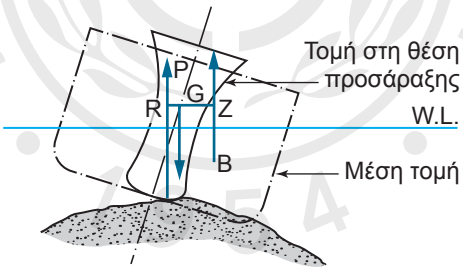
GM το μετακεντρικό ύψος του πλοίου πριν από την επικάθιση σε m ή ft.

MM_1 η μεταβολή της θέσης του εγκάρσιου μετάκεντρου από την αρχική ίσαλο στην ίσαλο επικάθισης (σε ft ή m), που μπορεί να βρεθεί από το υδροστατικό διάγραμμα με πρόσημο + (συν) όταν το M_1 είναι ψηλότερα από το M και πρόσημο – (πλην) στην αντίθετη περίπτωση.

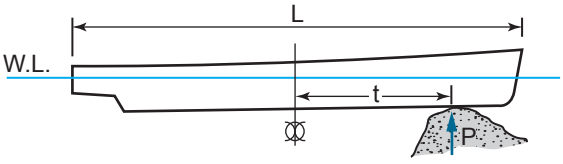
GG_1 Η φαινομενική ανύψωση του κέντρου βάρους όπως προκύπτει από τη σχέση 104.

Αν το σημείο επαφής πλοίου-βυθού βρίσκεται έξω από το επίπεδο συμμετρίας, το πλοίο θα πάρει εγκάρσια κλίση. Σε αυτήν την περίπτωση, και όταν υπάρχει και αρνητικό μετακεντρικό ύψος, υπάρχει πιθανότητα ανατροπής, που είναι πιο αυξημένη όταν η στάθμη του νερού (παλίρροια) βρίσκεται χαμηλά.

Η δύναμη επικάθισης που αντιστοιχεί σε δεδομένη πτώση της στάθμης του νερού από εκείνη που οριακά δημιουργεί επαφή του ισοβύθιστου πλοίου με τον βυθό,



Σχ. 24.1
Εγκάρσια όψη προσαραγμένου πλοίου.



Σχ. 24.2
Διαμήκης όψη προσαραγμένου πλοίου.

δίνεται από τη σχέση:

$$P = \frac{\text{πτώση στάθμης σε cm ή in}}{\frac{1}{TP} + \frac{t^2}{(MCT)\times(L)}} \qquad (106)$$

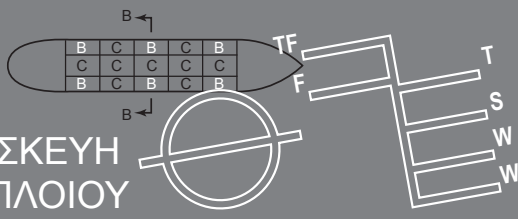
όπου: **TP** οι t ανά cm (TPC) ή ανά in (TPI) από το υδροστατικό διάγραμμα.

MCT ροπή μεταβολής διαγωγής σε t-m ανά cm ή t-ft άνα in αντίστοιχα από το υδροστατικό διάγραμμα

t η απόσταση μεταξύ του μέσου του πλοίου και του σημείου επικάθισης (σε m ή ft).

L το μήκος μεταξύ καθέτων του πλοίου (σε m ή ft).

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954



ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 25
Σύμβαση για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα

25.1 Γενικά

Ο διεθνής χαρακτήρας της ναυτιλίας επέβαλε ήδη από τον 19ο αι. τη συνεργασία των διάφορων κρατών πάνω σε θέματα που αφορούσαν στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Η πρώτη σε διεθνές επίπεδο συνάντηση των εκπροσώπων διαφόρων χωρών πραγματοποιήθηκε το 1889 στην Ουάσιγκτον και κάλυψε θέματα αποφυγής συγκρούσεων και διάσωσης της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα, απαιτήσεις σχετικά με την ικανότητα των πληρωμάτων, και καθόρισε γραμμές ναυσιπλοΐας σε περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλη κίνηση. Στη συνάντηση αυτή αποφασίστηκε και η δημιουργία διεθνούς επιτροπής που θα ασχολούνταν με τα παραπάνω, της Διεθνούς Επιτροπής Ναυσιπλοΐας όπως αργότερα ονομάστηκε.

Η επιτροπή αυτή συστήθηκε το 1897 με σκοπό να καλύψει τη νομική πλευρά των θεμάτων της Ναυτιλίας. Η επιτροπή βοήθησε και στην κατάρτιση του σχεδίου της Διεθνούς Σύμβασης (ΔΣ) για την ***Προστασία της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα*** (ΠΑΖΕΘ), η οποία ίσχυσε το 1914 μετά από το μεγάλο ατύχημα του Τιτανικού (1912). Η σύμβαση αυτή είναι γνωστή ως **SOLAS** από τα αρχικά των λέξεων Safety Of Life At Sea.

Το 1929 πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο νέα συνάντηση των εκπροσώπων των χωρών που ασχολούνταν με τη ναυτιλία. Το αποτέλεσμα από τη συνάντηση αυτή ήταν η κατάρτιση της ***SOLAS του 1929.***

Το 1930 οι εκπρόσωποι των ναυτιλιακών χωρών, σε μια άλλη διεθνή συνάντηση που είχαν, κατάρτισαν κανονισμούς σχετικά με τη γραμμή φόρτωσης των πλοίων.

Το 1948 σχηματίσθηκε στη Γενεύη, στα πλαίσια του ΟΗΕ που δημιουργήθηκε το 1945, ο Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Συμβουλευτικός Οργανισμός, γνωστός ως ***IMO*** από τα αρχικά των λέξεων International Maritime Organization (IMO).

Ο IMO ενέργησε για την κατάρτιση τής:

1) ΔΣ για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS-1960).

2) Συμβάση για τη Θαλάσσια Κυκλοφορία (Maritime Traffic) (1965).

3) ΔΣ Γραμμής Φόρτωσης (1966).

4) ΔΣ για τη Μέτρηση της Χωρητικότητας των Πλοίων (1969).

5) Σύμβαση για τη διεθνή επέμβαση σε περίπτωση ρύπανσης της ανοικτής θάλασσας από προϊόντα πετρελαίου (1969).

6) Σύμβαση για την ευθύνη ζημιών που προέρχονται από τη ρύπανση προϊόντων πετρελαίου (1969).

7) ΔΣ για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS-1974).

Οι ΔΣ που πραγματοποιήθηκαν έξω από τα πλαίσια του ΙΜΟ είναι:

1) ΔΣ για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS-1948).

2) Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από προϊόντα πετρελαίου. (Η σύνταξη της άρχισε το 1954 και συμπληρώθηκε το 1962).

25.2 Διάρθρωση των κανονισμών της SOLAS 1974

Οι κανονισμοί της SOLAS 1974 υποδιαιρούνται σε οκτώ (8) κύρια κεφάλαια το καθένα από τα οποία υποδιαιρείται σε μέρη (Parts) και κανονισμούς (Regulations). Συνοπτικά η διόρθωση της SOLAS είναι η παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι	***ΓΕΝΙΚΑ***
Μέρος Α	Εφαρμογή - Ορισμοί
Μέρος Β	Επιθεωρήσεις - Πιστοποιητικά
Μέρος Γ	Ατυχήματα
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ	***1) ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΚΑΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ-ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ***
Μέρος Α	Γενικά
Μέρος Β	Υποδιαίρεση και Ευστάθεια
Μέρος Γ	Μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις
	2) ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΪΑ, ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗ
Μέρος Α	Γενικά
Μέρος Β	Κανονισμοί πυρκαγιάς για επιβατικά πλοία που μεταφέρουν πάνω από 36 επιβάτες
Μέρος Γ	Κανονισμοί πυρκαγιάς για επιβατικά πλοία που μεταφέρουν μέχρι 36 επιβάτες
Μέρος Δ	Κανονισμοί πυρκαγιάς για φορτηγά πλοία
Μέρος Ε	Κανονισμοί πυρκαγιάς για πετρελαιοφόρα
Μέρος ΣΤ	Ειδικοί κανονισμοί για υπάρχοντα πλοία
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ	***ΣΩΣΤΙΚΑ ΜΕΣΑ***
Μέρος Α	Γενικά
Μέρος Β	Κανονισμοί για επιβατικά πλοία
Μέρος Γ	Κανονισμοί για φορτηγά πλοία
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV	***ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΦΩΝΙΑ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΓΡΑΦΙΑ***
Μέρος Α	Εφαρμογή και Ορισμοί
Μέρος Β	Βάρδιες
Μέρος Γ	Τεχνικές λεπτομέρειες

Μέρος Δ	Ημερολόγια
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V	***ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑΣ***
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI	***ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΙΤΗΡΩΝ***
Μέρος Α	Γενικά
Μέρος Β	Υπολογισμοί ροπών κλίσης (λόγω μετακίνησης φορτίου)
Μέρος Γ	Συστήματα ασφάλισης του φορτίου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI	***ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ***
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VIII	***ΠΥΡΗΝΟΚΙΝΗΤΑ ΠΛΟΙΑ***

Στις επόμενες παραγράφους θα δοθεί συνοπτικά το περιεχόμενο κάθε κεφαλαίου. Περισσότερα στοιχεία πάνω σε μερικούς από τους ειδικούς κανονισμούς δόθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Πληροφορίες σχετικά με τις απαιτήσεις των κανονισμών για την ευστάθεια και φόρτωση δίνονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου. Για ακόμη περισσότερες λεπτομέρειες, φυσικά, θα πρέπει κάποιος να ανατρέξει στο κείμενο της σύμβασης.

25.3 Γενικές διατάξεις της SOLAS

Στο κεφάλαιο αυτό της SOLAS καθορίζονται οι περιπτώσεις εφαρμογής της και δίνονται διάφοροι ορισμοί σχετικά με την εφαρμογή των επιμέρους κανονισμών.

Από την άποψη της εφαρμογής των κανονισμών καθορίζεται ότι αυτοί έχουν εφαρμογή σε πλοία που απασχολούνται σε διεθνή ταξίδια και δεν έχουν εφαρμογή σε πολεμικά πλοία, σε φορτηγά κάτω από 500 κοχ, σε μη μηχανοκίνητα πλοία, σε ξύλινα πλοία πρωτόγονης κατασκευής, σε σκάφη αναψυχής και σε αλιευτικά.

Επίσης καθορίζονται οι νομικές έννοιες των όρων Κανονισμός, Αρχή, Αποδεκτό, Διεθνές ταξίδι, Επιβάτης, Επιβατικό πλοίο,Φορτηγό πλοίο, Πετρελαιοφόρο, Αλιευτικό, Πυρηνοκίνητο, Νέο πλοίο και Πλοίο που υπάρχει. Ο σαφής καθορισμός της έννοιας των παραπάνω όρων είναι απαραίτητος γιατί επηρεάζει τις λεπτομέρειες εφαρμογής των διάφορων κανονισμών.

Στο ίδιο κεφάλαιο καθορίζεται η συχνότητα και τα αντικείμενα που πρέπει να εξετάζονται στη διάρκεια περιοδικών επιθεωρήσεων του πλοίου από την αρμόδια αρχή. Ειδικά στα επιβατικά πλοία, πρέπει να πραγματοποιούνται οι παρακάτω επιθεωρήσεις:

1) Επιθεώρηση πριν να τεθεί το πλοίο σε ενέργεια.

2) Ετήσιες επιθεωρήσεις.

3) Πρόσθετες επιθεωρήσεις όποτε κρίνεται απαραίτητο από τις αρχές.

Μετά από κάθε επιθεώρηση χορηγούνται πιστοποιητικά, ο τύπος και η ισχύς των οποίων καθορίζονται επίσης από τους κανονισμούς.

Τέλος στο ίδιο κεφάλαιο καθορίζεται η υποχρέωση της ***Αρχής*** να ερευνά κάθε ατύχημα και να δίνει στον ΙΜΟ όλα τα στοιχεία που θα έκρινε χρήσιμα για τη βελτίωση των κανονισμών.

25.4 Στεγανή υποδιαίρεση και ευστάθεια – Μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις [SOLAS - Κεφαλαίο II (1)]

Στο ***Πρώτο Μέρος*** αυτού του κεφαλαίου καθορίζεται η εφαρμογή των κανονισμών με βάση κυρίως τη διάκριση ανάμεσα σε νέα πλοία (δηλ. πλοία που θα κατασκευασθούν μετά την εφαρμογή της SOLAS) και σε πλοία που υπάρχουν. Επίσης δίνονται οι ορισμοί όρων που είναι βασικοί για την εφαρμογή των κανονισμών του κεφαλαίου, όπως: έμφορτη ίσαλος, γραμμή υποδιαίρεσης, ανώτατη ίσαλος γραμμής υποδιαίρεσης, μήκος πλοίου, πλάτος, βύθισμα, κατάστρωμα στεγανών διαφραγμάτων, γραμμή ορίου βύθισης, διαχωρητότητα χώρου, χώρος μηχανοστασίου και χώροι επιβατών.

Το ***Δεύτερο Μέρος*** αυτού του κεφαλαίου έχει εφαρμογή κυρίως στα επιβατικά πλοία. Συνοπτικά καλύπτει τους παρακάτω τομείς:

1) Απαιτήσεις σχετικά με το μήκος των στεγανών διαμερισμάτων του πλοίου.

2) Ειδικούς κανονισμούς σχετικά με τη στεγανή υποδιαίρεση των πλοίων.

3) Απαιτήσεις ευστάθειας όταν το πλοίο πάθει βλάβη, δηλαδή όταν ένα ή περισσότερα στεγανά διαμερίσματά του βρεθούν (λόγω βλάβης στο περίβλημα) σε επικοινωνία με τη θάλασσα.

4) Απαιτήσεις για τη διαμόρφωση του Forepeak, του Afterpeak και της σήραγγας του άξονα.

5) Στοιχεία για τη διαμόρφωση του διπύθμενου.

6) Άλλα στοιχεία που σχετίζονται με την αντιμετώπιση βλαβών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους χειριστές των πλοίων παρουσιάζουν οι κανονισμοί 19 και 20 που αναφέρονται αντίστοιχα στα στοιχεία ευστάθειας που πρέπει να υπάρχουν στα πλοία και στα σχέδια αντιμετώπισης βλαβών.

Σύμφωνα με τον κανονισμό 19:

«Πρέπει να δίνονται στον Πλοίαρχο του πλοίου τα αποτελέσματα του πειράματος ευστάθειας, καθώς και όλα τα στοιχεία που θα του επιτρέπουν να διαπιστώνει εύκολα την ευστάθεια του πλοίου σε οποιαδήποτε κατάσταση».

Εξάλλου, σύμφωνα με τον κανονισμό 20:

«Πρέπει σε κατάλληλες θέσεις του πλοίου να υπάρχουν αναρτημένα σχέδια ελέγχου βλαβών, που θα δείχνουν τα όρια των στεγανών διαμερισμάτων του πλοίου, τα ανοίγματα στις στεγανές φρακτές και τον τρόπο κλεισίματός τους, καθώς και λεπτομέρειες του σχετικού τηλεχειρισμού, εάν υπάρχει». Στα σχέδια θα πρέπει να περιέχονται και λεπτομέρειες για την εξουδετέρωση κάθε εγκάρσιας κλίσης που θα παρουσιαζόταν. Σύμφωνα με τον ίδιο πάντα κανονισμό θα πρέπει να δίνονται στους αξιωματικούς του πλοίου εγχειρίδια που θα περιέχουν τις παραπάνω πληροφορίες.

Το ***Τρίτο Μέρος*** αυτού του κεφαλαίου περιέχει λεπτομέρειες, σχετικά με τη μηχανολογική και ηλεκτρολογική εγκατάσταση του πλοίου, τις απαιτήσεις για την ύπαρξη ηλεκτρομηχανής ανάγκης στα φορτηγά και επιβατικά πλοία, καθώς και τις απαραίτητες ελάχιστες επιδόσεις του συστήματος πηδαλιούχησης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο κανονισμός 27 που καθορίζει τις προφυ-

λάξεις από το ενδεχόμενο πυρκαγιάς ή από άλλα ατυχήματα ηλεκτρολογικής προέλευσης.

Στο κεφάλαιο αυτό θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι με τη SOLAS-1974 καθορίζονται νέοι (εναλλακτικοί) κανονισμοί ευστάθειας και στεγανής υποδιαίρεσης των επιβατικών πλοίων. Οι νέοι κανονισμοί, των οποίων η κατάρτιση βασίσθηκε σε πλήθος από στατιστικά δεδομένα και των οποίων η εφαρμογή έχει ως βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων, παρέχουν καλύτερη ένδειξη (από ό,τι οι παλαιότεροι κανονισμοί) της δυνατότητας του πλοίου να επιβιώσει μετά από μία βλάβη (άνοιγμα στεγανών διαμερισμάτων στη θάλασσα) και παρέχουν επίσης στην ***Αρχή,*** τη δυνατότητα να αξιολογήσει σωστά το επίπεδο ασφάλειας νέων, και διαφορετικών από τις κλασικές, διατάξεων των πλοίων.

25.5 Προστασία από πυρκαγιά – Ανίχνευση και κατάσβεσή της [SOLAS - Κεφαλαίο II (2)]

Στο ***Πρώτο Μέρος*** αυτού του κεφαλαίου καθορίζονται οι λεπτομέρειες εφαρμογής των κανονισμών, με βάση τη διάκριση σε φορτηγά και επιβατικά πλοία, που θεωρούνται εκείνα που μεταφέρουν περισσότερους από 36 επιβάτες. Στο ίδιο κεφάλαιο δίνονται διάφοροι ορισμοί που επηρεάζουν τις λεπτομέρειες εφαρμογής των κανονισμών, όπως οι ορισμοί των άκαυστων υλικών, των διαφραγμάτων προστασίας από πυρκαγιά, και άλλων που σχετίζονται με τις απαιτήσεις προστασίας από πυρκαγιά.

Επίσης καλύπτονται θέματα σχετικά με:

1) Τις ελάχιστες επιδόσεις των αντλιών πυρκαγιάς του δικτύου πυρκαγιάς και των λήψεων του δικτύου.

2) Τους πυροσβεστήρες (φορητούς).

3) Τα μόνιμα συστήματα κατάσβεσης πυρκαγιάς.

4) Τα συστήματα αυτόματης ράντισης σε διάφορους χώρους του πλοίου.

5) Τα συστήματα για την ανίχνευση και τη σήμανση πυρκαγιάς.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους χειριστές των πλοίων παρουσιάζει ο κανονισμός 4, σύμφωνα με τον οποίο σε διάφορα μέρη του πλοίου πρέπει να υπάρχουν αναρτημένα σχέδια γενικής διάταξης με όλες τις λεπτομέρειες που σχετίζονται με την προστασία και σωστή αντιμετώπιση της πυρκαγιάς.

Στο ***Δεύτερο, Τρίτο, Τέταρτο*** και ***Πέμπτο*** Μέρος του κεφαλαίου δίνονται λεπτομερείς κατασκευαστικές απαιτήσεις του πλοίου, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία και η μη εξάπλωση της πυρκαγιάς. Στα Μέρη αυτά περιλαμβάνονται θέματα, όπως είναι η μεταλλική κατασκευή, οι πυροστεγανές φρακτές και τα καταστρώματα, ή εξασφάλιση εναλλακτικών εξόδων διαφυγής από τους διάφορους χώρους, η πυροστεγανή προστασία κλιμακοστασίων και άλλων ζωτικών χώρων, η μορφή των δικτύων αερισμού-εξαερισμού, οι απαιτήσεις για την εγκατάσταση και οι λεπτομέρειες των συστημάτων ράντισης και ο περιορισμός της χρησιμοποίησης εύφλεκτων υλικών.

Στο ***Έκτο Μέρος*** αυτού του κεφαλαίου περιέχονται ειδικές απαιτήσεις για τα πετρελαιοφόρα που καθορίζουν τη μορφή, τη διάταξη και τα συστήματα λειτουργίας τους.

Τέλος στο ***Έβδομο Μέρος*** δίνονται περιορισμένες απαιτήσεις προστασίας για τα υπάρχοντα πλοία.

25.6 Σωστικά μέσα (SOLAS - Κεφαλαίο III)

Το ***Πρώτο Μέρος*** αυτού του κεφαλαίου περιλαμβάνει κοινές απαιτήσεις για επιβατικά και φορτηγά πλοία. Σε αυτό, εκτός από τους ορισμούς και τις λεπτομέρειες εφαρμογής των κανονισμών, καθορίζονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των σωσίβιων λέμβων, το μέγεθος και η μεταφορική τους ικανότητα, καθώς και ο εξοπλισμός τους. Επίσης περιέχονται τα αντίστοιχα στοιχεία για τις πνευστές σχεδίες, καθώς και προδιαγραφές σχετικά με τα σωσίβια.

Στο ***Δεύτερο Μέρος*** υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για τα επιβατικά πλοία. Επιπλέον καθορίζονται οι απαιτήσεις που σχετίζονται με τα συστήματα καθαίρεσης των σωσίβιων λέμβων και των πνευστών σχεδίων.

Στο ***Τρίτο Μέρος*** υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για τα φορτηγά πλοία.

25.7 Ραδιοτηλεφωνία και ραδιοτηλεγραφία (SOLAS - Κεφαλαίο IV)

Λόγω της σχετικής ευκολίας προσαρμογής των πλοίων στις απαιτήσεις των κανονισμών αυτού του κεφαλαίου, δεν γίνεται διάκριση μεταξύ νέων πλοίων και πλοίων που υπάρχουν.

Το ***Πρώτο Μέρος*** του κεφαλαίου περιέχει τους σχετικούς με την εφαρμογή των κανονισμών εξειδικευμένους ορισμούς.

Το ***Δεύτερο Μέρος*** περιέχει τις απαιτήσεις φυλακής (βάρδιας) ασυρμάτου, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου (αριθμός μεταφερόμενων επιβατών).

Τέλος, το ***Τρίτο Μέρος*** περιέχει τις τεχνικές λεπτομέρειες των συστημάτων ραδιοτηλεφωνίας και ραδιοτηλεγραφίας που επιτρέπεται και απαιτείται να υπάρχουν στα πλοία.

Στο ίδιο κεφάλαιο περιέχονται και οι απαιτήσεις που σχετίζονται με την εγκατάσταση στα πλοία ραδιογωνιομέτρων.

25.8 Ασφάλεια ναυσιπλοΐας (SOLAS - Κεφαλαίο V)

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται βασικά στην υποχρέωση του Πλοιάρχου να ειδοποιεί τα πλοία που βρίσκονται κοντά του και την πλησιέστερη υπηρεσία ξηράς για τους τυχόν ναυτιλιακούς κινδύνους που συναντά. Στους κινδύνους αυτούς περιλαμβάνονται επικίνδυνοι όγκοι πάγου, καταιγίδες, πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και άνεμος έντασης πάνω από 10 Beaufort.

Στο ίδιο κεφάλαιο καθορίζεται η υποχρέωση των κρατών να διατηρούν υπηρεσία συλλογής μετεωρολογικών πληροφοριών από τα πλοία, οι οποίες θα μπορούσαν να συντελέσουν γενικά στην ασφάλεια της Ναυσιπλοΐας, αλλά και ειδικά στον καθορισμό γραμμών ειδικής κυκλοφορίας σε πολυσύχναστες και περιορισμένες περιοχές.

25.9 Μεταφορά σιτηρών (SOLAS - Κεφαλαίο VI)

Η ιδιότητα των σιτηρών να μετακινούνται σε καταστάσεις θαλασσοταραχής και

έτσι να δημιουργούνται εγκάρσιες ροπές στο πλοίο, είναι η βασική αιτία απώλειας μεγάλου αριθμού φορτηγών πλοίων. Για τον λόγο αυτό η SOLAS περιέχει μια σειρά ειδικών κανονισμών που έχουν εφαρμογή σε τέτοιες περιπτώσεις.

Όλες οι λεπτομέρειες που σχετίζονται με τις απαιτήσεις και την εφαρμογή των σχετικών κανονισμών δίνονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Εδώ επισημαίνονται μόνο:

1) ***Η υποχρέωση του Πλοιάρχου να αποδεικνύει, πριν από τη φόρτωση των σιτηρών, στις αρχές ότι το πλοίο θα μπορέσει μετά τη φόρτωση να καλύψει όλες τις απαιτήσεις ευστάθειας που καθορίζονται από τους κανονισμούς.*** Η ανάγκη αυτή δημιουργεί στον Πλοίαρχο μία υποχρέωση καλής κατανόησης των σχετικών τεχνικών θεμάτων.

2) Η ανάγκη να υπάρχουν στο πλοίο, με τη μορφή πινάκων και καμπυλών, όλα τα στοιχεία που θα επιτρέψουν στον Πλοίαρχο να αποδείξει την ικανοποίηση των σχετικών απαιτήσεων.

25.10 Μεταφορά επικίνδυνων φορτίων (SOLAS - Κεφαλαίο VII)

Στο κεφάλαιο αυτό της SOLAS διακρίνονται τα διάφορα επικίνδυνα φορτία σε κατηγορίες και καθορίζονται οι απαιτήσεις για την ασφαλή μεταφορά τους. Οι λεπτομέρειες εφαρμογής αυτού του κεφαλαίου περιέχονται στο βιβλίο: «Ευστάθεια-φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

25.11 Πυρηνοκίνητα πλοία (SOLAS - Κεφαλαίο VIII)

Στο κεφάλαιο αυτό θίγονται λεπτομέρειες που αφορούν στην εγκατάσταση πυρηνικών αντιδραστήρων στα εμπορικά πλοία και καθορίζονται μέτρα ασφάλειας από το ενδεχόμενο έκλυσης ραδιενέργειας.

26.1 Η Διεθνής Σύμβαση για τη γραμμή φόρτωσης

Η ΔΣ για τη Γραμμή Φόρτωσης του 1966 είναι μια διεθνής συμφωνία μεταξύ των ναυτιλιακών χωρών και έχει ως σκοπό να προαγάγει την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και περιουσίας στη θάλασσα, με τον καθορισμό ομοιόμορφων αρχών και κανονισμών σχετικά με τα όρια μέχρι τα οποία επιτρέπεται η φόρτωση των πλοίων.

Σε γενικές γραμμές η παραπάνω σύμβαση καθορίζει το εφεδρικό ύψος των πλοίων, με βάση την πυκνότητα του νερού, το μήκος, το πλάτος, το βύθισμα, τη σιμότητα του καταστρώματος, την έκταση των υπερκατασκευών και άλλες γεωμετρικές παραμέτρους.

Η ΔΣ υποδιαιρείται σε τέσσερα (4) κεφάλαια και κάθε κεφάλαιο σε κανονισμούς. Συνοπτικά η διάρθρωση της σύμβασης είναι ή παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I	Γενικά ορισμοί.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ II	Συνθήκες προσδιορισμού ύψους εξάλων.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III	Καθορισμός ύψους εξάλων.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV	Ειδικές απαιτήσεις για πλοία μεταφοράς ξυλείας.

26.2 Γενικά – Ορισμοί (Κεφάλαιο I της ΔΣ)

Στο κεφάλαιο I της Συμβάσης δίνονται αρχικά και με λεπτομέρειες οι ορισμοί που είναι απαραίτητοι για την εφαρμογή των ειδικών κανονισμών καθορισμού του ύψους εξάλων. Ειδικότερα ορίζονται τα εξής μεγέθη:

1) Μήκος (L)

Που είναι ίσο με το 96% του μήκους της ισάλου που αντιστοιχεί στο 85% του ελάχιστου πλευρικού βάθους (ύψους) ή με το μήκος που μετριέται από την εξωτερική όψη της στείρας μέχρι τον άξονα του στορέα του πηδαλίου (μεταξύ των δύο το μεγαλύτερο).

2) Μέσο του πλοίου

Που είναι το μέσο του μήκους L.

3) Πλάτος (B)

Που είναι το μέγιστο πλάτος του πλοίου μετρούμενο στο μέσο του πλοίου και εξωτερικά του νομέα.

4) Πλευρικό βάθος (D)

Που είναι η κατακόρυφη απόσταση από την πάνω όψη της επίπεδης τρόπιδας μέχρι την πάνω όψη του ζυγού του καταστρώματος εξάλων μετρούμενο στο μέσο του πλοίου.

5) Πλευρικό βάθος για το ύφος έξαλλων (I)

Που προκύπτει από τους κανονισμούς για το πλευρικό βάθος, το πάχος του ελάσματος της υδρορρόης, το πάχος της επένδυσης του καταστρώματος και το ολικό μήκος των υπερκατασκευών.

6) Συντελεστής λεπτότητας γάστρας

Ο συντελεστής αυτός βρίσκεται από τη σχέση:

$$C_b = \frac{\overline{V}}{LBD_1}$$

όπου: $\overline{\mathbf{V}}$ ο όγκος εκτοπίσματος του βυθισμένου μέρους του σκάφους
B το πλάτος του πλοίου
L το μήκος του πλοίου και
$\mathbf{D_1}$ το 85% του ελάχιστου πλευρικού βάθους.

7) Ύψος εξάλων

Που είναι η κατακόρυφη απόσταση (στο μέσο του πλοίου) από την πάνω όψη της γραμμής καταστρώματος μέχρι την πάνω όψη της αντίστοιχης γραμμής φόρτωσης.

8) Κατάστρωμα εξάλων

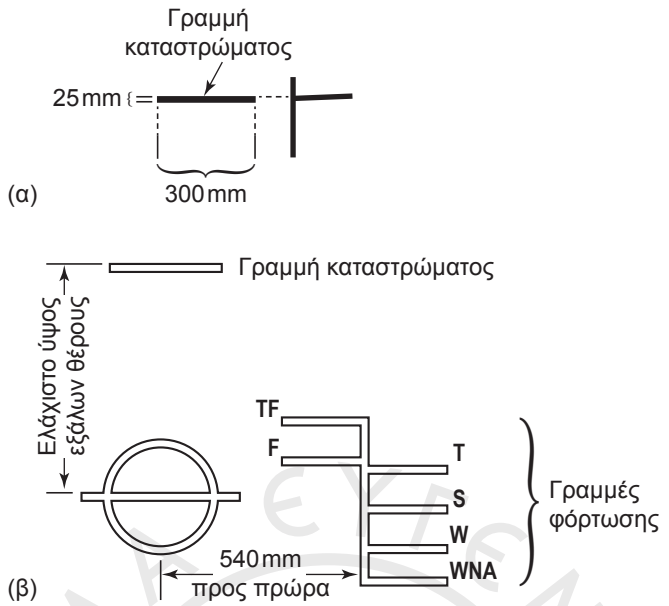
Που είναι το ανώτατο κατάστρωμα που εκτίθεται στον καιρό και τη θάλασσα και που έχει μόνιμα μέσα κλεισίματος των εκτεθειμένων στον καιρό ανοιγμάτων του. Όλα τα ανοίγματα που υπάρχουν στις πλευρές κάτω από το κατάστρωμα εξάλων έχουν μόνιμα μέσα υδατοστεγανού κλεισίματος.

9) Υπερκατασκευή

Που είναι κάθε κλειστή (από πάνω) κατασκευή η οποία βρίσκεται πάνω στο κατάστρωμα εξάλων και εκτείνεται από πλευρά σε πλευρά.

Στο ίδιο κεφάλαιο περιέχονται οι λεπτομέρειες χάραξης της γραμμής του καταστρώματος και των γραμμών φόρτωσης. Οι λεπτομέρειες αυτής της χάραξης φαίνονται στο σχήμα 26.1. Στο σχήμα βλέπουμε τη γραμμή του καταστρώματος, που είναι μία ευθεία με μήκος 300 mm και πάχος 25 mm, η οποία χαράζεται στο μέσο κάθε πλευράς του πλοίου. Η επάνω όψη αυτής της γραμμής συμπίπτει με το σημείο τομής της επάνω όψης του καταστρώματος εξάλων και του πλευρικού ελάσματος του πλοίου.

Το σημείο της γραμμής φόρτωσης (μπάλα) αποτελείται από έναν κύκλο με εξωτερική διάμετρο 300 mm και πάχος 25 mm του μέτρου που τέμνεται από μία οριζόντια ευθεία με μήκος 450 mm και πάχος 25 mm και της οποίας η πάνω όψη περνάει από το κέντρο του κύκλου. ***Το κέντρο του κύκλου βρίσκεται στο μέσο του πλοίου και***



Σχ. 26.1
Χάραξη γραμμών,
(α) Της γραμμής καταστρώματος. (β) Των γραμμών φόρτωσης.

χαμηλότερα από την πάνω όψη της γραμμής φόρτωσης σε απόσταση ίση με το ύψος εξάλων.

Στα πλοία ειδικότερα χαράσσονται και οι παρακάτω γραμμές φόρτωσης:

1) Γραμμή φόρτωσης θέρους

Χαρακτηρίζεται με το γράμμα S και περνάει από το κέντρο του κύκλου.

2) Γραμμή φόρτωσης χειμώνα

Χαρακτηρίζεται με το γράμμα W και προκύπτει εάν προσθέσουμε στο ύψος εξάλων θέρους το $^1/_{48}$ του βυθίσματος θέρους.

3) Γραμμή φόρτωσης Βόρειου Ατλαντικού

Χαρακτηρίζεται με τα γράμματα WNA και βρίσκεται για πλοία μήκους μέχρι, 100 m αν προσθέσουμε 50 mm του μέτρου στο ύψος εξάλων χειμώνα. Σε μεγαλύτερα πλοία οι γραμμές W και WNA συμπίπτουν.

4) Τροπική γραμμή φόρτωσης

Χαρακτηρίζεται με το γράμμα T και βρίσκεται αν από το ύψος εξάλων θέρους αφαιρέσουμε το $^1/_{48}$ του βυθίσματος θέρους.

5) Γραμμή φόρτωσης γλυκού νερού

Χαρακτηρίζεται με το γράμμα F και προκύπτει αν από το ύψος εξάλων θέρους αφαιρέσουμε μήκος ίσο με Δ/40T (σε cm).

όπου: **Δ** το εκτόπισμα σε t στο βύθισμα θέρους και
T t ανά cm βύθισης στην ίσαλο θέρους.

6) Τροπική γραμμή φόρτωσης γλυκού νερού

Που συμβολίζεται με τα γράμματα TF και προκύπτει αν από το εφεδρικό ύψος θέρους γλυκού νερού αφαιρέσουμε το $^{1}/_{48}$ του βυθίσματος θέρους.

Οι παραπάνω γραμμές φαίνονται στο σχήμα 26.1. Μερικές φορές πάνω στο πλοίο είναι χαραγμένη και η γραμμή φόρτωσης ξυλείας που προκύπτει από την εφαρμογή ειδικών κανονισμών.

Όλες οι παραπάνω γραμμές είναι πονταρισμένες στο πλοίο (μόνιμα χαραγμένες) και χρωματισμένες με άσπρο ή κίτρινο χρώμα σε σκούρο φόντο (χρώμα πλευράς πλοίου) ή με μαύρο σε άσπρο φόντο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον από το Κεφάλαιο I παρουσιάζει ο κανονισμός 1, ο οποίος θέτει τις απαιτήσεις ύπαρξης ικανοποιητικής αντοχής και επεξηγεί ότι ***πλοία που έχουν κατασκευασθεί κατά τις απαιτήσεις ενός αναγνωρισμένου νηογνώμονα και συντηρούνται με βάση αυτές θεωρούνται ότι έχουν ικανοποιητική αντοχή.***

Κάθε γραμμή φόρτωσης από αυτές που προαναφέραμε καθορίζει το όριο μέχρι το οποίο επιτρέπεται η φόρτωση του πλοίου να αυξήσει το βύθισμα για τις ανάλογες συνθήκες (θέρους, χειμώνα κ.λπ.). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ***το όριο μέχρι το οποίο μπορεί να φορτωθεί ένα πλοίο ανάγεται ουσιαστικά στην εύρεση του ύψους εξάλων θέρους.***

26.3 Συνθήκες προσδιορισμού ύψους εξάλων (Κεφάλαιο II της ΔΣ)

Στο κεφάλαιο αυτό καθορίζονται κατά κάποιον τρόπο οι ειδικές κατασκευαστικές απαιτήσεις που πρέπει να εκπληρώνει το πλοίο, για να του επιτραπεί να ταξιδέψει με το ύψος εξάλων που καθορίζεται από τους κανονισμούς. Τα θέματα που ρυθμίζονται σ' αυτό το κεφάλαιο είναι:

1) Το ύψος του κατωφλίου και οι λεπτομέρειες κατασκευής των θυρών εισόδου στις υπερκατασκευές.

2) Οι λεπτομέρειες των ανοιγμάτων των κυτών και των συστημάτων κλεισίματός τους.

3) Οι λεπτομέρειες των ανοιγμάτων του μηχανοστασίου.

4) Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των εξαεριστήρων και των αεραγωγών, που εκτείνονται πάνω από το κατάστρωμα.

5) Τα χαρακτηριστικά των αποχετευτικών σωληνώσεων που διαπερνούν το κέλυφος του πλοίου και των συστημάτων αποχέτευσης των εκτεθειμένων καταστρωμάτων.

6) Τα χαρακτηριστικά των παραφωτίδων (φινιστρινιών) και των μέσων κλεισίματός τους.

Για την εφαρμογή των κανονισμών, ουσιώδες στοιχείο είναι η θέση του καθενός από τα συστήματα που αναφέραμε κατά μήκος του πλοίου και κατακόρυφα σε σχέση με το κατάστρωμα εξάλων.

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει ο κανονισμός 10 σύμφωνα με τον οποίο ο Πλοίαρχος θα πρέπει να ενημερώνεται επαρκώς, ώστε να γνωρίζει ότι το πλοίο:

Πρώτον δεν φορτίζεται ανεπίτρεπτα από κακή φόρτωση και δεύτερον έχει την απαραίτητη ευστάθεια.

26.4 Υπολογισμός ύψους (Κεφάλαιο III της ΔΣ)

Η λεπτομερής διαδικασία εύρεσης του απαιτούμενου, κατά τους κανονισμούς, ύψους εξάλων του πλοίου, ξεφεύγει από τα όρια αυτού του βιβλίου.

Ενδεικτικά όμως μπορούμε να πούμε ότι για την εφαρμογή των κανονισμών της σύμβασης, τα πλοία υποδιαιρούνται σε δύο κατηγορίες: σε ***πλοία τύπου Α*** και σε ***πλοία τύπου Β***.

1) ***Πλοία τύπου Α*** είναι εκείνα τα οποία από την κατασκευή τους προορίζονται να μεταφέρουν υγρά φορτία ***χύδην***, δηλαδή έχουν δεξαμενές με μικρά ανοίγματα στο κατάστρωμα που κλείνουν με υδατοστεγανά χαλύβδινα (ή άλλα ισοδύναμα) καλύμματα. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και πλοία με μήκος μεγαλύτερο από 150 m που μπορούν να υποστούν κατάκλυση σε οποιονδήποτε κενό χώρο χωρίς επιπτώσεις.

2) ***Πλοία τύπου Β*** είναι όλα εκείνα που δεν ανήκουν στην Α κατηγορία.

Από πίνακες που περιέχονται στη ΔΣ με βάση το μήκος του πλοίου μπορεί να βρεθεί το ύψος εξάλων. Για παράδειγμα ένα πλοίο τύπου Α μήκους 150 m πρέπει να έχει ελάχιστο ύψος εξάλων 1968 mm, ενώ ένα πλοίο τύπου Β με το ίδιο μήκος πρέπει να έχει ελάχιστο ύψος εξάλων 2315 mm.

Το παραπάνω ύψος εξάλων πρέπει στη συνέχεια να διορθωθεί με βάση στοιχεία που δίνονται στη Σύμβαση, ανάλογα βέβαια με τις διάφορες γεωμετρικές ιδιότητες του πλοίου, των υπερκατασκευών και υπερστεγασμάτων του.

26.5 Ειδικές απαιτήσεις για πλοία μεταφοράς ξυλείας (Κεφάλαιο IV της ΔΣ)

Η ύπαρξη φορτίου ξυλείας στο κατάστρωμα ενός πλοίου θεωρείται ότι προσδίδει σε αυτό επιπρόσθετη πλευστότητα. Για τον λόγο αυτό σ' αυτές τις περιπτώσεις ή σύμβαση προβλέπει κάπως ελαττωμένο ύψος εξάλων.

Για να επιτραπεί όμως το πλοίο να χρησιμοποιήσει το παραπάνω ελαττωμένο ύψος εξάλων, θα πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες άλλες απαιτήσεις σχετικές κυρίως με την ευστάθειά του και με την ασφάλεια από ενδεχόμενη μετακίνηση του φορτίου. Οι σχετικές λεπτομέρειες δίνονται από τους κανονισμούς και στο κεφάλαιο με τον τίτλο «Φορτώσεις ξυλείας» του βιβλίου «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 27

Κανονισμοί μέτρησης χωρητικότητας

27.1 Γενικά – Ορισμοί

Η μέτρηση της χωρητικότητας ενός πλοίου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί ***με βάση τη χωρητικότητα καθορίζεται ένα ποσοστό από το κόστος εκμετάλλευσής του, που αφορά στις εξυπηρετήσεις και υπηρεσίες που προσφέρονται σε αυτό***. Επιπλέον διάφορες νομοθετικές ρυθμίσεις που καθορίζουν διάφορες υποχρεώσεις των πλοίων με βάση το μέγεθός τους αναφέρονται στη χωρητικότητα.

Στην αγγλική ορολογία ο όρος ***ton*** έχει χρησιμοποιηθεί ως μονάδα μέτρησης τόσο της μάζας όσο και του όγκου. Αυτό έχει συχνά οδηγήσει σε σύγχυση.

Οι συνήθεις αγγλικοί όροι στους οποίους χρησιμοποιείται ο όρος ***ton*** ως ***μονάδα μάζας*** είναι:

1) Displacement Tonnage

Που παριστάνει τη μάζα του νερού που εκτοπίζεται από το πλοίο εκφρασμένη σε τόνους. Με το μέγεθος αυτό που ονομάζουμε ***Βάρος Εκτοπίσματος*** εκφράζεται το μέγεθος των πολεμικών πλοίων.

2) Deadweight Tonnage

Που παριστά τη διαφορά μεταξύ του εκτοπίσματος πλήρους φόρτου και του άφορτου εκτοπίσματος. Το μέγεθος αυτό που ονομάζεται απλά και ***Deadweight*** αποτελεί ένδειξη χαρακτηρισμού της ικανότητας ενός πλοίου να μεταφέρει φορτίο, καύσιμα, επιβάτες, νερό και εφόδια. Χρησιμοποιείται συνήθως για τον χαρακτηρισμό του μεγέθους των πετρελαιοφόρων.

3) Freight Tonnage

Που εκφράζει σε τόνους (με βάση έναν συντελεστή στοιβασίας 1,14 m^3/t) το μέγεθος των διαθέσιμων για μεταφορά φορτίου χώρων του πλοίου.

Εξάλλου ο ίδιος όρος (t) χρησιμοποιείται *ως* ***μοναδα μέτρησης όγκου*** με βάση την ισοτιμία: 1 t = 2,83 m^3.

4) Under-Deck Tonnage

Είναι ο συνολικός όγκος του πλοίου από το επάνω μέρος των εδρών μέχρι το ανώτερο κατάστρωμα, αν το πλοίο έχει λιγότερα από τρία καταστρώματα, και μέχρι το δεύτερο κατάστρωμα από κάτω προς τα επάνω σε κάθε άλλη περίπτωση (κατάστρωμα καταμέτρησης).

5) Gross Tonnage

Το μέγεθος αυτό προκύπτει από το ***Under-Deck Tonnage*** μετά από πρόσθεση του όγκου των κουραδόρων (Tween decks) και άλλων κλειστών χώρων πάνω από το κατάστρωμα και αφαίρεση ορισμένων όγκων που καθορίζονται στους κανονισμούς. Ο όρος αποδίδεται στα Ελληνικά ως ***ολική χωρητικότητα.***

Όταν δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία, η ολική χωρητικότητα ενός πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

$$\text{Ολική χωρητικότητα} = \frac{L \times B \times D}{3,5} \qquad (107)$$

όπου: **L** το μήκος μεταξύ καθέτων σε m
B το πλάτος αναφοράς του πλοίου σε m
D το ύψος αναφοράς στο ανώτερο κατάστρωμα σε m

6) Net ή Register Tonnage

Προκύπτει από την ολική χωρητικότητα μετά από αφαίρεση του όγκου ορισμένων χώρων που δεν θεωρείται ότι είναι εκμεταλλεύσιμοι και καθορίζονται από τους κανονισμούς. Ελληνικά ο όρος αποδίδεται ως ***καθαρή χωρητικότητα.***

Στην Ελληνική ναυπηγική και ναυτιλιακή πρακτική χρησιμοποιείται ο ***τόνος ως μονάδα μάζας*** (εκτόπισμα και Deadweight) και ο όρος ***κόρος*** (2,83 m^3) για τη μέτρηση της χωρητικότητας. Έτσι μπορεί αν χρησιμοποιηθούν σωστά οι μονάδες, να αποφευχθεί η σύγχυση.

Η μέτρηση της καθαρής και ολικής χωρητικότητας των πλοίων γίνεται με βάση τους νομοθετημένους ***κανονισμούς καταμέτρησης*** κάθε κράτους. Στην Ελλάδα τα αποτελέσματα της καταμέτρησης περιέχονται σε ένα πιστοποιητικό που ονομάζεται ***πιστοποιητικό καταμέτρησης.***

Σε διάφορα βιβλία έχουν κατά καιρούς δοθεί διάφοροι εμπειρικοί τύποι που συσχετίζουν τη χωρητικότητα, το εκτόπισμα και το Deadweight. Αυτοί οι τύποι έχουν μερική μόνο εφαρμογή σε συγκεκριμένους τύπους και μέγεθος πλοίων και καλό είναι να αποφεύγονται. Ενδεικτικά τα στοιχεία ενός φορτηγού πλοίου με υπερκατασκευές στο 50% του μήκους είναι:

1) Εκτόπισμα ..... 11500 τόνοι.
2) Deadweight..... 8500 τόνοι.
3) Ολική χωρητικότητα ..... 5500 κόροι.
4) Under-Deck Tonnage ..... 5000 κόροι.
5) Καθαρή χωρητικότητα ..... 3500 κόροι.

27.2 Εύρεση ολικής χωρητικότητας

Η ολική χωρητικότητα ενός πλοίου αποτελείται από τις παρακάτω συνιστώσες:

1) Under-Deck Tonnage όπως έχει ήδη ορισθεί στην προηγούμενη παράγραφο.

2) Όγκο καταστρωμάτων πάνω από το κατάστρωμα καταμέτρησης.

3) Όγκο όλων των κλειστών χώρων πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα που χρησιμοποιούν για το φορτίο, τους επιβάτες ή το πλήρωμα.

4) Όγκο μεταξύ του ανώτερου καταστρώματος και των καλυμμάτων των κυτών (κουβούσια).

Από το παραπάνω άθροισμα θα πρέπει να αφαιρεθούν στη συνέχεια οι όγκοι των εξής χώρων (Exempted spaces):

1) *Δεξαμενών διπύθμενου* που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για υγρό έρμα, καθώς και η πρωραία και πρυμναία δεξαμενή ζυγοστάθμισης με τις ίδιες προϋποθέσεις.

2) *Υπερκατασκευών*, όπως το πρόστεγο, μεσόστεγο και επίστεγο εφόσον φέρουν ορισμένα ανοίγματα καθοριζόμενα από τους κανονισμούς (Tonnage Openings).

3) *Προστατευμένων κουραδόρων* (Tween decks) εφόσον έχουν ορισμένα ανοίγματα που καθορίζονται από τους κανονισμούς (Tonnage openings) και κατάλληλες εγκάρσιες φρακτές.

4) *Άλλων χώρων* που βρίσκονται πάνω στο κύριο κατάστρωμα και καθορίζονται από τους κανονισμούς, όπως τα μαγειρεία και το οιακιστήριο.

Τα σημεία όπου θα πρέπει να ληφθούν οι σχετικές μετρήσεις και ο τρόπος εύρεσης του όγκου των παραπάνω χώρων καθορίζονται στους κανονισμούς.

Με βάση την ολική χωρητικότητα καθορίζονται τα τέλη δεξαμενισμού, ρυμούλκησης κ.λπ..

27.3 Εύρεση καθαρής χωρητικότητας

Η καθαρή χωρητικότητα ενός πλοίου προκύπτει από την ολική μετά την αφαίρεση ορισμένων χώρων που δεν θεωρούνται εκμεταλλεύσιμοι (deducted spaces) και που καθορίζονται στους κανονισμούς.

Τέτοιοι χώροι είναι:

1) Ο χώρος πηδαλίου, άγκυρας και αντλιοστασίων που βρίσκονται κάτω από το ανώτερο κατάστρωμα.

2) Οι χώροι χαρτών και ασυρμάτου.

3) Οι αποθήκες ναυκλήρου κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις.

4) Οι χώροι βοηθητικών λεβήτων.

5) Οι δεξαμενές υγρού έρματος εκτός από τα διπύθμενα.

6) Οι χώροι ενδιαίτησης Πλοιάρχου και πληρώματος.

7) Οι χώροι πρόωσης.

Ο όγκος των χώρων πρόωσης υπολογίζεται από τους παρακάτω όγκους των χώρων από τους οποίους θεωρείται ότι αποτελείται. Δηλαδή από:

1) Τον όγκο του κυρίως χώρου μηχανοστασίου και λεβητοστασίου.

2) Τον όγκο του χώρου πάνω από το μηχανοστάσιο εφόσον περιέχει μηχανήματα ή αγωγούς αέρα.

3) Τον όγκο των σηράγγων ελικοφόρων αξόνων.

Ως ***εκπιπτόμενος χώρος*** για τους χώρους πρόωσης θεωρείται:

1) Το 32% της ολικής χωρητικότητας, αν ο όγκος των χώρων πρόωσης είναι μεταξύ 13 και 20% της ολικής χωρητικότητας.

2) Τα 32/13 του όγκου των χώρων πρόωσης, αν ο όγκος τους είναι κάτω από 13% της ολικής χωρητικότητας.

3) Αν ο όγκος των χώρων πρόωσης υπερβαίνει το 20% της ολικής χωρητικότητας εκπίπτεται ή το 32% της ολικής χωρητικότητας ή όγκος ίσος με $1^{3}/_{4}$ φορές του όγκου των χώρων πρόωσης (με αίτηση του πλοιοκτήτη).

Επειδή τα λιμενικά τέλη και τα τέλη πιλότου και διέλευσης από στενά καθορίζονται με βάση την καθαρή χωρητικότητα, επιδιώκεται πάντα με διάφορα (νόμιμα) σχεδιαστικά τεχνάσματα ο αριθμός αυτός να εμφανίζεται όσο το δυνατό μικρότερος.

27.4 Νέοι κανονισμοί καταμέτρησης

Οι κανονισμοί αυτοί έχουν εφαρμοσθεί σε διάφορες χώρες μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Οι κανονισμοί τέθηκαν για πρώτη φορά σε ισχύ στην Αγγλία την 1η Μαρτίου του 1967.

Οι νέοι κανονισμοί δεν απαιτούν για την αφαίρεση του όγκου των κουραδόρων και άλλων ***ανοικτών*** χώρων του καταστρώματος την ύπαρξη ειδικών ανοιγμάτων (Tonnage openings). Αντίθετα προβλέπουν την χάραξη στις πλευρές του πλοίου μιας ***γραμμής χωρητικότητας*** ή ***Tonnage mark*** παρόμοιας περίπου με τη γραμμή φόρτωσης. Έτσι, όταν η γραμμή χωρητικότητας βρίσκεται έξω από το νερό, η χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα δεν περιλαμβάνει τους ανοικτούς χώρους. Το αντίθετο ισχύει όταν η γραμμή χωρητικότητας βρίσκεται μέσα στο νερό. Είναι φανερό ότι με τους νέους κανονισμούς το πλοίο έχει δύο ζεύγη ολικής και καθαρής χωρητικότητας.

27.5 Η Διεθνής Σύμβαση 1969 για την καταμέτρηση πλοίων

Από μια διεθνή συνάντηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του IMO στο Λονδίνο το 1969 προέκυψε η κατάρτιση μιας σύμβασης με σκοπό:

1) Να αποσυνδεθούν κατά το δυνατό μεταξύ τους τα θέματα σχεδίασης και καταμέτρησης των πλοίων.

2) Να γίνει δυνατή η εύρεση της χωρητικότητας στις πρώτες φάσεις της σχεδίασης του πλοίου.

3) Να απλουστευθεί η εύρεση της χωρητικότητας.

4) Να εξαλειφθούν οι αυθαίρετες ρυθμίσεις που γίνονταν με την εφαρμογή των προηγούμενων κανονισμών καταμέτρησης.

Με τους νέους κανονισμούς εξαφανίζεται η έννοια του κόρου και η χωρητικότητα εκφράζεται ως συνάρτηση των κυβικών μέτρων (π.χ. χρησιμοποιείται η έκφραση ***ολική χωρητικότητα 1540****).*

Η σύμβαση περιέχει συνολικά 22 άρθρα και μετά από διάφορους ορισμούς για το ανώτερο κατάστρωμα, το πλάτος αναφοράς, το ύψος αναφοράς, τους στεγασμένους και εξαιρούμενους χώρους, τους χώρους φορτίου κ.λπ., δίνει τύπους για τον υπολογισμό της ολικής και καθαρής χωρητικότητας.

1) Ολική χωρητικότητα

Η ολική χωρητικότητα μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$GT = K_1 \overline{V} \qquad (108)$$

όπου: **GT** η ολική χωρητικότητα.
$\overline{\mathbf{V}}$ ο όγκος όλων των στεγασμένων χώρων του πλοίου σε m^3.
$\mathbf{K_1} = 0{,}2 + 0{,}02 \log_{10} \overline{V}$ (βλ. πίνακα 27.1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 27.1
Τιμές των συντελεστών K_1 και K_2 στις σχέσεις (108) και (109).

$\overline{V}$ ή $\overline{V}_c$	K_1 ή K_2	$\overline{V}$ ή $\overline{V}_c$	K_1 ή K_2	$\overline{V}$ ή $\overline{V}_c$	K_1 ή K_2	$\overline{V}$ ή $\overline{V}_c$	K_1 ή K_2
10	0,2200	45,000	0,2931	330,000	0,3104	670,000	0,3165
20	0,2260	50,000	0,2940	340,000	0,3106	680,000	0,3166
30	0,2295	55,000	0,2948	350,000	0,3109	690,000	0,3168
40	0,2320	60,000	0,2956	360,000	0,3111	700,000	0,3169
50	0,2340	65,000	0,2963	370,000	0,3114	710,000	0,3170
60	0,2356	70,000	0,2969	380,000	0,3116	720,000	0,3171
70	0,2369	75,000	0,2975	390,000	0,3118	730,000	0,3173
80	0,2381	80,000	0,2981	400,000	0,3120	740,000	0,3174
90	0,2391	85,000	0,2986	410,000	0,3123	750,000	0,3175
100	0,2400	90,000	0,2991	420,000	0,3125	760,000	0,3176
200	0,2460	95,000	0,2996	430,000	0,3127	770,000	0,3177
300	0,2495	100,000	0,3000	440,000	0,3129	780,000	0,3178
400	0,2520	110,000	0,3008	450,000	0,3131	790,000	0,3180
500	0,2540	120,000	0,3016	460,000	0,3133	800,000	0,3181
600	0,2556	130,000	0,3023	470,000	0,3134	810,000	0,3182
700	0,2569	140,000	0,3029	480,000	0,3136	820,000	0,3183
800	0,2581	150,000	0,3035	490,000	0,3138	830,000	0,3184
900	0,2591	160,000	0,3041	500,000	0,3140	840,000	0,3185
1,000	0,2600	170,000	0,3046	510,000	0,3142	850,000	0,3186
2,000	0,2660	180,000	0,3051	520,000	0,3143	860,000	0,3187
3,000	0,2695	190,000	0,3056	530,000	0,3145	870,000	0,3188
4,000	0,2720	200,000	0,3060	540,000	0,3146	880,000	0,3189
5,000	0,2740	210,000	0,3064	550,000	0,3148	890,000	0,3190
6,000	0,2756	220,000	0,3068	560,000	0,3150	900,000	0,3191
7,000	0,2769	230,000	0,3072	570,000	0,3151	910,000	0,3192
8,000	0,2781	240,000	0,3076	580,000	0,3153	920,000	0,3193
9,000	0,2791	250,000	0,3080	590,000	0,3154	930,000	0,3194
10,000	0,2800	260,000	0,3083	600,000	0,3156	940,000	0,3195
15,000	0,2835	270,000	0,3086	610,000	0,3157	950,000	0,3196
20,000	0,2860	280,000	0,3089	620,000	0,3158	960,000	0,3196
25,000	0,2880	290,000	0,3092	630,000	0,3160	970,000	0,3197
30,000	0,2895	300,000	0,3095	640,000	0,3161	980,000	0,3198
35,000	0,2909	310,000	0,3098	650,000	0,3163	990,000	0,3199
40,000	0,2920	320,000	0,3101	660,000	0,3164	1,000,000	0,3200

2) Καθαρή χωρητικότητα

Η καθαρή χωρητικότητα βρίσκεται από τη σχέση:

$$NT = K_2 \overline{V}_C \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right) \qquad (109)$$

όπου: **NT** η καθαρή χωρητικότητα

V_C ο ολικός όγκος των χώρων φορτίου σε m^3

$$K_3 = 1{,}25 \times \frac{GT + 10000}{10000}$$

K_2 = 0,2 + 0,02 $\log_{10} \overline{V}_C$ (πίνακας 27.1)

D το ύψος αναφοράς σε m

d το βύθισμα αναφοράς σε m

N_1 ο αριθμός επιβατών σε καμπίνες με θέσεις για λιγότερους από 8 επιβάτες η καθεμία

N_2 ο αριθμός των υπόλοιπων επιβατών

$N_1 + N_2$ ο συνολικός αριθμός επιβατών (λαμβάνεται ίσος με μηδέν αν το πλοίο επιτρέπεται να μεταφέρει λιγότερους από 13 επιβάτες).

Ο παράγοντας $(4d/3D)^2$ λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα αν η πραγματική τιμή του υπερβαίνει τη μονάδα.

Ο παράγοντας $K_2\overline{V}_C\ (4d/3D)^2$ λαμβάνεται ίσος με 0,25 GT αν η πραγματική τιμή του είναι μεγαλύτερη (από 0,25 GT).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 28

Κανονισμοί πρόληψης από ρύπανση και άλλοι κανονισμοί

28.1 Ανάγκη για την πρόληψη της ρύπανσης – Ιστορικά

Το πρώτο διεθνές συνέδριο για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από προϊόντα πετρελαίου πραγματοποιήθηκε το 1954, οι σχετικές όμως αρμοδιότητες περιήλθαν στη δικαιοδοσία του IMO μετά τη σύστασή του, δηλαδή το 1959. Το 1969 συμπληρώθηκαν οι σχετικοί κανονισμοί στους τομείς:

1) Απαγόρευση τυχαίας και εκούσιας απόρριψης πετρελαίου στη θάλασσα.

2) Παροχή δικαιωμάτων στα κράτη για επιβολή κυρώσεων.

3) Νομικά θέματα αποζημιώσεων σε περιπτώσεις ρύπανσης.

4) Τρόποι καθαρισμού περιοχών που έχουν ρυπανθεί.

Ο στόχος του διεθνούς συνεδρίου που πραγματοποιήθηκε το 1973 (Conference on Marine Pollution - IMCO) ήταν η πλήρης εξάλειψη της ηθελημένης και η ελάττωση στον μέγιστο βαθμό της τυχαίας απόρριψης στη θάλασσα προϊόντων πετρελαίου ή άλλων υλικών που προκαλούν τη ρύπανση.

Στο διάστημα από 15-12-1976 μέχρι 24-2-1977 συνέβησαν στις ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών τα παρακάτω ατυχήματα που είχαν ως αποτέλεσμα εκτεταμένη ρύπανση της περιοχής.

1) Το Δ/Ξ ***Argo Merchant*** κόπηκε στα δύο στην περιοχή Nantucket Island. Χύθηκαν στη θάλασσα 23000 t πετρελαίου (15-12-76).

2) Στο Δ/Ξ ***Sansinena*** έγινε έκρηξη. Χύθηκε στη θάλασσα στο Los Angeles 64 t πετρελαίου (17-12-76).

3) Στο ***Oswego Peace*** παρουσιάστηκε άνοιγμα ελάσματος. Χύθηκαν στο ποταμό Thames River του New London 16 t πετρελαίου (24-12-76).

4) Το ***Olympic Games*** προσάραξε στον ποταμό Delaware. Χύθηκαν στη θάλασσα 424 t πετρελαίου (27-12-76).

5) Το ***Daphne*** προσάραξε στο λιμάνι Guayanilla του Puerto Rico (28-12-76).

6) Στο ***Mary Ann,*** στην Ανατολική ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών, συνέβη έκρηξη και πυρκαγιά (01-01-77).

7) Στο Δ/Ξ ***Grand Zenith*** έγινε διαρροή ποσότητας πετρελαίου στις ακτές της Nova Scotia (02-01-77).

8) Το Δ/Ξ ***Universe Leader*** προσάραξε στον ποταμό Delaware (04-01-77).

9) Το Δ/Ξ ***Universe Leader*** κόπηκε στα δύο στο ακρωτήριο Cape Ann της Μασαχουσσέτης (10-01-77).

10) Το Δ/Ξ ***Irene Challenger*** κόπηκε στα δύο στον Βόρειο Ειρηνικό (17-01-77).

11) Στο Δ/Ξ ***Exxon San Francisco*** έγινε έκρηξη και πυρκαγιά στο Houston του Texas (27-01-77).

12) Το πλοίο μεταφοράς χημικών ***Marine Floridien*** προσέκρουσε από βλάβη πηδαλίου στο Hopewell της Virginia (24-02-77).

Η σειρά αυτή των ατυχημάτων, που τα περισσότερα είχαν ως συνέπεια εκτός από ρύπανση και απώλεια ανθρώπινης ζωής, είχαν ως αποτέλεσμα τη λήψη από τις Ηνωμένες Πολιτείες μιας σειράς μέτρων μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και μια πρόταση προς τον ΙΜΟ για τη λήψη διεθνώς μέτρων για την αποφυγή ατυχημάτων στα Δ/Ξ και πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης. Έτσι πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο τον Φεβρουάριο του 1979 το ***Διεθνές Συνέδριο για την Ασφάλεια των Δεξαμενοπλοίων και την πρόληψη της Ρύπανσης***.

28.2 Ορολογία σχετική με τη ρύπανση

Στα διάφορα νομοθετικά κείμενα που ασχολούνται με τη ρύπανση και στη Διεθνή Ναυτική βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται συχνά διάφοροι όροι όπως είναι:

CAA = Collision Avoidance Aids = βοηθητικά συστήματα για την αποφυγή σύγκρουσης.

COW = Crude Oil Washing = καθαρισμός δεξαμενών χρησιμοποιώντας ως μέσο το αργό πετρέλαιο.

CBT = Clean Ballast Tanks = Δεξαμενές υγρού έρματος που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά γι' αυτόν το σκοπό.

DB = Double Bottoms = Διπύθμενα.

DWT = Deadweight.

GT = Gross Tonnage = Ολική χωρητικότητα.

IGS = Inert Gas System = Σύστημα αδρανούς αερίου για κατέσβεση πυρκαγιάς.

MARPOL 73 = Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα πλοία (1973).

Marpol Protocol = Πρωτόκολλο (κατά τις διατάξεις της Σύμβασης του 1978) που αναφέρεται, στους όρους της MARPOL 73.

PL ή **PL/SBT** = Protective Location of Sepregated Ballast Tanks = Προστατεύουσα θέση των δεξαμενών υγρού έρματος (που είναι διαχωρισμένες από τις δεξαμενές φορτίου).

SBT = Segregated Ballast Tanks = Δεξαμενές υγρού έρματος που είναι διαχωρισμένες από τις δεξαμενές φορτίου.

SOLAS 74 = Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα του 1974.

Solas Protocol = Πρωτόκολλο (κατά τις διατάξεις του 1978) που αναφέρεται στη SOLAS 74.

TSPP = Tanker Safety and Pollution Prevention = Προστασία Δεξαμενόπλοιου και Πρόληψη Ρύπανσης.

28.3 Συνοπτικές απαιτήσεις της Σύμβασης του 1973

Η Διεθνής Σύμβαση του 1973 για την αποφυγή της ρύπανσης περιλαμβάνει 20

άρθρα και 5 παραρτήματα που περιέχουν τεχνικές πληροφορίες στα παρακάτω θέματα.

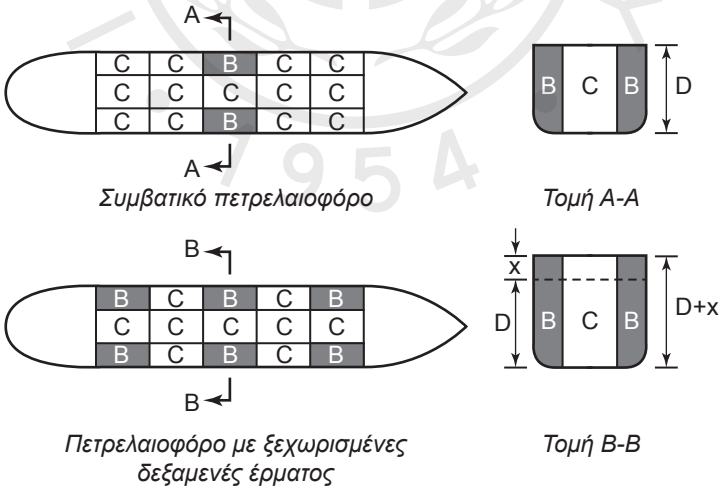
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	Κανονισμοί για την πρόληψη ρύπανσης από πετρέλαιο.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από βλαβερά υγρά.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από επικίνδυνες ύλες που μεταφέρονται σε πακέτα.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV	Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από λύματα.
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V	Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από απορρίμματα.

Από τα παραπάνω Παραρτήματα τα Ι και ΙΙ θεωρήθηκαν ως υποχρεωτικά και τα ΙΙΙ, IV και V προαιρετικά.

Από τις βασικές σχεδιαστικές απαιτήσεις οι οποίες περιέχονται στη Δ/Σ, είναι η ανάγκη για την ύπαρξη ξεχωριστών (που δεν έχουν σχέση με τις δεξαμενές φορτίου) δεξαμενών υγρού έρματος με ικανότητα ερματισμού του Δ/Ξ που να καλύπτει τις συνήθεις απαιτήσεις κατάστασης καιρού και θάλασσας (Segregated Ballast Tanks). Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η μη ύπαρξη υγρού έρματος στις δεξαμενές φορτίου.

Η συνήθης διάταξη ενός Δ/Ξ κλασικής μορφής και ενός με SBT φαίνεται στο σχήμα 28.1. Στο σχήμα φαίνεται διαγραμματικά η ανάγκη αύξησης, του μεγέθους του Δ/Ξ με SBT για την ιδία μεταφορική ικανότητα.

Σε Δ/Ξ που δεν έχουν πλήρεις δυνατότητες SBT όλα τα κατάλοιπα οδηγούνται σε μία δεξαμενή. Πάνω σε αυτά στο λιμάνι φόρτωσης φορτώνεται και νέα ποσότητα πετρελαίου. Η μέθοδος αυτή λέγεται ***Load on Top*** (LOT).



Σχ. 28.1

Διάταξη δεξαμενών συμβατικού Δ/Ξ και αντίστοιχου με SBT.
(α) Συμβατικό πετρελαιοφόρο. (β) Πετρελαιοφόρο με διαχωρισμένες δεξαμενές έρματος. Β=Ξεχωρισμένες δεξαμενές έρματος. C=Δεξαμενές φορτίου. Χ=Αύξηση βυθίσματος για την εφαρμογή ξεχωρισμένων δεξαμενών έρματος. D=Κοίλο αρχικού πλοίου.

Περισσότερα στοιχεία για τις διαδικασίες φόρτωσης των Δ/Ξ δίνονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-Φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου.

Στη σύμβαση, εκτός από τις τεχνικές απαιτήσεις περιέχονται και διάφορες άλλες ***Υποδείξεις*** (Recommendations) πάνω στους παρακάτω τομείς (για συμπληρωματική έρευνα από τον IMO).

1) Έλεγχος των διαδικασιών εκφόρτωσης.
2) Απαιτήσεις βυθίσματος για πλοία με SBT.
3) Καταμέτρηση πλοίων με SBT.
4) Εγκαταστάσεις ξηράς για την παραλαβή καταλοίπων πετρελαίου.
5) Βελτίωση του συστήματος φόρτωσης LOT.
6) Αποφυγή ατυχημάτων στα πλοία.
7) Περιορισμός της διαφυγής πετρελαίου μετά από ατύχημα.
8) Ανάπτυξη συστημάτων καθαρισμού της θάλασσας μετά από ρύπανση.
9) Θέσπιση πιο λεπτομερών διατάξεων για την αποφυγή ρύπανσης από λύματα και απορρίμματα.

Τέλος στη σύμβαση καθορίζονται οι υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των κρατών για την αστυνόμευση των θαλασσών, με σκοπό την εξασφάλιση της τήρησης των σχετικών απαιτήσεων.

28.4 Συνοπτικές απαιτήσεις της Σύμβασης (TSPP) του 1978

Με τη Σύμβαση του 1978 επιδιώκεται να υλοποιηθούν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό οι στόχοι της Σύμβασης του 1973. Στον πίνακα 28.1 δίνονται συνοπτικά και με βάση την ορολογία της παραγράφου 28.2 οι σχετικές απαιτήσεις που καθορίζονται ανάλογα με το είδος του πλοίου (υπάρχον ή νέο) και το είδος του φορτίου (αργό πετρέλαιο ή προϊόντα πετρελαίου). Ανάλογα με τα παραπάνω και με το μέγεθος του πλοίου καθορίζονται και οι σχετικές ημερομηνίες εφαρμογής των κανονισμών.

Για την κατανόηση των σχετικών θεμάτων δίνονται παρακάτω, πολύ συνοπτικά, μερικά στοιχεία.

1) Βοηθητικά συστήματα για αποφυγή σύγκρουσης

Πρόκειται για ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούν τις ενδείξεις του ραντάρ, της γυροπυξίδας και του δρομόμετρου για την παροχή στον Πλοίαρχο στοιχείων για την αποφυγή σύγκρουσης με άλλα πλοία, κυρίως σε περιοχές μεγάλης κίνησης.

2) Καθαρισμός δεξαμενών με αργό πετρέλαιο

Διαδικασία όπου με ειδικά μόνιμα μηχανήματα καθαρισμού μέσα στις δεξαμενές πραγματοποιείται, μετά την εκφόρτωση του φορτίου, πλύσιμο των τοιχωμάτων της δεξαμενής χρησιμοποιώντας ως μέσο το αργό πετρέλαιο. Έτσι αποφεύγεται η χρήση θάλασσας για τον σκοπό αυτό.

3) Ειδικές δεξαμενές υγρού έρματος

Ο όρος προϋποθέτει την ύπαρξη τελείως χωριστού δικτύου ερματισμού από το δίκτυο του φορτίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 28.1
Συνοπτικές απαιτήσεις της Σύμβασης (TSPP) 1978.

Είδος πλοίου	Είδος φορτίου	Απαιτήσεις – Εφαρμογή	
ΝΕΑ ΠΛΟΙΑ	Αργό πετρέλαιο	PL SBT COW IGS – Δεύτερο Ραντάρ – CAA – Διπλή δυνατότητα πηδαλιούχησης	Πλοία πάνω από 20.000 t DWT Πλοία πάνω από 10.000 κοχ
	Προϊόντα πετρελαίου	PL SBT IGS – Δεύτερο ραντάρ – CAA – Διπλή δυνατότητα πηδαλιούχησης	 Πλοία πάνω από 30.000 t DWT Πλοία πάνω από 20.000 t DWT Πλοία πάνω από 10.000 κοχ
ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΠΛΟΙΑ	Αργό πετρέλαιο	SBT ή COW IGS – Δεύτερο ραντάρ – CAA – Διπλή δυνατότητα πηδαλιούχησης	40.000–70.000 DWT μέχρι το 1983 70.000 DWT και πάνω μέχρι το 1985 Πλοία πάνω από 20.000 t DWT Πλοία πάνω από 10.000 κοχ
	Προϊόντα πετρελαίου	CBT ή SBT IGS – Δεύτερο ραντάρ – CAA – Διπλή δυνατότητα πηδαλιούχησης	Πλοία πάνω από 40.000 t DWT Πλοία πάνω από 70.000 DWT μέχρι το 1981 40.000–70.000 DWT μέχρι το 1983 Πλοία πάνω από 10.000 κοχ

Προσδιοριστικές ημερομηνίες για νέα πλοία:

Θέση τρόπιδας: Από Ιανουάριο 1980 και μετά

Παράδοση: Από Ιούνιο 1982 και μετά

4) Συστήματα αδρανούς αερίου

Είναι συστήματα τα οποία όταν είναι ανάγκη μπορούν να πληρώσουν μία μισοάδεια ή τελείως άδεια δεξαμενή με αέριο ή μείγμα αερίων που καθιστά το περιβάλλον αδρανές, δηλαδή ***φτωχό*** σε οξυγόνο ώστε να μην είναι δυνατή η πρόκληση εκρήξεων.

5) Προστατεύουσα θέση των δεξαμενών υγρού έρματος

Είναι η τοποθέτηση δεξαμενών υγρού έρματος γύρω από τις δεξαμενές φορτίου (Wing Tanks, Fore-Peak και After Peak) και κάτω από αυτές (Double Bottoms), ώστε να προστατεύονται οι δεξαμενές (φορτίου) από πιθανή σύγκρουση.

28.5 Αλλοι κανονισμοί

Η χρησιμοποίηση και η κατασκευή των πλοίων επηρεάζεται και από πλήθος άλλων διεθνών και εθνικών κανονισμών.

Μερικοί από τους κανονισμούς που εφαρμόζονται από το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας είναι:

1) Για τα πυροσβεστικά μέσα των πλοίων.
2) Για συναγερμό και γυμνάσια στα εμπορικά πλοία.
3) Για ευστάθεια επιβατικών πλοίων.
4) Για καθορισμό του αριθμού επιβατών των επιβατικών πλοίων.
5) Για την καταλληλότητα Ελληνικών επιβατικών πλοίων.
6) Για τα σωστικά μέσα των πλοίων.
7) Για τις μηχανοηλεκτρολογικές επιθεωρήσεις στα πλοία.
8) Για εφοδιασμό των εμπορικών πλοίων με ναυτιλιακά όργανα, σχέδια και χάρτες.
9) Για καθορισμό προϋποθέσεων μεταφοράς με φορτηγά οχηματαγωγά πλοία φορτηγών οχημάτων με τους οδηγούς τους.
10) Για πυρασφάλεια των επιβατικών πλοίων.
11) Για ενδιαίτηση και καθορισμό επιβατών των επιβατηγών πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 29

Νηογνώμονες − Κανονισμοί Νηογνωμόνων

29.1 Προέλευση και στόχοι των νηογνωμόνων

Οι πρώτοι από τους κανονισμούς που θα πρέπει να αναφερθούν στον τομέα της κατασκευής και συντήρησης των εμπορικών πλοίων είναι οι κανονισμοί των νηογνωμόνων.

Στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις η ***ασφάλιση*** έχει εξαιρετική σημασία. Με τους γνωστούς κινδύνους που παρουσιάζουν οι θαλάσσιες μεταφορές δεν είναι δυνατό να παραμελήσει κάποιος σήμερα την ασφάλιση του πλοίου και του φορτίου.

Η αρχική ιδέα της ***κατάταξης*** (Classification) των πλοίων ανήκει στους ασφαλιστές (Underwriters). Το 1668 μια ομάδα ασφαλιστών συναντήθηκε στο καφενείο του Edward Lloyd στην Tower Street του Λονδίνου και κατάρτισε έναν κατάλογο πλοίων μέσα στον οποίο κατάταξε τα πλοία με βάση τα χαρακτηριστικά και την κατάσταση στην οποία βρίσκονταν. Η κατάταξη αυτή έγινε για να χρησιμοποιηθεί από κάθε ενδιαφερόμενο στον τομέα της ασφάλισης των πλοίων.

Από το 1726 άρχισε να εκδίδεται ο κατάλογος ***Lloyd's List,*** ενώ το 1760 Ιδρύθηκε το ***Lloyd's Register of Shipping*** με τη γνωστή του μέχρι σήμερα μορφή.

Ο σκοπός όλων των νηογνωμόνων, όπως έχει διαμορφωθεί σήμερα, περιλαμβάνει:

1) Την έκδοση κανονισμών για την κατασκευή των πλοίων και των συστημάτων τους.

2) Τον έλεγχο και τις δοκιμές υλικών και συστημάτων του πλοίου.

3) Την έγκριση των σχεδίων και μελετών κατασκευής των πλοίων και την παρακολούθηση της ορθής εφαρμογής τους.

4) Την πιστοποίηση της εφαρμογής διάφορων κανονισμών κατ' εξουσιοδότηση κρατικών άρχων.

5) Την πραγματοποίηση περιοδικών επιθεωρήσεων στα πλοία για τη διαπίστωση της ικανοποιητικής κατάστασης του σκάφους και των διάφορων συστημάτων.

29.2 Χαρακτηρισμός πλοίων σύμφωνα με τους κανονισμούς των νηογνωμόνων (ταξινόμηση)

1) Lloyd's Register of Shipping (L.R.)

Πλοία που έχουν κατασκευασθεί με πλήρη εφαρμογή των σχετικών κανονισμών χαρακτηρίζονται με το σύμβολο «100Α». Αν το πλοίο έχει κατασκευασθεί για έναν

συγκεκριμένο προορισμό, ο παραπάνω χαρακτηρισμός συμπληρώνεται και με αντίστοιχα στοιχεία [π.χ. 100A (Trawler)]. Το σύμβολο ✠ στην αρχή του χαρακτηρισμού δείχνει ότι το πλοίο κατασκευάσθηκε με παρακολούθηση από επιθεωρητές του Νηογνώμονα και ο αριθμός 1 στο τέλος του χαρακτηρισμού δείχνει ότι και ο εξοπλισμός του πλοίου βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση. Ένα παράδειγμα πλήρους χαρακτηρισμού είναι: ✠ **1OOA 1** ***(Ore Carrier).***

Για τη διατήρηση της κλάσης, κάθε τέσσερα χρόνια, τα πλοία πρέπει να υποστούν μια ***ειδική επιθεώρηση*** (Special Survey). Αν η επιθεώρηση δείξει ότι λόγω φθοράς οι ***διαστάσεις*** στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής έχουν ελαττωθεί και ο πλοιοκτήτης δεν λάβει διορθωτικά μέτρα, μπορεί για παράδειγμα να δοθεί στο πλοίο ο χαρακτηρισμός 95 A1.

2) Bureau Veritas (B.V.). Έτος ίδρυσης 1828

Κατά τους κανονισμούς του B.V. τα πλοία χαρακτηρίζονται ως πλοία κατηγορίας I (Division I) αν έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με τους κανονισμούς και κατηγορίας II, αν δεν έχουν πλήρη συμμόρφωση με τους κανονισμούς αλλά επαρκή αντοχή. Τα πλοία κατηγορίας I επιθεωρούνται ανά τετραετία και κατηγορίας II ανά τριετία.

Πλοία που μπορούν να υποστούν κατάκλυση ενός διαμερίσματος χωρίς προβλήματα, παίρνουν τον χαρακτηρισμό ①. Αν μπορούν να υποστούν κατάκλυση δύο διαμερισμάτων παίρνουν τον χαρακτηρισμό ⓵. Ο χαρακτηρισμός $\frac{1}{7}\blacklozenge\frac{9}{4}$ δείχνει συμμόρφωση με την SOLAS του 1974.

Τα σύμβολα 3/3 και 5/6 δείχνουν πολύ καλή και λιγότερο καλή κατάσταση του σκάφους. Ο χαρακτηρισμός συμπληρώνεται με δύο αριθμούς με τιμή 1 ή 2 ή 3 που δείχνουν την κατάσταση των ξύλινων μερών και του εξοπλισμού του πλοίου (1 άριστη κατάσταση, 2 και 3 λιγότερο καλή).

Όπως και στους κανονισμούς του Lloyd's, το σύμβολο ✠ δείχνει παρακολούθηση της κατασκευής από επιθεωρητές του νηογνώμονα.

Ένα παράδειγμα χαρακτηρισμού είναι: ✠ I 3/3 1.1

3) American Bureau of Shipping (A.B.S.). Έτος ίδρυσης 1862

Το σύμβολο ✠ A1 δίνεται σε όλα τα ωκεανοπόρο πλοία και ακολουθείται συχνά από την περιγραφή του ειδικού προορισμού, αν υπάρχει. Το γράμμα E δείχνει ότι ο εξοπλισμός είναι σύμφωνος με τους κανονισμούς. Ο χαρακτηρισμός ✠ A.M.S. δείχνει ότι και η προωστήρια εγκατάσταση είναι τελείως σύμφωνη με τις απαιτήσεις του A.B.S.

4) Det Norske Veritas (N.V.). Έτος ίδρυσης 1864

Ό ανώτερος χαρακτηρισμός είναι ✠ 1.A.1, ενώ πλοία κάπως χαμηλότερης ποιότητας χαρακτηρίζονται με 1.A.2 ή 2.A.2 ή A1 ή A2. Όταν υπάρχει μια κουκίδα πάνω από το σταυρό το πλοίο έχει παρακολουθήσει κατά την κατασκευή του άλλος νηογνώμονας.

5) Germanischer Lloyd (G.L.). Έτος ίδρυσης 1867

Οι συνήθεις χαρακτηρισμοί είναι 100 A/4 ή 90 A/3. Οι αριθμοί 100 και 90 δείχνουν

τον βαθμό αντοχής και συντήρησης του πλοίου και οι αριθμοί 3 και 4 κάθε πόσα χρόνια πρέπει να γίνεται επιθεώρηση. Το σύμβολο ✠ δείχνει επίβλεψη κατά την κατασκευή από επιθεωρητές του νηογνώμονα.

Το σύμβολο ✠ δείχνει εφαρμογή των κανονισμών του ***See Berufsgenossenschaft,*** ενώ, όταν υπάρχει κουκίδα πάνω από τον σταυρό, το πλοίο έχει παρακολουθήσει κατά την κατασκευή του άλλος νηογνώμονας.

6) Ελληνικός νηογνώμονας. Έτος ίδρυσης 1950

Οι κανονισμοί του και ο τρόπος χαρακτηρισμού των πλοίων είναι ανάλογος με του Αγγλικού νηογνώμονα.

7) Άλλοι νηογνώμονες

Άλλοι νηογνώμονες με περίπου ανάλογο χαρακτηρισμό των πλοίων είναι:
1) Ο Ρωσικός U.S.S.R. Register.
2) Ο Ιαπωνικός Nippon Kayi Kyokai.
3) Ο Πολωνικός Polish Register of Shipping.

29.3 Ετήσια έκδοση κανονισμών και κανόνων

Οι νηογνώμονες εκδίδουν κάθε χρόνο ένα βιβλίο που περιέχει τους κανονισμούς και τους κανόνες που ισχύουν σχετικά με την ταξινόμηση, διατήρηση της κλάσης και κατασκευή των πλοίων. Η έκδοση αυτή για το Lloyds Register of Shipping έχει τον τίτλο ***Rules and Regulations of Steel Ships*** και περιλαμβάνει κεφάλαιο κανονισμών και κεφάλαιο κανόνων κατασκευής των πλοίων.

29.4 Κανονισμοί του Lloyds Register of Shipping

Σε αυτήν την παράγραφο περιέχονται οι λεπτομέρειες σχετικά με τον χαρακτηρισμό των πλοίων και οι προϋποθέσεις για την απόκτηση και διατήρηση της κλάσης του.

Προϋπόθεση για την απόκτηση κλάσης είναι η κατασκευή του πλοίου σύμφωνα με τους κανόνες του νηογνώμονα.

Προϋπόθεση για τη διατήρηση της κλάσης είναι η επιβεβαίωση μετά από περιοδικές επιθεωρήσεις ότι το πλοίο και ο εξοπλισμός του βρίσκονται σε καλή κατάσταση. Τέτοιες περιοδικές επιθεωρήσεις είναι:

1) Ετήσια επιθεώρηση (Annual Survey)

Αυτή αποβλέπει κυρίως στη διαπίστωση της καλής κατάστασης των ανοιγμάτων των αμπαριών, των κατωφλιών των σωλήνων αερισμού και αέρα, των παραφωτίδών και στεγανών θυρών, του περιβλήματος των προστατευτικών κιγκλιδωμάτων και του παραπέτου του καταστρώματος. Επίσης ελέγχεται η στεγανότητα των ανοιγμάτων των αμπαριών.

2) Επιθεώρηση κατά τον δεξαμενισμό (Docking Survey)

Η επιθεώρηση αυτή επιδιώκεται να πραγματοποιείται ανά 12 μήνες, αλλά το μέ-

γιστο διάστημα μεταξύ διαδοχικών δεξαμενισμών που επιτρέπεται είναι 24 μήνες.

Κατά τον δεξαμενισμό επιθεωρείται γενικά το περίβλημα του σκάφους για φθορές ή ζημιές από πρόσκρουση στον βυθό ή από άλλες αιτίες. Επίσης επιθεωρείται το ποδόστημα και το πηδάλιο.

3) Ειδικές επιθεωρήσεις (Special Surveys)

Για τον καθορισμό των λεπτομερειών των επιθεωρήσεων που θα πρέπει να γίνουν, διακρίνονται τα πλοία σε ηλικίας:

1) Κάτω από 5 χρόνια.
2) Μεταξύ 5 και 10 χρόνων.
3) Μεταξύ 10 και 20 χρόνων.
4) Πάνω από 20 χρόνια.

Οι απαραίτητες επιθεωρήσεις καθορίζονται με λεπτομέρειες στους κανονισμούς και είναι τόσο πιο εκτεταμένες όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του πλοίου.

4) Σύστημα συνεχούς επιθεώρησης προωστήριας εγκατάστασης (Continuous Survey of Machinery)

Για να αποφεύγεται η ακινησία του πλοίου για μεγάλο διάστημα, είναι δυνατή, κατόπιν συμφωνίας πλοιοκτήτη και νηογνώμονα, η πραγματοποίηση ενός συνεχούς προγράμματος επιθεωρήσεων των διάφορων τμημάτων της προωστήριας εγκατάστασης. Το πρόγραμμα αυτό θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι κάθε μηχάνημα επιθεωρείται μία φορά ανά πενταετία.

29.5 Κανόνες του Lloyds Register of Shipping

Οι κανόνες αυτοί καθορίζουν όλες τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες του πλοίου και των συστημάτων του και καλύπτουν τους παρακάτω τομείς:

1) Μεταλλική κατασκευή.
2) Δίκτυα σωληνώσεων.
3) Προστασία και κατάσβεση πυρκαγιάς.
4) Κύριες και βοηθητικές μηχανές-μειωτήρες.
5) Λέβητες.
6) Ανταλλακτικά του πλοίου.
7) Συστήματα έλεγχου.
8) Ηλεκτρολογικά συστήματα.
9) Ψυκτικές εγκαταστάσεις.
10) Υλικά κατασκευής σκάφους.
11) Υλικά κατασκευής λεβήτων.

29.6 Άλλες δραστηριότητες των νηογνωμόνων

Εκτός από τους βασικούς κανονισμούς, οι νηογνώμονες εκδίδουν και άλλους κανονισμούς που αφορούν σε ειδικά αντικείμενα. Αναφέρομε εδώ τις εξής εκδόσεις του ABS:

1) Rules for Building and Classing Steel Barges for off Shore Service.

2) Nondestructive Inspection of Hull Welds.

3) Rules for Building and Classing Aluminum Vessels.

4) Rules for Building and Classing Steel Vessels Under 61 Meters (200 ft) In Length.

5) Requirements for Classification and Survey of Cargo Gear on Merchant Vessels.

Ανάλογη ποικιλία κανονισμών παρουσιάζουν και οι υπόλοιποι νηογνώμονες.

Γενικότερα οι νηογνώμονες, εκτός από την επίβλεψη της κατασκευής και την πραγματοποίηση των επιθεωρήσεων στα πλοία, έχουν και επιτελεία επιστημόνων που ασχολούνται με την έρευνα πάνω σε διάφορα ειδικά προβλήματα των πλοίων. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών που δημοσιεύονται στη σχετική βιβλιογραφία οδηγούν στη συνεχή ανανέωση και προσαρμογή στις νεότερες εξελίξεις των κανονισμών κάθε νηογνώμονα.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 30
Στοιχεία από την σχεδίαση και κατασκευή του πλοίου

30.1 Γενικά

Στο πρώτο κεφάλαιο του βιβλίου ορίσαμε ως ***σχεδίαση*** (ship design) του πλοίου τον καθορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών του, ώστε να έχει τα απαραίτητα επιχειρησιακά χαρακτηριστικά και να μπορεί να πραγματοποιήσει την αποστολή του με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Στο ίδιο κεφάλαιο περιέχεται μία συνοπική απαρίθμηση των ***επιχειρησιακών χαρακτηριστικών του πλοίου.***

Η σχεδίαση του πλοίου περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1) Προκαταρκτική ή βασική σχεδίαση.

2) Μελέτη και σχέδια σύμβασης.

3) Κατασκευαστικά σχέδια.

Σκοπός της προκαταρκτικής σχεδίασης είναι ο καθορισμός των βασικών χαρακτηριστικών του πλοίου το οποίο θα μπορεί να πραγματοποιήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την επιθυμητή αποστολή. Ιδιαίτερα κατά την προκαταρκτική σχεδίαση:

1) Καθορίζονται οι κύριες διαστάσεις και επιλέγονται οι αδιάστατοι συντελεστές γάστρας.

2) Χαράζονται οι γραμμές του πλοίου.

3) Πραγματοποιούνται προκαταρκτικές μελέτες αντίστασης και πρόωσης που περιλαμβάνουν ακόμα και τη δοκιμή μοντέλων του πλοίου.

4) Γίνονται υπολογισμοί και σχεδιάζεται το υδροστατικό διάγραμμα και το διάγραμμα των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας.

5) Διερευνάται η επάρκεια ευστάθειας του πλοίου ανάλογα με τον προορισμό του.

6) Εξετάζεται η συμπεριφορά του πλοίου σε θαλασσοταραχή και η αντοχή του.

7) Πραγματοποιείται προκαταρκτική μελέτη για την εκτίμηση του βάρους και της θέσης του κέντρου βάρους του πλοίου.

8) Σχεδιάζονται σε προκαταρκτική μορφή τα σχέδια γενικής διάταξης του πλοίου.

Μετά την ολοκλήρωση της προκαταρκτικής μελέτης ακολουθεί η εκπόνηση της ***μελέτης και των σχεδίων σύμβασης.*** Η μελέτη αποβλέπει στον καθορισμό όλων των λεπτομερειών με τέτοια πληρότητα, ώστε να είναι δυνατή με βάση αυτή η υπογραφή σύμβασης μεταξύ πλοιοκτήτη και ναυπηγείου για την κατασκευή του πλοίου.

Τα στοιχεία που συνήθως αποτελούν μέρος μιας τέτοιας σύμβασης είναι:

1) Τα ***συμβατικά σχέδια***, που δείχνουν με λεπτομέρειες τα βασικά χαρακτηριστικά του πλοίου.

2) Οι ***τεχνικές προδιαγραφές***, που περιγράφουν με λόγια όλα τα χαρακτηριστικά του πλοίου και των συστημάτων του.

Όταν η κατασκευή του πλοίου ανατεθεί στο ναυπηγείο, θα πρέπει πλέον να εκπονηθεί μια σειρά από ***λεπτομερειακά κατασκευαστικά σχέδια,*** που θα δοθούν στα διάφορα τμήματα του ναυπηγείου και θα αποτελέσουν τη βάση της κατασκευής του. Τα σχέδια αυτά ανάλογα με τη σπουδαιότητα και την πολυπλοκότητα του πλοίου μπορεί να είναι από μερικές εκατοντάδες μέχρι και χιλιάδες.

30.2 Χάραξη γραμμών στη σάλα *(Lofting)*

Η χάραξη των γραμμών του πλοίου στη ***ναυπηγική σάλα (Mold loft)*** προηγείται των εργασιών κατασκευής όλων των στοιχείων της μεταλλικής κατασκευής του. Η ναυπηγική σάλα είναι ένας τετραγωνισμένος και καλά φωτισμένος χώρος με επίπεδο ξύλινο δάπεδο. Με βάση πληροφορίες που παίρνουμε από το σχέδιο των γραμμών του πλοίου, χαράζονται πάνω στο ξύλινο δάπεδο οι εγκάρσιες τομές με κλίμακα 1:1, ενώ οι διαμήκεις τομές και οι κατόψεις χαράζονται συνήθως με κλίμακα 1:4.

Ακολουθεί η ***εξομάλυνση των γραμμών*** που είναι μια διαδικασία κατά την οποία εξασφαλίζεται ότι οι εξωτερικές γραμμές και επιφάνειες του πλοίου θα έχουν ***ομαλή*** μορφή. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται από πεπειραμένους σχεδιαστές. Η σχεδίαση συμπληρώνεται με τη χάραξη όλων των πραγματικών εγκάρσιων νομέων.

Από το παραπάνω σχέδιο των εγκάρσιων τομών των νομέων κατασκευάζονται διάφορα μοντέλα από κόντρα-πλακέ ή χοντρό χαρτόνι με επένδυση παραφίνης. Τα μοντέλα αυτά, πάνω στα οποία σημειώνονται με χρώμα διάφορες πληροφορίες, χρησιμοποιούνται στη συνέχεια στις διάφορες εργασίες της κατασκευής, όπως είναι η κοπή ελασμάτων ή η μορφοποίηση νομέων.

Με τις σημερινές εξελίξεις της τεχνολογίας τη θέση της παραδοσιακής εξομάλυνσης των γραμμών έχουν πάρει άλλες διαδικασίες που έχουν ως βάση την εφαρμογή εξελιγμένων μεθόδων της οπτικής ή την χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Σε σύγχρονα μεγάλα ναυπηγεία είναι δυνατή η κατασκευή του πλοίου, με βάση τις παραπάνω μεθόδους, χωρίς καμία παρεμβολή της ναυπηγικής σάλας.

30.3 Κοπή και μορφοποίηση τεμαχίων (Steel Forming)

Η κοπή των διάφορων τεμαχίων που θα χρησιμοποιηθούν για τον σχηματισμό της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου γίνεται χειροκίνητα ή μηχανικά. Από τους διάφορους τρόπους κοπής που χρησιμοποιούνται, ο πιο συνηθισμένος είναι το ***σύστημα φλογοκοπής οξυγόνου-ασετυλίνης.***

Η ***μορφοποίηση (καμπύλωση)*** των διάφορων τεμαχίων μπορεί να γίνει σε ***ψυχρή*** ή σε ***θερμή*** κατάσταση. Η μορφοποίηση των ελασμάτων γίνεται σε ψυχρή κατάσταση με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων (ρόλοι και πρέσσες). Η μορφοποίηση σε θερμή κατάσταση εφαρμόζεται σε μορφοδοκούς και σε ελάσματα με πολύ έντονη η διπλή καμπυλότητα.

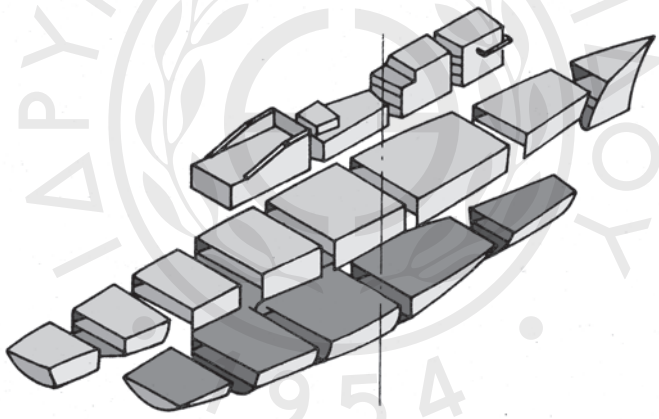
30.4 Προκατασκευή και ανέγερση (Prefabrication and Erection)

Με τον όρο ***προκατασκευή*** εννοούμε την κατασκευή σε κλειστό ή ανοιχτό χώρο του ναυπηγείου διάφορων μεγάλων τεμαχίων που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του πλοίου. Αντίθετα ο όρος ***ανέγερση*** χρησιμοποιείται, για να δείξει την κατασκευή από προκατασκευασμένα ή όχι κομμάτια του μεταλλικού μέρους του πλοίου πάνω στην ***εσχάρα*** από την οποία θα γίνει η καθέλκυση.

Στην πράξη, οι εργασίες κατασκευής της μεταλλικής κατασκευής ενός πλοίου περιλαμβάνουν πάντοτε ένα ποσοστό προκατασκευής. Το ποσοστό όμως αυτό ποικίλλει πάρα πολύ ανάλογα με τις εφαρμοζόμενες σε κάθε ναυπηγείο μεθόδους ναυπήγησης.

Ιδιαίτερα σε ναυπηγεία που βρίσκονται τοποθετημένα σε ψυχρά κλίματα επιδιώκεται η μεγαλύτερη δυνατή αύξηση του ποσοστού προκατασκευής και μάλιστα σε κλειστό χώρο για να αποφεύγονται οι καθυστερήσεις που θα δημιουργούσαν οι κακές κλιματολογικές συνθήκες.

Μία χαρακτηριστική υποδιαίρεση του πλοίου σε προκατασκευασμένα τμήματα απεικονίζεται στο σχήμα 30.1.



Σχ. 30.1
Υποδιαίρεση του πλοίου σε προκατασκευασμένα τμήματα.

Ο τρόπος υποδιαίρεσης του πλοίου σε τμήματα που απεικονίζεται στο σχήμα δεν είναι ο μοναδικός. Κάθε ναυπηγείο, ανάλογα και με τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου, εφαρμόζει και δικό του σύστημα. Επίσης και η σειρά ανέγερσης ποικίλλει από πλοίο σε πλοίο και μεταξύ των διάφορων ναυπηγείων. Ιδιαίτερη δυσχέρεια στην κατασκευή του πλοίου με τη μέθοδο της προκατασκευής παρουσιάζει η σωστή ευθυγράμμιση των προκατασκευασμένων τμημάτων μεταξύ τους.

30.5 Εξοπλισμός (Outfitting)

Ο εξοπλισμός του πλοίου αρχίζει αμέσως μόλις η ανέγερση προχωρήσει σε βαθμό που να επιτρέπει την πραγματοποίηση των αντίστοιχων εργασιών και συνεχίζε-

ται και μετά την καθέλκυση του πλοίου. Ο όρος ***εξοπλισμός*** γενικά περιλαμβάνει:

1) Την κατασκευή των δικτύων σωληνώσεων.

2) Την πραγματοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

3) Την εγκατάσταση μηχανών και μηχανημάτων.

4) Την τοποθέτηση θυρών και παραθύρων.

5) Την εσωτερική διαμόρφωση των χώρων (δάπεδα, μονώσεις, επίπλωση κ.λπ.).

6) Την εγκατάσταση δικτύων αερισμού και εξαερισμού.

Η σειρά πραγματοποίησης των εργασιών και ο βαθμός συμπλήρωσής τους μέχρι την καθέλκυση ποικίλλει από ναυπηγείο σε ναυπηγείο. Πρόσφατα έχουν αυξηθεί οι περιπτώσεις όπου εφαρμόζεται η μέθοδος ***προεξοπλισμού*** (preoutfitting), όπου δηλαδή κατά την προκατασκευή κάθε τμήματος γίνεται και εγκατάσταση του αντίστοιχου εξοπλισμού στη μεγαλύτερη δυνατή έκταση.

30.6 Βαφή του πλοίου

Όλο το σιδηροϋλικό που χρησιμοποιείται στη μεταλλική κατασκευή του πλοίου υφίσταται αφαίρεση της ***σκωρίας εξέλασης*** με τη μέθοδο ***βολής ρινισμάτων*** και βάφεται με ***προπαρασκευαστικό χρώμα (primer).***

Η εφαρμογή ενός συστήματος εξωτερικού και εσωτερικού χρωματισμού του πλοίου πραγματοποιείται στο πλαίσιο του γενικού προγραμματισμού κατασκευής. Το τμήμα του πλοίου κάτω από την ίσαλο θα πρέπει να χρωματισθεί πριν από την καθέλκυση.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και πριν αρχίσουν οι δοκιμές, το πλοίο δεξαμενίζεται με σκοπό τον καθαρισμό των υφάλων για να γίνουν οι δοκιμές του πλοίου «εν πλω» με τη γάστρα καθαρή. Κατά τη διάρκεια αυτού του δεξαμενισμού γίνονται και οι τυχόν απαραίτητες διορθωτικές εργασίες (touch-up work) των υφάλων.

30.7 Η καθέλκυση του πλοίου

Η καθέλκυση του πλοίου είναι μία πολύ κρίσιμη φάση της διαδικασίας κατασκευής που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στην ανθεκτική κατασκευή του αν δεν ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα μετά από λεπτομερή μελέτη. Ειδικά θέματα που θα πρέπει να εξετασθούν είναι:

1) Η γενική και τοπική αντοχή του πλοίου.

2) Η ευστάθεια κατά τη διάρκεια των φάσεων της καθέλκυσης.

3) Τα βυθίσματα του πλοίου σε συνδυασμό με τις ανάγκες ερματισμού κατά τη διάρκεια της καθέλκυσης και το βάθος του νερού στην περιοχή της καθέλκυσης.

4) Η απόσταση που θα διανύσει το πλοίο μέχρις ότου σταματήσει σε συνάρτηση με την ανάγκη να ληφθούν μέτρα για να ελαττώσουν την παραπάνω διαδρομή.

Οι λεπτομέρειες του τρόπου μελέτης των παραπάνω θεμάτων ανήκουν στις αρμοδιότητες του γραφείου μελετών του ναυπηγείου.

Ανάλογα με τη γενική διαμόρφωση της θαλάσσιας περιοχής του ναυπηγείου έχουμε:

1) Καθέλκυση με την πρύμνη.
2) Καθέλκυση με την πλευρά.
3) Πλεύση του πλοίου μέσω πλωτής δεξαμενής.
4) Κατασκευή (και πλεύση) σε μόνιμη δεξαμενή.
5) Άλλους πιο ασυνήθεις τρόπους καθέλκυσης (με σύστημα Syncrolift, γερανούς κ.λπ.).

30.8 Συμπλήρωση του εξοπλισμού στη θάλασσα

Μετά την καθέλκυση συνεχίζονται οι εργασίες εξοπλισμού του πλοίου μέχρι την ολοκλήρωσή τους. Εάν πρόκειται να εγκατασταθούν στο πλοίο μεγάλα τμήματα του εξοπλισμού στη θάλασσα, είναι απόλυτα ουσιώδες η πρόσδεσή του να γίνει σε προβλήτα του ναυπηγείου που θα διαθέτει τα απαραίτητα ανυψωτικά μέσα.

Όταν πλησιάζει το τέλος της κατασκευής, οι προσπάθειες εντείνονται σε συγκεκριμένους χώρους. Κάθε χώρος συμπληρώνεται και αφού ελεγχθεί, παραδίνεται στους εκπροσώπους του πλοιοκτήτη και κλειδώνεται. Μερικοί από τους παραπάνω χώρους θα χρειασθεί να ανοίξουν για την πραγματοποίηση των δοκιμών «εν όρμω» και «εν πλω». Οι απαραίτητες συμπληρωματικές εργασίες γι' αυτούς τους χώρους γίνονται μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος δοκιμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 31

Στοιχειώδης περιγραφή ναυπηγείου

31.1 Γενικά

Η ναυπήγηση ενός πλοίου είναι μία από τις πιο σύνθετες μορφές βιομηχανικής παραγωγής, γιατί περιλαμβάνει πολύ μεγάλη ποικιλία από εξειδικευμένες εργασίες που πρέπει να εκτελεστούν σωστά σε περιορισμένο χρόνο και που αλληλοεπηρεάζονται σε πολύ σημαντικό βαθμό. Η δυσκολία του συντονισμού των δραστηριοτήτων ενός ναυπηγείου μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτή αν λάβει κάποιος υπόψη του την ποικιλία της μορφής και του μεγέθους των πλοίων που κατασκευάζονται.

Για να μπορέσει το οποιοδήποτε ναυπηγείο, ανεξάρτητα από το μέγεθός του, να πραγματοποιήσει μία επιτυχημένη ναυπήγηση είναι απαραίτητο να έχει τη ***σωστή διοικητική διάρθρωση*** και τα ***απαραίτητα μηχανικά μέσα.***

31.2 Τμήματα ενός ναυπηγείου

Η διάρθρωση που ακολουθεί αναφέρεται σε ***ναυπηγείο μεγάλου μεγέθους***. Ένα τέτοιο ναυπηγείο πρέπει να έχει διάρθρωση που να περιλαμβάνει τις εξής διευθύνσεις και υπηρεσίες.

1) Διεύθυνση εκτίμησης

Με σκοπό την προετοιμασία προσφορών για την κατασκευή πλοίων με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Πρέπει να είναι επανδρωμένη με πεπειραμένο τεχνικό προσωπικό αλλά και με προσωπικό ειδικευμένο στα οικονομικά.

2) Νομικές υπηρεσίες

Με σκοπό την προετοιμασία του συμβατικού μέρους των συμβολαίων που υπογράφονται για την κατασκευή των πλοίων και την επίλυση μίας μεγάλης ποικιλίας νομικών θεμάτων που σχετίζονται με την κατασκευή του πλοίου.

3) Οικονομικές υπηρεσίες

Ο ρόλος των υπηρεσιών αυτών είναι φανερός.

4) ***Διεύθυνση προσωπικού***

Αν λάβει κάποιος υπόψη του ότι το προσωπικό ενός ναυπηγείου περιλαμβάνει μερικές χιλιάδες υπαλλήλων και τεχνιτών, αντιλαμβάνεται τη σημασία αυτής της διεύθυνσης. Βασικές δραστηριότητες της διεύθυνσης προσωπικού είναι η εφαρμογή συλλογικών συμβάσεων, οι προσλήψεις και απολύσεις, η σταδιοδρομική εξέλιξη και η εκπαίδευση του προσωπικού.

5) Διεύθυνση μελετών

Έχει ως σκοπό την εκπόνηση κάθε μελέτης που σχετίζεται με την κατασκευή του πλοίου καθώς και του συνόλου των κατασκευαστικών σχεδίων που θα αποτελέσουν τη βάση της κατασκευής.

6) Διεύθυνση προγραμματισμού παραγωγής

Η διεύθυνση αυτή φροντίζει για την υποδιαίρεση της κατασκευής του πλοίου σε μία σειρά από μικρότερες δραστηριότητες, τις οποίες και προγραμματίζει χρονικά. Συντονίζει όλους τους άλλους φορείς που εμπλέκονται στην κατασκευή του πλοίου, ώστε να εξασφαλίζεται ότι κάθε δραστηριότητα έχει ολοκληρωθεί τη στιγμή που είναι απαραίτητο για να αποφευχθούν έτσι καθυστερήσεις.

7) Διεύθυνση προμηθειών

Με σκοπό να προβαίνει την κατάλληλη στιγμή στις απαραίτητες προμήθειες υλικών και εξοπλισμού. Είναι επίσης αρμόδια για την αποθήκευση των παραπάνω υλικών.

8) Διεύθυνση συνεργείων

Είναι η διεύθυνση που πραγματοποιεί τις εργασίες κατασκευής του πλοίου και περιλαμβάνει τα ανάλογα συνεργεία και το ανάλογο προσωπικό. Σε μεγάλα ναυπηγεία περιλαμβάνει τμήματα σκάφους, μηχανών και εξοπλισμού.

9) Το τμήμα σκάφους

Περιλαμβάνει τη χάραξη, προκατασκευή και ανέγερση, καθώς και τα αντίστοιχα συνεργεία.

10) Το τμήμα μηχανών

Περιλαμβάνει το σιδηρουργείο, σωληνουργείο, μηχανουργείο, λεβητοποιείο καθώς και το προσωπικό δοκιμών.

11) Το τμήμα εξοπλισμού

Περιλαμβάνει το συνεργείο ηλεκτροτεχνιτών και ηλεκτρονικών εφαρμογών, ξυλουργείο, χρωματουργείο κ.λπ..

12) Τμήμα βοηθητικών υπηρεσιών

Καλύπτει τις ανάγκες προμήθειας, τη συντήρηση και λειτουργία όλων των μέσων του ναυπηγείου όπως γερανοί, δίκτυα πεπιεσμένου αέρα και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

13) Τμήμα ποιοτικού ελέγχου

Με σκοπό την πραγματοποίηση όλων των απαραίτητων ελέγχων για την εξασφάλιση της ικανοποιητικής ποιότητας όλων των στοιχείων της κατασκευής.

Σε μικρά ναυπηγεία μπορεί να μην είναι τόσο φανερή η παραπάνω διάκριση, οι σχετικές όμως δραστηριότητες υπάρχουν και εξυπηρετούνται είτε από προσωπικό του ναυπηγείου είτε από άλλους ανεξάρτητους φορείς (π.χ. ανεξάρτητα γραφεία μελετών).

31.3 Οργάνωση ναυπηγείου

Η οργάνωση των δραστηριοτήτων στα διάφορα ναυπηγεία ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθός τους, τις εργασίες που πραγματοποιούν και τις αντιλήψεις γενικά για διοίκηση που επικρατούν στο ανώτερο διοικητικό προσωπικό.

Ένα οργανόγραμμα της διάρθρωσης ενός ναυπηγείου παρουσιάζεται στο σχήμα 31.1.

Σημαντικό ρόλο στη διοικητική διάρθρωση ενός ναυπηγείου παίζει η κατανομή των δραστηριοτήτων του μεταξύ νέων κατασκευών και επισκευών. Διευκρινίζεται πάντως ότι στα μεγάλα ναυπηγεία οι δύο αυτές δραστηριότητες είναι χωριστές, εξυπηρετούνται όμως από τα ίδια συνεργεία.

31.4 Στοιχεία από τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις σύγχρονων ναυπηγείων

Παρά την αρνητική επίπτωση που έχει η ποικιλία του μεγέθους και των χαρακτηριστικών των πλοίων που κατασκευάζονται, επιδιώκεται στα σύγχρονα ναυπηγεία η εφαρμογή στον μέγιστο δυνατό βαθμό της διαδικασίας της παραγωγής σε σειρά. Στην παράγραφο αυτή θα δοθούν μόνο μερικά στοιχεία από τις πιο βασικές, για τη λειτουργία ενός σύγχρονου ναυπηγείου, εγκαταστάσεις.

1) Τόπος ανέγερσης

Η κατασκευή μεγάλων πλοίων είναι προτιμότερο να πραγματοποιείται μέσα σε ***μόνιμη δεξαμενή.*** Αυτό επιτρέπει την ευκολότερη χρησιμοποίηση των ανυψωτικών μέσων του ναυπηγείου και την πλεύση του πλοίου, χωρίς τους κινδύνους και τις δυσχέρειες καθέλκυσης από ένα ***κεκλιμένο επίπεδο.***

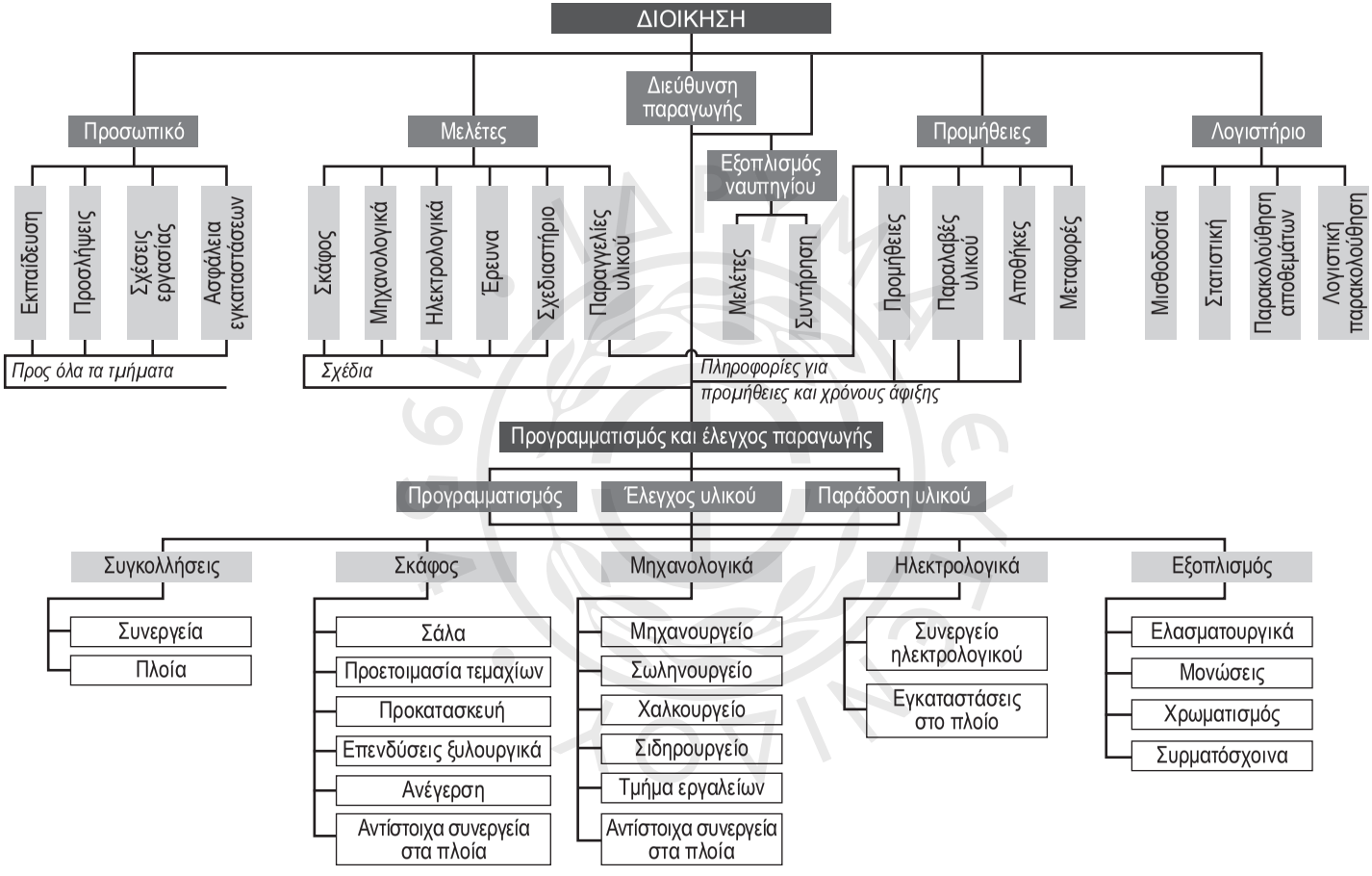
Συχνά τον τελευταίο καιρό χρησιμοποιείται και η ιδέα της κατασκευής του πλοίου πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο και η πλεύση του στη συνέχεια με ειδική διαδικασία μεταφοράς του σε πλωτή δεξαμενή. Πάντως σε πλοία μικρού και μεσαίου μεγέθους ακολουθείται στις περισσότερες περιπτώσεις ο παραδοσιακός τρόπος ανέγερσης του πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο.

2) Αποθήκευση ελασμάτων και μορφοδοκών

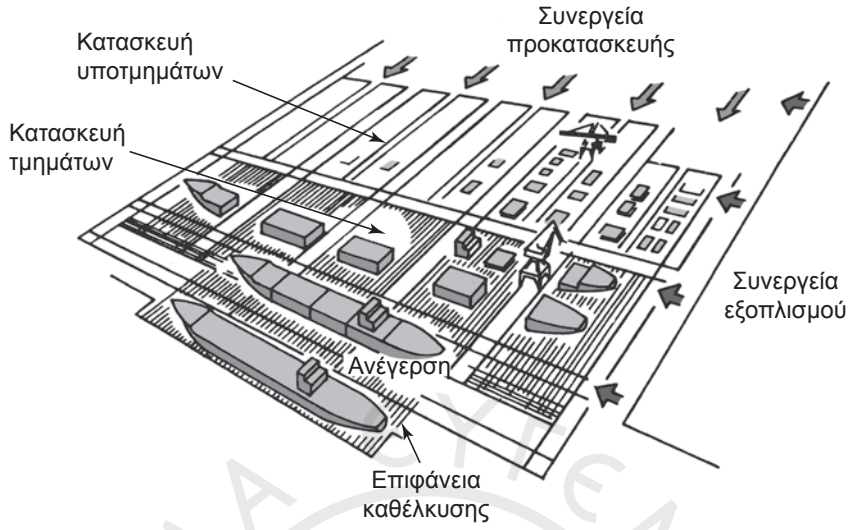
Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις, τα ελάσματα και οι μορφοδοκοί οδηγούνται με τη βοήθεια ενός συστήματος περιστρεφόμενων κυλίνδρων στο ελασματουργείο, αφού προηγουμένως περάσουν μέσα από έναν χώρο όπου αυτόματα υφίστανται ***βολή ρινισμάτων*** και ***χρωματισμό με προπαρασκευαστικά χρώματα.*** Ο χώρος όπου φυλάγονται τα ελάσματα και το ελασματουργείο εξυπηρετούνται από γερανογέφυρες με μαγνητικές κεφαλές με ανυψωτική ικανότητα μέχρι 20 τόνους.

3) Επεξεργασία χάλυβα και προκατασκευή

Στο ελασματουργείο πραγματοποιείται η απαραίτητη προκατασκευή μεγάλων τμημάτων του πλοίου τα οποία προστίθενται διαδοχικά σε αυτό (ανέργεση). Σε μερικά ναυπηγεία εφαρμόζεται η ιδέα της «εν παραλλήλω» προκατασκευής διάφορων τμημάτων του πλοίου. Η ιδέα αυτή παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 31.2.



Σχ. 31.1
Τυπικό οργανόγραμμα ναυπηγείου.



Σχ. 31.2
Διάταξη «εν παραλλήλω» προκατασκευής.

4) Ανυψωτικά μέσα

Από την εφαρμογή της προκατασκευής προέκυψε ένα πολύ σοβαρό θέμα ανύψωσης τμημάτων της κατασκευής του πλοίου με πολύ μεγάλο βάρος. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται είτε με υδραυλική ανύψωση των τμημάτων της κατασκευής και μεταφορά τους με ειδικά ***φορεία*** (trailers) είτε με ανύψωσή τους από γιγαντιαίες γερανογέφυρες των οποίων η ανυψωτική ικανότητα έχει φθάσει μέχρι τους 1200 τόνους.

5) Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών υπολογιστών

Η χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών τα τελευταία χρόνια έθεσε πάνω σε νέα βάση όλη τη διαδικασία σχεδίασης, προγραμματισμού και κατασκευής του πλοίου. Εκτός από την τήρηση και ανάλυση στοιχείων και την πραγματοποίηση των μελετών, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν μεταβάλλει τελείως, στα σύγχρονα ναυπηγεία, τη διαδικασία προετοιμασίας των χαλύβδινων τεμαχίων που θα χρησιμοποιηθούν στην προκατασκευή των τμημάτων του πλοίου. Έτσι η διαδικασία της χάραξης των γραμμών του πλοίου και η κατασκευή ξύλινων μοντέλων έχει σχεδόν εξαλειφθεί και η κοπή των απαραίτητων τεμαχίων έχει σχεδόν αυτοματοποιηθεί.

Παρακολούθηση κατασκευής - Δοκιμές παραλαβής

32.1 Γενικά

Στην προσπάθεια εξασφάλισης της ορθής σχεδίασης και κατασκευής ενός πλοίου εμπλέκονται:

1) Η αρμόδια κρατική αρχή του κράτους τη σημαία του οποίου θα φέρει το πλοίο. [Για την Ελλάδα αρμόδια υπηρεσία είναι η Επιθεώρηση Εμπορικών Πλοίων (ΕΕΠ) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας].

2) Ο νηογνώμονας που θα επιλέξει ο πλοιοκτήτης για την κατάταξη του πλοίου.

3) Οι εκπρόσωποι του πλοιοκτήτη στους οποίους έχει ανατεθεί ο έλεγχος της σχεδίασης και η επίβλεψη της κατασκευής του πλοίου.

4) Το τμήμα ποιοτικού ελέγχου του ναυπηγείου.

Ο καθένας από τους παραπάνω φορείς ασχολείται με τα ειδικά θέματα που τον αφορούν. Συνοπτικά:

1) Η ***ΕΕΠ*** ασχολείται με τον έλεγχο των σχεδίων και την παρακολούθηση της κατασκευής και επιβεβαιώνει την τήρηση όλων των νομοθετημένων κανονισμών που έχουν εφαρμογή στο συγκεκριμένο πλοίο.

2) Ο ***νηογνώμονας*** ασχολείται με τον έλεγχο των σχεδίων και την παρακολούθηση από τους επιθεωρητές του της κατασκευής και των δοκιμών του υλικού και ολόκληρου του πλοίου και εξασφαλίζει την τήρηση των κανονισμών του.

3) Οι ***εκπρόσωποι του πλοιοκτήτη*** ελέγχουν γενικά τα σχέδια και παρακολουθούν την κατασκευή για να εξακριβωθεί η τήρηση της σύμβασης κατασκευής, των τεχνικών προδιαγραφών και των συμβατικών σχεδίων και να διαπιστωθεί ότι το πλοίο θα μπορέσει να εκπληρώσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την αποστολή του.

4) Το ***τμήμα ποιοτικού ελέγχου του ναυπηγείου*** επιδιώκει με οργανωμένους και συστηματικούς ελέγχους την τελειότητα της κατασκευής του πλοίου σε βαθμό που να μην διακυβεύεται η καλή φήμη του ναυπηγείου και οι επακόλουθοι έλεγχοι όλων των παραπάνω φορέων να εντοπίζουν όσο το δυνατό λιγότερα ελαττώματα.

32.2 Επίβλεψη εργασιών μεταλλικής κατασκευής

Στη διάρκεια της προκατασκευής τμημάτων και της ανέγερσης του πλοίου, οι επιθεωρητές του νηογνώμονα και του πλοιοκτήτη επιβλέπουν τις σχετικές εργασίες για να εξασφαλισθεί ότι:

1) Το υλικό που χρησιμοποιείται (ελάσματα, μορφοδοκοί, ηλεκτρόδια κ.λπ.) είναι αυτό που καθορίζεται στα κατασκευαστικά σχέδια και τους κανονισμούς.

2) Το παραπάνω υλικό πριν από τη χρησιμοποίησή του προετοιμάζεται κανονικά

(π.χ. αφαίρεση της σκουριάς εξελασης του σιδηροϋλικού με βολή ρινισμάτων και βαφή με κατάλληλο προπαρασκευαστικό χρώμα).

3) Η κατασκευή του μεταλλικού μέρους πραγματοποιείται σύμφωνα με τα σχέδια και τους παραδεκτούς στην πράξη ***κανόνες καλής τεχνικής.***

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην πράξη παρουσιάζει ο έλεγχος των συγκολλήσεων του πλοίου. Η έκταση του ελέγχου, ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου, καθορίζεται από τους κανονισμούς των νηογνωμόνων αλλά είναι δυνατό κατ' απαίτηση του πλοιοκτήτη να είναι μεγαλύτερη.

Ο ***ποιοτικός έλεγχος των συγκολλήσεων***, όπως συνηθίζεται να λέγεται γενικά ο έλεγχος της επιφάνειας και του εσωτερικού των συγκολλήσεων, αποβλέπει στην επιβεβαίωση, στατιστικά, ότι δεν υπάρχουν σε αυτές πόροι, ρωγμές, εγκλείσματα και άλλα ελαττώματα που κάνουν αμφίβολη την αξιοπιστία της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου.

Ο έλεγχος πραγματοποιείται:

1) Οπτικά

Για να επιβεβαιωθεί ότι η έκταση, οι διαστάσεις και η επιφάνεια των συγκολλήσεων είναι γενικά ***αποδεκτή.***

2) Ραδιογραφικά

Ο έλεγχος αυτός έχει στατιστικό χαρακτήρα. Με αυτόν επιβεβαιώνεται ότι το εσωτερικό των συγκολλήσεων δεν έχει ανεπίτρεπτα ελαττώματα. Η έκταση του ελέγχου καθορίζεται από τους κανονισμούς του νηογνώμονα και μερικές φορές από τις τεχνικές προδιαγραφές για την κατασκευή του πλοίου. Για την πραγματοποίηση του ελέγχου χρησιμοποιούνται συσκευές που λειτουργούν με ακτίνες Χ ή με ραδιοϊσότοπα, όπως κοβάλτιο 60 και ιρίδιο 192.

3) Με υπερήχους

Η μέθοδος αυτή έχει σχετικά πρόσφατα εφαρμοσθεί για τον στατιστικό έλεγχο των ηλεκτροσυγκολλήσεων ως υποκατάστατο του ραδιογραφικού ελέγχου. Η μέθοδος αυτή, ενώ είναι πολύ αποδοτική στον έλεγχο του εσωτερικού διάφορων μεταλλικών κομματιών, δεν έχει μέχρι σήμερα αναπτυχθεί αρκετά στον τομέα των ηλεκτροσυγκολλήσεων. Συνήθως χρησιμοποιείται ως η πρώτη μορφή ελέγχου μιας συγκόλλησης. Όταν εντοπισθεί κάποια ένδειξη σφάλματος ύστερα από αυτόν τον έλεγχο χρησιμοποιείται η ραδιογραφία για την καλύτερη διερεύνηση της μορφής του ελαττώματος.

4) Με μαγνητικά σωματίδια ή διεισδυτικά υγρά

Οι μέθοδοι αυτές είναι σχετικά εύκολες στην εφαρμογή τους και εφαρμόζονται για τον έλεγχο της επιφάνειας της συγκόλλησης.

Το σύνολο των παραπάνω ελέγχων είναι γνωστό με το όνομα ***μη καταστροφικοί έλεγχοι*** (non destructive tests), διότι για την πραγματοποίησή τους δεν απαιτείται η καταστροφή των συγκολλήσεων. Όταν από τον στατιστικό έλεγχο αποδειχθούν

ελαττώματα ο έλεγχος επεκτείνεται και σε μερικές περιπτώσεις ***σκάβονται*** και επισκευάζονται οι συγκολλήσεις. Μη καταστροφικές μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου χρησιμοποιούνται και για τον έλεγχο του εσωτερικού αξόνων, ελίκων και άλλων μεγάλων χυτών κομματιών.

Εκτός από τον ποιοτικό έλεγχο των συγκολλήσεων οι επιθεωρητές ελέγχουν:

1) Την αφαίρεση της ***πάστας*** συγκόλλησης και το ***τρόχισμα*** των συγκολλήσεων.

2) Την ορθή προετοιμασία τους για βαφή.

3) Την έλλειψη εσωκοιλωμάτων και κυματώσεων στα ελάσματα του περιβλήματος και των καταστρωμάτων.

4) Τον σωστό χρωματισμό της μεταλλικής κατασκευής.

32.3 Δοκιμές διαμερισμάτων

Πριν από την καθέλκυση του πλοίου, ορισμένες από τις δεξαμενές του απαιτείται να δοκιμασθούν ***υδροστατικά*** με στήλη νερού που καθορίζεται από τους κανονισμούς του νηογνώμονα. Άλλες δεξαμενές είναι αρκετό να δοκιμαστούν με πίεση αέρα. Εξάλλου τα στεγανά διαμερίσματα του πλοίου δοκιμάζονται με πίεση αέρα (συνήθως 2 psi).

32.4 Γενικές παρατηρήσεις για την επίβλεψη της κατασκευής του πλοίου

Η γενική διαδικασία της επίβλεψης της κατασκευής του πλοίου από τους εκπροσώπους του πλοιοκτήτη ξεφεύγει γενικά από τα όρια αυτού του βιβλίου. Πολύ γενικές αρχές κατά την εφαρμογή αυτού του ελέγχου μπορούν να θεωρηθούν οι εξής:

1) Ο έλεγχος αποβλέπει στην επιβεβαίωση της τήρησης των τεχνικών προδιαγραφών, των κανόνων και κανονισμών, των συμβατικών σχεδίων και της καλής τεχνικής.

2) Ο έλεγχος πρέπει να επεκτείνεται σε όλους τους τομείς και ιδιαίτερα σε εκείνους που επηρεάζουν τη σωστή ***λειτουργικότητα*** του πλοίου.

3) Όταν οι παρατηρήσεις των επιθεωρητών γίνουν έγκαιρα, γίνονται δεκτές εύκολα από το ναυπηγείο και διορθώνονται. Αντίθετα οι παρατηρήσεις που γίνονται με καθυστέρηση, όταν δηλαδή η κατασκευή του πλοίου έχει προχωρήσει, οδηγούν συχνά σε διενέξεις.

4) Οι επιθεωρητές θα πρέπει να εφαρμόζουν μια συγκεκριμένη και προκαθορισμένη διαδικασία ελέγχου. Πολλές ατέλειες του πλοίου μπορούν να περάσουν απαρατήρητες αν πραγματοποιηθούν ανοργάνωτες και επιπόλαιες επιθεωρήσεις από επιθεωρητές χωρίς πείρα.

32.5 Δοκιμές «εν όρμω»

Σε συναρτηση με την πρόοδο κατασκευής προγραμματίζονται και πραγματοποιούνται ***«δοκιμές εν όρμω»*** όλων των μηχανημάτων και των συστημάτων του πλοίου. Οι δοκιμές αυτές αποσκοπούν στο να αποδείξουν ότι όλα τα συστήματα και μη-

χανήματα λειτουργούν ικανοποιητικά και έχουν τις καθοριζόμενες από τις τεχνικές προδιαγραφές του πλοίου επιδόσεις. Στα συστήματα που δοκιμάζονται «εν όρμω» περιλαμβάνονται:

1) Το σύνολο των δικτύων σε όλες τους τις λειτουργικές δυνατότητες.

2) Το σύνολο των μηχανημάτων για επιβεβαίωση των επιδόσεών τους και της καλής λειτουργίας των ασφαλιστικών τους διατάξεων.

3) Το μηχάνημα πηδαλίου, ο εργάτης αγκύρων και τα υπόλοιπα βαρούλκα και εργάτες του πλοίου.

4) Τα συστήματα γενικά που σχετίζονται με την ασφάλεια των επιβατών, του πληρώματος και του φορτίου.

5) Τα ανυψωτικά μέσα του πλοίου και τα συστήματα ανοίγματος και κλεισίματος των ανοιγμάτων των κυτών.

6) Οι ανελκυστήρες, ράμπες, καταπέλτες και οι πρωραίες, πρυμναίες ή πλευρικές θύρες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πραγματοποίηση του ***πειράματος ευστάθειας,*** που αποβλέπει στην εύρεση της κατακόρυφης θέσης του κέντρου βάρους του πλοίου. Λεπτομέρειες για το πείραμα και τον τρόπο πραγματοποίησης του δίνονται στο βιβλίο «Ευστάθεια-φόρτωση» του Ιδρύματος Ευγενίδου. Εδώ σημειώνουμε μόνο ότι το πείραμα πραγματοποιείται όταν η κατασκευή του πλοίου έχει συμπληρωθεί στον μέγιστο δυνατό βαθμό, με το πλοίο χαλαρά δεμένο στην ξηρά και σε πολύ ήρεμο νερό και χωρίς την ύπαρξη ανέμου και ρεύματος. Στο πείραμα παρευρίσκονται όλοι όσοι ασχολούνται με την επίβλεψη του πλοίου.

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής της προωστήριας εγκατάστασης και την παραλαβή πετρελαίου, το πλοίο προσδένεται καλά στην ξηρά και δοκιμάζεται στη μέγιστη ισχύ που μπορεί να δεχθεί με περιστροφή της έλικας πρόσω και ανάποδα. Σε διπλέλικα πλοία η δοκιμή γίνεται χωριστά σε κάθε άξονα, ώστε να είναι δυνατή η δοκιμή κάθε μηχανής στη μέγιστη δυνατή ισχύ.

32.6 Δοκιμές στη θάλασσα – Γενικά

Η τελική επιβεβαίωση της καλής σχεδίασης και κατασκευής ενός πλοίου και η εύρεση των τελικών επιδόσεών του εξασφαλίζεται με την πραγματοποίηση των δοκιμών στη θάλασσα. Οι δοκιμές αυτές υποδιαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

1) Δοκιμές ταχύτητας – ιπποδύναμης (standardization trials)

Πρόκειται για μια σειρά συστηματικών δοκιμών από τις οποίες προκύπτει η σχέση ταχύτητας-ιπποδύναμης-στροφών ανά λεπτό για μελλοντική χρησιμοποίηση και επιβεβαίωση των εκτιμήσεων που έχουν γίνει με τις δοκιμές του μοντέλου.

2) Δοκιμές παρατεταμένης λειτουργίας της προωστήριας εγκατάστασης και οικονομίας (economy and endurance trials)

Οι δοκιμές αυτές αποβλέπουν στη λειτουργία της προωστήριας εγκατάστασης για μεγάλο διάστημα με τη μέγιστη συνεχή ισχύ και στη μέτρηση της κατανάλωσης.

3) Δοκιμές ελικτικότητας και ειδικές δοκιμές (maneuvering trials and special tests)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παρακάτω δοκιμές:

1) Δοκιμή του πλοίου από ***πρόσω ολοταχώς σε ανάποδα ολοταχώς*** και αντίθετα για την εύρεση του διαστήματος που διανύει το πλοίο μέχρι να σταματήσει και τον έλεγχο της συμπεριφοράς της προωστήριας εγκατάστασης σε ασυνήθεις συνθήκες.

2) Δοκιμή μετακίνησης του πηδαλίου μεταξύ των μέγιστων γωνιών για τη μέτρηση του απαραίτητου χρόνου και την απόδειξη της ικανότητας του μηχανήματος πηδαλίου.

3) Στροφές του πλοίου, δοκιμή Z και σπειροειδής ελιγμός (spiral maneuver) για την απόδειξη της ικανότητας του μηχανήματος πηδαλίου και για έλεγχο της ικανότητας ελιγμών του πλοίου.

4) Λειτουργία της προωστήριας εγκατάστασης για κίνηση του πλοίου ανάποδα για 30΄.

5) Δοκιμή αγκυροβολίας.

Για να μην παρατηρούνται καθυστερήσεις στις δοκιμές είναι απαραίτητο να υπάρχει η ανάλογη προετοιμασία και ο κατάλληλος εξοπλισμός σε όργανα.

Οι παραπάνω δοκιμές, όταν πρόκειται για κατασκευή σειράς πλοίων, πραγματοποιούνται σε όλη τους την πληρότητα μόνο στο πρώτο πλοίο της σειράς. Στα επόμενα γίνεται περιορισμένος μόνον αριθμός δοκιμών.

Πριν από την πραγματοποίηση των δοκιμών γίνεται, συνήθως, δεξαμενισμός για καθαρισμό των υφάλων. Σε πολλά ναυπηγεία των κανονικών δοκιμών «εν πλω» προηγείται ένα πρόγραμμα ειδικών δοκιμών για λογαριασμό του ναυπηγείου. Έτσι αποφεύγονται οι αδικαιολόγητες καθυστερήσεις και η δημιουργία δυσμενών εντυπώσεων για το πλοίο.

Ένα τυπικό πρόγραμμα δοκιμών στη θάλασσα ενός ***πρωτότυπου*** πλοίου περιλαμβάνει κατά σειρά:

1) Ρύθμιση πυξίδων και ραδιογωνιόμετρου.

2) Δοκιμές συσχετισμού ταχύτητας-ιπποδύναμης.

3) Κύκλο στροφής.

4) Ελιγμούς Z.

5) Δοκιμές μέγιστης ισχύος για 4 ώρες.

6) Δοκιμές πηδαλίου στο ***πρόσω.***

7) Δοκιμή πηδαλιούχησης ανάγκης.

8) Κράτηση του πλοίου από ***ανάποδα ολοταχώς σε πρόσω ολοταχώς*** και αντίστροφα.

9) Κίνηση του πλοίου με μέγιστη ταχύτητα ***ανάποδα για*** 30΄.

10) Δοκιμές πηδαλίου στο ανάποδα.

11) Δοκιμή αγκυροβολίας.

32.7 Στοιχεία από τις διαδικασίες δοκιμών στη θάλασσα

Οι λεπτομερείς διαδικασίες πραγματοποίησης των δοκιμών στη θάλασσα κα-

θορίζονται σε διάφορες εκδόσεις επιστημονικών οργανισμών όπως είναι η έκδοση «Standardization Code for Trials and Testing of New Ships» (1971) του οργανισμού «Association of ship technical societies in Norway» και η έκδοση «Technical and research (TR) Code C-2» του οργανισμού «Society of Naval Architechts and Marine Engineers (SNAME)» των Η.Π.Α..

Στην παράγραφο αυτή θα δοθούν, πολύ συνοπτικά, στοιχεία μόνο για την πραγματοποίηση των πιο σημαντικών δοκιμών.

1) Ρύθμιση πυξίδων και ραδιογωνιόμετρου

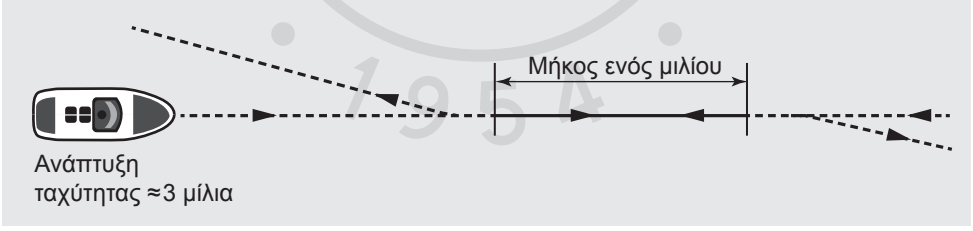
Η δοκιμή πραγματοποιείται σύμφωνα με τις υποδείξεις των κατασκευαστών. Αποτελεί τη βάση για τη σωστή πραγματοποίηση όλων των άλλων δοκιμών.

2) Δοκιμές ταχύτητας-ιπποδύναμης

Βάση για τη δοκιμή αυτή αποτελεί η «μέτρηση του μιλίου». Η δοκιμή πραγματοποιείται σε περιοχή στην οποία με σημεία (σταθερά) της ακτής μπορεί με ακρίβεια να καθορισθεί απόσταση ενός μιλίου. Το πλοίο πρέπει να επιταχύνει για ένα σημαντικό διάστημα (σε μεγάλα πλοία μέχρι τρία μίλια) πριν μπει στη διαδρομή της μέτρησης. Η ταχύτητα βρίσκεται με τη μέτρηση του χρόνου. Παράλληλα καταγράφεται ο αριθμός στροφών της έλικας και η ισχύς της προωστήριας εγκατάστασης.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής επιδιώκεται η ελάχιστη δυνατή χρησιμοποίηση του πηδαλίου. Για την εξουδετέρωση του ανέμου και του ρεύματος, η δοκιμή πραγματοποιείται και προς τις δύο διευθύνσεις και λαμβάνεται ο μέσος όρος των χρόνων (σχ. 32.1).

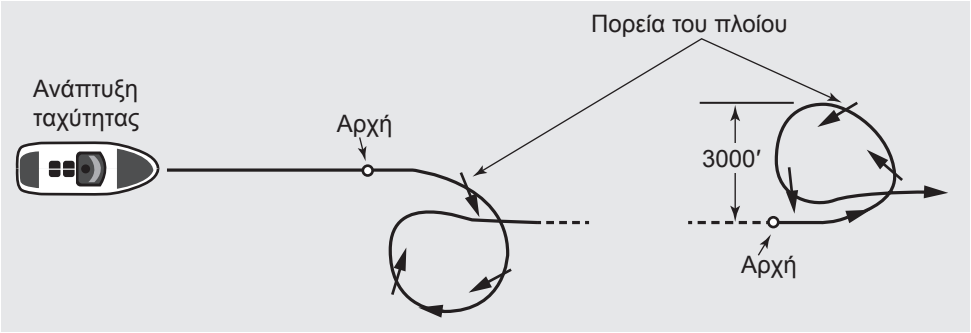
Με μία σειρά τέτοιων δοκιμών για διάφορες ταχύτητες βρίσκονται όλα τα στοιχεία που χρειάζονται για τη χάραξη της καμπύλης ιπποδύναμης - ταχύτητας - στροφών.



Σχ. 32.1
Μέτρηση μιλίου.

3) Κύκλος στροφής

Το πλοίο κινείται με σταθερή ταχύτητα και στη συνέχεια τοποθετείται το πηδάλιο σε μία γωνία στην οποία και παραμένει. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής δεν γίνεται καμία προσπάθεια για να διατηρηθούν στο αρχικό ύψος οι στροφές της μηχανής που λόγω της στροφής του πλοίου πέφτουν. Με διάφορες μεθόδους, όπως με τη βοήθεια συσκευών στην ξηρά (HI-FIX) ή με φωτογράφιση από ελικόπτερο ***υποτυπώνονται*** οι διαδοχικές θέσεις του πλοίου και χαράζεται ο ***κύκλος στροφής.*** Η δοκιμή

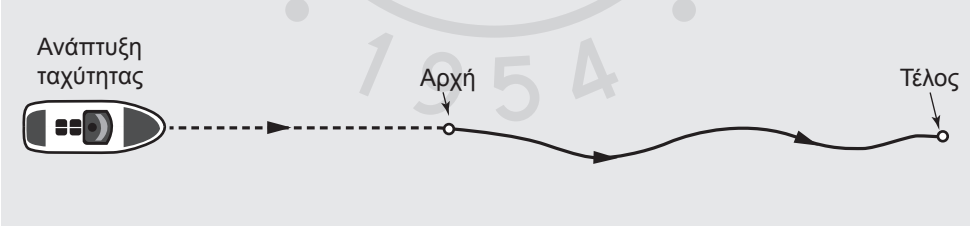


Σχ. 32.2
Δοκιμή κύκλου στροφής.

επαναλαμβάνεται προς τα δεξιά και αριστερά για διάφορες ταχύτητες και διάφορες γωνίες πηδαλίου (σχ. 32.2).

4) Ελιγμοί Z

Το πλοίο κινείται σε ευθεία πορεία με σταθερή ταχύτητα. Στη συνέχεια τοποθετείται το πηδάλιο σε κάποια γωνία προς τα αριστερά και διατηρείται εκεί μέχρις ότου και η πορεία του πλοίου αλλάξει κατά ίση γωνία, οπότε το πηδάλιο στρέφεται προς την άλλη πλευρά κατά την ίδια γωνία. Εκεί και πάλι διατηρείται μέχρις ότου το πλοίο αλλάξει την πορεία του κατά ίση γωνία (από την αρχική), οπότε φέρεται (το πηδάλιο) στη μέση θέση. Όπως και στην προηγούμενη δοκιμή υποτυπώνονται οι διαδοχικές θέσεις και πορείες του πλοίου (σχ. 32.3). Η δοκιμή επαναλαμβάνεται σε διάφορες ταχύτητες και διάφορες γωνίες πηδαλίου.



Σχ. 32.3
Ελιγμός Z.

5) Δοκιμές μέγιστης ισχύος για 4 ώρες

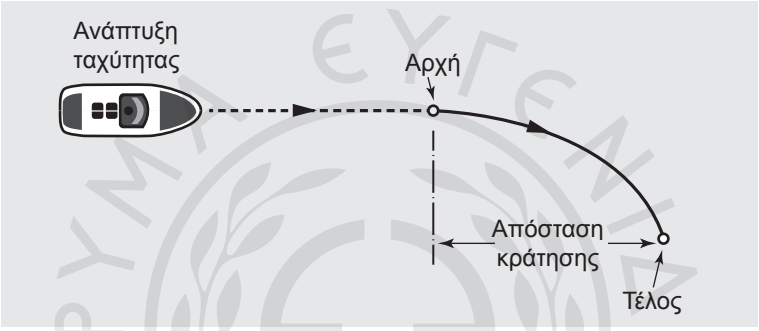
Μετά τη βαθμιαία θέρμανση της μηχανής αναπτύσσεται ο μέγιστος αριθμός στροφών και διατηρείται για 4 ώρες. Καταγράφονται συνεχώς οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες της κύριας μηχανής και όλων των συναφών συστημάτων. Η δοκιμή συνδυάζεται με δοκιμές του πηδαλίου στο πρόσω και μερικές φορές και με δοκιμές κατανάλωσης. Αν η δοκιμή διακοπεί, θα επαναληφθεί από την αρχή.

6) Δοκιμή πηδαλιούχησης ανάγκης

Ελέγχονται οι εναλλακτικές δυνατότητες πηδαλιούχησης του πλοίου (π.χ. υδραυλικά από το διαμέρισμα πηδαλίου ή χειροκίνητα).

7) Κράτηση του πλοίου από πρόσω ολοταχώς με ανάποδα ολοταχώς (crash astern maneuver)

Το πλοίο κινείται με τη μέγιστη ταχύτητα πρόσω και στη συνέχεια γίνεται ***κράτει*** και αμέσως ***ανάποδα*** όσο πιο γρήγορα επιτρέπει η σχεδίαση της προωστήριας εγκατάστασής του. Μετριέται η απόσταση που διανύει και ελέγχεται η συμπεριφορά της προωστήριας εγκατάστασης και του πλοίου ως προς την αλλαγή πορείας (σχ. 32.4).



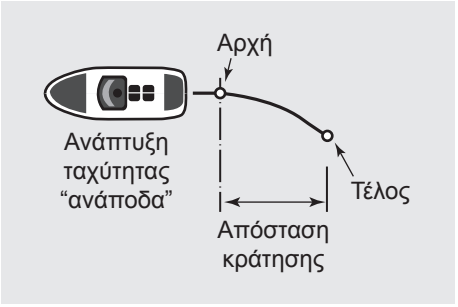
Σχ. 32.4
Κράτηση του πλοίου από πρόσω ολοταχώς με ανάποδα ολοταχώς.

8) Κράτηση του πλοίου από ανάποδα ολοταχώς με πρόσω ολοταχώς (crash ahead maneuver)

Η δοκιμή πραγματοποιείται αντίθετα από την προηγούμενη (σχ. 32.5).

9) Κίνηση του πλοίου ανάποδα

Αναπτύσσεται η μέγιστη ισχύς ***ανάποδα*** και διατηρείται για 30΄. Στον ίδιο χρόνο ελέγχεται η ελικτικότητα του πλοίου σε κίνηση ***ανάποδα.*** Διευκρινίζεται εδώ ότι ***τα***



Σχ. 32.5
Κράτηση του πλοίου από ανάποδα ολοταχώς με πρόσω ολοταχώς.

μονέλικα πλοία σπάνια έχουν ικανοποιητικές ελικτικές δυνατότητες σε κίνηση ανάποδα.

10) Δοκιμή αγκυροβολίας

Η δοκιμή αποσκοπεί στην επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας του συστήματος αγκυροβολίας και των επιδόσεών του σε σχέση με τις απαιτήσεις του νηογνώμονα. Οι περισσότεροι νηογνώμονες απαιτούν ο εργάτης αγκυρών να έχει τη δυνατότητα να φέρει στο πλοίο και τις δύο άγκυρες όταν βρίσκονται ***κρεμαστές*** με ορισμένο μήκος αλυσίδας στη θάλασσα. Η δοκιμή πραγματοποιείται σε κατάλληλο βάθος αλλά σε σχετικά κοντινή απόσταση από την ξηρά για λόγους ασφάλειας σε περίπτωση αδυναμίας του εργάτη αγκυρών να ανταπεξέλθει στις σχετικές απαιτήσεις.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών καταγράφονται σε ειδικά ***πρωτόκολλα*** που αποτελούν στοιχεία του φακέλου παραλαβής του πλοίου.

32.8 Παράδοση του πλοίου *(Delivery)*

Μετά την ολοκλήρωση των δοκιμών, το πλοίο επανέρχεται στο ναυπηγείο όπου αποκαθίστανται οι ατέλειες και ολοκληρώνεται ο εξοπλισμός. Για την παράδοση του πλοίου, που επισφραγίζεται με την ***υπογραφή του πρωτοκόλλου παραλαβής-παράδοσης*** από εξουσιοδοτημένους αντιπροσώπους του ναυπηγείου και του πλοιοκτήτη, είναι απαραίτητο να παραδοθούν:

1) Τα προβλεπόμενα σχέδια, βιβλία και εγχειρίδια.

2) Τα ανταλλακτικά.

3) Όλα τα πιστοποιητικά του νηογνώμονα και όλων των οργανισμών.

Από τη στιγμή αυτή όλες οι ευθύνες και τα δικαιώματα σχετικά με το πλοίο περιέρχονται στον πλοιοκτήτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 33

Η συντήρηση του πλοίου

33.1 Γενικά

Σκοπός της συντήρησης της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου είναι κυρίως η προστασία από τη διάβρωση, αλλά και η αποφυγή της ρύπανσης των υφάλων και η διατήρηση της καλής εμφάνισης του πλοίου. Η συντήρηση του πλοίου δεν εξασφαλίζεται μόνο με την πραγματοποίηση των σχετικών εργασιών, αλλά και με τη μελέτη και εγκατάσταση σε αυτό των απαραίτητων συστημάτων προληπτικής συντήρησης.

33.2 Στοιχεία σχετικά με τον μηχανισμό της διάβρωσης

Διάβρωση (corrosion) ονομάζουμε κάθε αλλοίωση ενός μετάλλου ή κράματος μετάλλων που οδηγεί σε απώλεια υλικού. Η διάβρωση μπορεί να λάβει χώρα σε φυσικό περιβάλλον (αέρα ή νερό) ή και σε τεχνητό, όπως με παρουσία ειδικά διαβρωτικών ατμών π.χ. διοξειδίου του θείου (SO_2) ή υδροχλωρίου (HCI), οπότε τα αποτελέσματά της εμφανίζονται πολύ γρηγορότερα. ***Διακρίνουμε διάβρωση ηλεκτροχημικής, χημικής*** και ***μηχανικής φύσης.***

Η διάβρωση θεωρείται ***ηλεκτροχημικής φύσης*** όταν οφείλεται στη ροή ηλεκτρονίων (ηλεκτρικού ρεύματος) μεταξύ δύο ανόμοιων ηλεκτροχημικά μετάλλων που βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους μέσα σε διάλυμα (ηλεκτρολύτης). Ο ηλεκτρολύτης για τα πλοία είναι το θαλάσσιο νερό. Η μορφή αυτή της διάβρωσης ονομάζεται και ***γαλβανική*** (galvanic corrosion). Ανόμοια «ηλεκτροχημικά» μέταλλα μπορεί να είναι είτε δύο διαφορετικά μέταλλα είτε δύο τμήματα από το ίδιο μέταλλο με διαφορετικές συγκεντρώσεις μηχανικών τάσεων, που μπορεί να οφείλονται σε ανομοιογένεια κατά την επεξεργασία τους. Στα πλοία υπάρχουν ανόμοια «ηλεκτροχημικά» μέταλλα και των δύο κατηγοριών που προαναφέραμε.

Χημικής φύσης λέγεται η αλλοίωση που οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις (π.χ. ***οξείδωση του σιδήρου*** στον **αέρα**).

Μηχανικής φύσης διάβρωση είναι εκείνη που οφείλεται σε τριβή, κρούση ή άλλη μηχανική καταπόνηση (π.χ. σπηλαίωση στις έλικες).

Στην περίπτωση της γαλβανικής διάβρωσης το μέταλλο που «διαθέτει» τα ηλεκτρόνια ονομάζεται ***άνοδος*** και το άλλο ***κάθοδος.***

Το στοιχείο που φθείρεται είναι η άνοδος.

Τα μέταλλα και τα κράματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία, έχουν καταταγεί σε πίνακες κατά σειρά ηλεκτροθετικότητας από τους οποίους προκύπτει εύκολα, για κάθε συνδυασμό δύο υλικών, ποια θα είναι η άνοδος. Όταν τα δύο μέταλλα έχουν το ίδιο περίπου μέγεθος στην περιοχή όπου δημιουργείται η διάβρωση, έχουμε ***ομοιόμορφη φθορά,*** δηλαδή η άνοδος φθείρεται αργά και ομοιόμορφα. Αντίθετα έαν η

άνοδος είναι πολύ μικρή σε σχέση με την κάθοδο, έχουμε γρήγορη και επιλεκτική φθορά της ανόδου. Το φαινόμενο ονομάζεται ***ευλογίαση*** (pitting).

Η πρώτη μορφή φθοράς οδηγεί στην προοδευτική ελάττωση του πάχους των ελασμάτων και η δεύτερη σε συγκεντρωμένη τοπική ελάττωση του πάχους που συχνά οδηγεί σε ***αυτοδιατρήσεις.***

33.2.1 Προστασία από τη διάβρωση

Το πρώτο και σπουδαιότερο μέτρο για την προστασία της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου από τη διάβρωση είναι η δημιουργία συνθηκών που θα συντείνουν στην πρόληψη του φαινομένου ή στην ελάττωση της έντασής του. Γι' αυτό κατά τη σχεδίαση των διάφορων τμημάτων της μεταλλικής κατασκευής επιδιώκεται:

1) Αποφυγή στον μέγιστο δυνατό βαθμό της χρησιμοποίησης στην ίδια περιοχή ανόμοιων «ηλεκτροχημικά» μετάλλων ή κραμάτων.

2) Εκλογή και χρησιμοποίηση υλικών που παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή στις επιδράσεις από διάβρωση, όπως χρησιμοποίηση ανοξείδωτου χάλυβα ή άλλων κραμάτων.

Επειδή όμως τα παραπάνω μέτρα, για λόγους οικονομίας, δεν είναι δυνατό να εφαρμοσθούν, η προστασία των τμημάτων της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου που βρίσκεται σε επαφή με τη θάλασσα, ουσιαστικά βασίζεται σε *μη αγωγά επιστρώματα*, *χρώματα*, και *καθοδική προστασία*. Αναλυτικά:

1) Μη αγωγά επιστρώματα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διάφορες ***ανόργανες συνθετικές ύλες*** που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των επιφανειών που θέλουμε να προστατεύσουμε με διάφορους τρόπους μεταξύ των οποίων είναι και η επίχριση. Τέτοιες ύλες είναι:

1) Τα ***θερμοπλαστικά πολυμερή,*** στα οποία περιλαμβάνονται η πίσσα, το πολυαιθυλένιο, το teflon και κυρίως το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC).

2) Οι ***ρητίνες,*** στις οποίες περιλαμβάνεται ο βακελίτης, το dacron κ.ά.

3) Τα ***ελαστικά,*** (φυσικά και συνθετικά).

Μερικά από τα παραπάνω υλικά χρησιμοποιούνται για κάλυψη και προστασία διάφορων στοιχείων του πλοίου που ***δεν*** είναι εύκολα προσιτά για συντήρηση, π.χ. το τμήμα του ελικοφόρου άξονα που βρίσκεται μέσα στον στορέα.

2) Χρώματα

Τα χρώματα είναι το συνηθέστερο μέσο προστασίας της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου από τη διάβρωση και την οξείδωση. Ορισμένα από τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στα ύφαλα του πλοίου χρησιμεύουν για την αποφυγή της ρύπανσης.

Κάθε χρώμα αποτελείται από τα ακόλουθα τέσσερα συστατικά:

1) Τη ***χρωστική ύλη,*** που προσδίδει στο χρώμα τη μηχανική αντοχή και την προστατευτική ικανότητα. Επιπλέον σε διάφορα υφαλοχρώματα η χρωστική ύλη αυξάνει την αντοχή του μετάλλου. Ως χρωστικές ύλες χρησιμοποιούνται συνήθως οξείδια ή άλατα διάφορων μετάλλων (σίδηρου, ψευδάργυρου, τιτανίου ή μολύβδου).

2) Το ***συνδετικό μέσο*** (λινέλαιο ή διάφορες ρητίνες) που χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό της συνεκτικής μεμβράνης που καλύπτει την επιφάνεια του μετάλλου.

Ως συνδετικό μέσο των υφαλοχρωμάτων χρησιμοποιούνται κυρίως ***εποξειδικές*** και ***βινυλικές ρητίνες*** και όχι λινέλαιο.

3) Το ***διαλυτικό*** ή ***αραιωτικό*** που είναι συνήθως πτητική ένωση με χαμηλό ιξώδες και χρησιμοποιείται για να διευκολύνει την εφαρμογή του χρώματος.

4) Οι ***επιταχυντές ξήρανσης*** είναι συνήθως οργανικές ενώσεις του μολύβδου ή του μαγγανίου και χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις για να επιταχύνεται η ξήρανση του χρώματος.

Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία, ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν, ονομάζονται:

1) Προπαρασκευαστικά (wash primers).

2) Κύρια αντιδιαβρωτικά (anti corrosive).

3) Χρώματα υπόστρωσης (undercoatings).

4) Τελικά (finish coats).

Μια ειδική κατηγορία τελικών χρωμάτων που χρησιμοποιούνται στα ύφαλα του πλοίου είναι τα ***αντιρρυπαντικά*** (antifouling).

Τα προπαρασκευαστικά χρώματα χρησιμοποιούνται σε πολύ λεπτά στρώματα ως πρώτη στρώση πάνω στο μέταλλο, με σκοπό να το προετοιμάσουν να δεχθεί τα επόμενα στρώματα.

Τα ***κύρια αντιδιαβρωτικά χρώματα*** τοποθετούνται πάνω στα προπαρασκευαστικά και εξασφαλίζουν την αντιδιαβρωτική προστασία. Τα αντιδιαβρωτικά χρώματα χρησιμοποιούν κυρίως ως χρωστική ύλη χρωμικό ψευδάργυρο, αλουμίνιο ή μίνιο.

Τα ***χρώματα υπόστρωσης*** χρησιμοποιούνται μεταξύ αντιδιαβρωτικών και τελικών χρωμάτων και δεν έχουν αντιδιαβρωτικές ικανότητες.

Από τα τελικά χρώματα Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ***αντιρρυπαντικά*** που περιέχουν δηλητηριώδεις ουσίες, όπως χαλκό, αρσενικό ή υδράργυρο που δηλητηριάζουν σε αργό ρυθμό τους ζωικούς οργανισμούς που έρχονται σε επαφή με το περίβλημα του πλοίου.

3) Προετοιμασία και διαδικασία χρωματισμού

Πριν από την επίστρωση οποιουδήποτε χρώματος είναι απόλυτα ουσιώδης ο καθαρισμός της επιφάνειας. Αυτό μπορεί να γίνει με βολή διάφορων σωματιδίων, νερού (υδροβολή), με διαλυτικά μέσα, με μηχανικά εργαλεία ή με κατάλληλες βούρτσες.

Στον τομέα της βολής σωματιδίων διακρίνουμε την ***ξηρή αμμοβολή***, την ***υγρή αμμοβολή*** και τη ***βολή ρινισμάτω***ν.

Η επιφάνεια στην οποία γίνεται βολή σωματιδίων πρέπει να χρωματίζεται αμέσως με προπαρασκευαστικό χρώμα για να αποφεύγεται η δημιουργία οξείδωσης.

Η ***υδροβολή*** είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στους δεξαμενισμούς πλοίων για την αφαίρεση της μαλακής ρύπανσης.

Απόλυτα ουσιώδεις παράγοντες για την επιτυχία του χρωματισμού είναι:

1) Η σωστή επίστρωση του χρώματος.

2) Η τήρηση των απαιτήσεων του κατασκευαστή ως προς τις κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία).

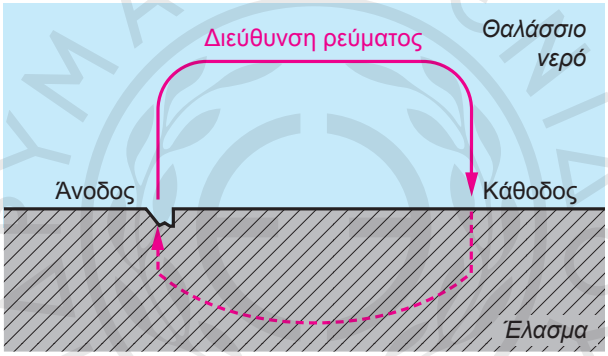
3) Το σωστό πάχος κάθε στρώματος.

4) Η διάθεση του απαραίτητου χρόνου πριν από την εφαρμογή διαδοχικών στρωμάτων.

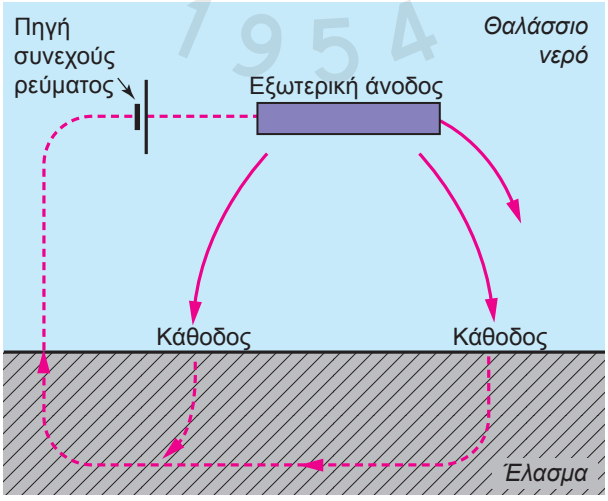
33.2.2 Καθοδική προστασία

Σε προηγούμενη παράγραφο παρουσιάσθηκε συνοπτικά ο μηχανισμός της ηλεκτροχημικής διάβρωσης (σχ. 33.1). Η αρχή της καθοδικής προστασίας μπορεί να συνοψισθεί στην τεχνητή δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος αντίθετου σε φορά από το δημιουργούμενο μεταξύ των δύο σημείων του πλοίου. Η βασική αυτή ιδέα φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 33.2.

Στο σχήμα αυτό βλέπουμε ότι με την τοποθέτηση μίας πηγής συνεχούς ρεύματος και μιας εξωτερικής πηγής επιτυγχάνεται η μετατροπή σε άνοδο όλης της επιφάνειας του ελάσματος με αποτέλεσμα να σταματά η φθορά. Στην περίπτωση αυτή έχουμε ένα ***ενεργό σύστημα καθοδικής προστασίας.*** Η απαραίτητη τάση είναι από 0,8 - 0,85 V, ενώ στην περίπτωση του σχήματος 33.1 η δημιουργούμενη τάση είναι της τάξης των 0,65V. Η απαραίτητη ένταση του ρεύματος, σε ένα ενεργό σύστημα καθοδικής προστασίας, πρέπει να είναι από 10 - 20 mA/m^2 προστασίας ελάσματος όταν ένα πλοίο



Σχ. 33.1
Μηχανισμός ηλεκτροχημικής διάβρωσης.



Σχ. 33.2
Σύστημα καθοδικής προστασίας.

είναι πρόσφατα βαμμένο. Όταν το χρώμα έχει υποστεί φθορά, το ρεύμα θα πρέπει να είναι γύρω στα 100 - 300 mA/m^2. Στην πράξη ένα ενεργό σύστημα καθοδικής προστασίας έχει ***ηλεκτρόδια αναφοράς*** εγκαταστημένα εξωτερικά του σκάφους. Από τη μέτρηση της τάσης μέσω αυτών των ηλεκτροδίων καθορίζεται η τάση που πρέπει να δημιουργήσει το σύστημα προστασίας που είναι εγκαταστημένο στο πλοίο. Τα ενεργά συστήματα καθοδικής προστασίας είναι αρκετά δαπανηρά.

Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν *θυσιαζόμενες άνοδοι* (sacrificial anodes) οι οποίες φθείρονται και προστατεύουν το πλοίο. Τέτοιες άνοδοι κατασκευάζονται από ψευδάργυρο, αλουμίνιο ή μαγνήσιο. Συνηθέστερες είναι οι άνοδοι από ψευδάργυρο.

Γενικά τα διάφορα συστήματα καθοδικής προστασίας επιβοηθούν αλλά δεν υποκαθιστούν τη δράση του χρώματος.

Η προστασία του πλοίου με *θυσιαζόμενες ανόδους* ονομάζεται ***παθητική καθοδική προστασία.***

Σε κάθε δεξαμενισμό του πλοίου οι *θυσιαζόμενες άνοδοι* επιθεωρούνται και αντικαθίστανται αν έχουν μεγάλη φθορά. ***Είναι απόλυτα ουσιώδες να μην χρωματίζονται οι άνοδοι γιατί τότε παύουν να είναι ενεργές.***

Ιδιαίτερη επίσης προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην κανονική συντήρηση και ρύθμιση του συστήματος ενεργούς προστασίας. Σε μερικές περιπτώσεις, από κακή ρύθμιση αυτού του συστήματος, αντί να εμποδισθεί, αυξήθηκε ο ρυθμός φθοράς των ελασμάτων.

33.3 Ρύπανση των υφάλων του σκάφους

Η ρύπανση των υφάλων του πλοίου δημιουργεί αύξηση της αντίστασης και επομένως πτώση της ταχύτητας του πλοίου και αύξηση της κατανάλωσης. Από πειράματα διαπιστώθηκε ότι η ρύπανση μπορεί να δημιουργήσει μέχρι 30% αύξηση της αντίστασης.

Η ρύπανση των υφάλων διακρίνεται σε ***μαλακή*** και ***σκληρή*** και οφείλεται στην ανάπτυξη πάνω στα εξωτερικά ελάσματα φυτικών και ζωικών οργανισμών (όστρακα).

Καθυστέρηση της ανάπτυξης της ρύπανσης επιτυγχάνεται με την εφαρμογή, ως τελευταίου στρώματος, του αντιρρυπαντικού χρώματος.

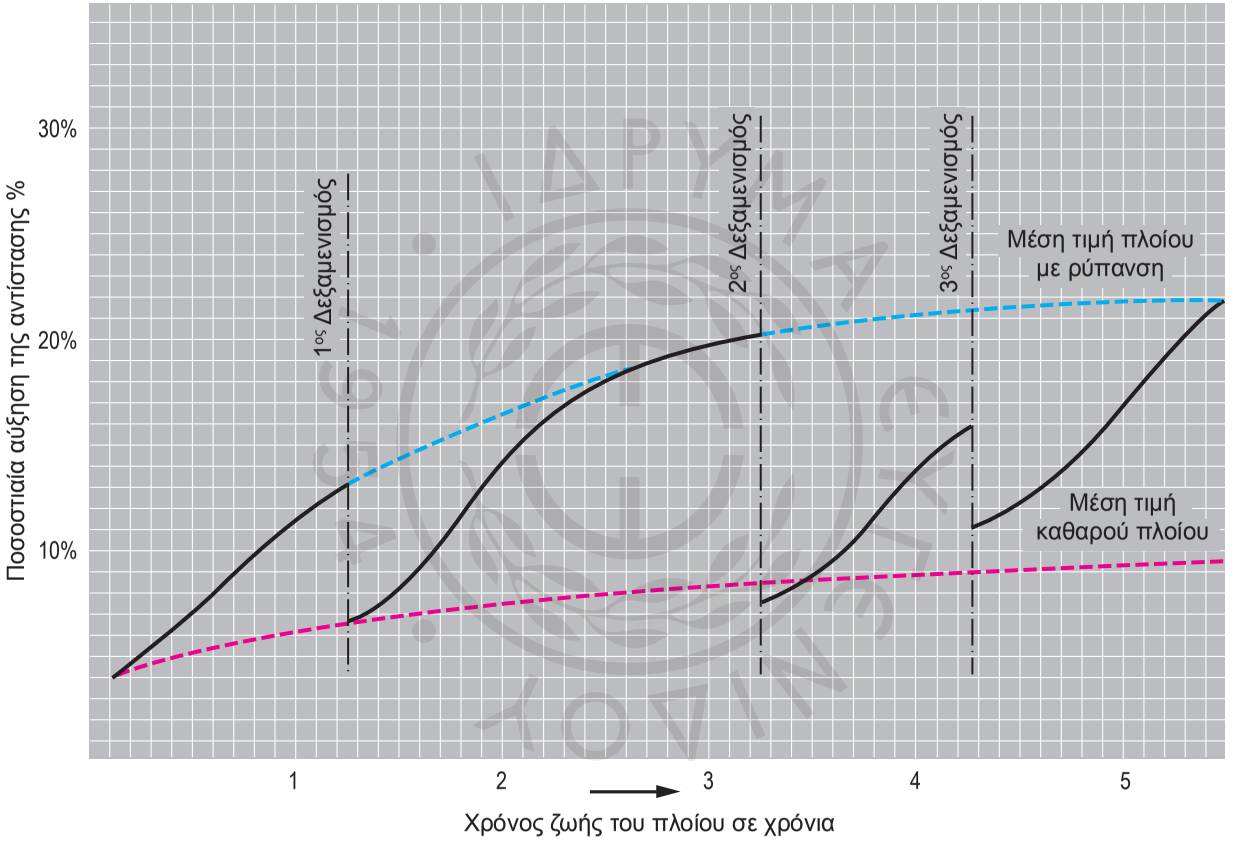
Στο σχήμα 33.3 φαίνεται η ποσοστιαία αύξηση της αντίστασης σε συνάρτηση με τον χρόνο όπως μετρήθηκε από δοκιμές σε σειρά «αδελφών» πλοίων χωρίς και με ενδιάμεσους δεξαμενισμούς και καθαρισμούς της γάστρας. Από το σχήμα αυτό μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι γι' αυτήν την οικογένεια πλοίων:

1) Αν δεν γίνουν ενδιάμεσοι δεξανενισμοί, το ποσοστό αύξησης της αντίστασης σταθεροποιείται ύστερα από πέντε χρόνια στο 20%.

2) Με την πάροδο του χρόνου το ποσοστό αύξησης της αντίστασης, όταν το σκάφος διατηρείται καθαρό, σταθεροποιείται γύρω στο 5%.

33.4 Αναφορές επιθεώρησης χρωματισμού

Για τη σωστή παρακολούθηση της κατάστασης του χρωματισμού των υφάλων του πλοίου συνηθίζεται να συντάσσεται μετά τον δεξαμενισμό ειδική αναφορά που φυλάγεται στο αρχείο του πλοίου. Υπόδειγμα τέτοιας αναφοράς παρουσιάζεται στο σχήμα 33.4.



Σχ. 33.3
Ποσοστιαία αύξηση της αντίστασης σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Όνομα πλοίου..... Ημερομηνία .....
Δεξαμενή.....
Ημερομηνία προηγούμενου δεξαμενισμού.....
Επιθεωρητής.....
Αριστερή πλευρά

	Μάσκα (1)	Πρωραία ύφαλα (4)	Τρόπιδα (9)	Μεσαία ζώνη (2)	Ύφαλα		Τρόπιδα (10)	Πρυμναία ζώνη (έξαλα) (3)	Ύφαλα (7)	Τρόπιδα (11)	Πηδάλιο (8)
					Πάνω μέρος (5)	Κάτω μέρος (6)					
Όστρακα											
Φυσαλίδες											
Αποκόλληση εσωτερικού στρώματος											
Αποκόλληση εξωτερικού στρώματος											
Σκουριά με μορφή ευλογίασης											
Ευλογιάσεις (επιφάνεια)											
Ευλογιάσεις (βάθος)											
Καθολική σκουριά											
Σχόλια											

Σχ. 33.4
Υπόδειγμα αναφοράς επιθεώρησης χρωματισμού.

1) Συστήματα Μέτρησης

Μέχρι το 1960 στους ναυπηγικούς υπολογισμούς και γενικά στους υπολογισμούς που έχουν σχέση με το πλοίο ήταν σε χρήση οι μοναδες ***του μετρικού*** ή ***του αγγλικού τεχνικού συστήματος.***

Το 1960 η ***Διεθνής διάσκεψη μέτρων και σταθμών*** καθιέρωσε ένα διεθνές απλοποιημένο σύστημα μέτρησης γνωστό ως ***σύστημα SI (Systéme International),*** με σκοπό να αποτελέσει το μετρικό σύστημα του μέλλοντος.

Το 1965 η βρετανική κυβέρνηση ανακοίνωσε την πρόθεσή της να χρησιμοποιήσει το νέο μετρικό σύστημα μέσα σε μια δεκαετία. Η απόφαση αυτή προέβλεπε τη χρησιμοποίηση των μετρικών μονάδων του συστήματος SI. Μέχρι σήμερα πάντως η πρόθεση αυτή δεν έχει γενικά υλοποιηθεί στις Αγγλοσαξονικές χώρες σε ό,τι άφορα υπολογισμούς που σχετίζονται με το πλοίο.

Οι βασικές μονάδες του συστήματος SI είναι:

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
Μήκος	μέτρο	m
Μάζα	χιλιόγραμμο	kg
Χρόνος	δευτερόλεπτο	s
Ηλεκτρικό ρεύμα	αμπέρ	A
Απόλυτη θερμοκρασία	βαθμός Kelvin	°K
Φωτεινή ένταση	καντέλα	cd

Με τις παραπάνω βασικές μονάδες μπορούν να παραχθούν και όλες οι άλλες. Οι πιο συνηθισμένες είναι:

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
Δύναμη	newton	$N = \frac{kg \times m}{s^2}$
Έργο, ενέργεια	joule	$J = N \times m$
Ισχύς	watt	$W = \frac{J}{s}$

2) Μετατροπές Μονάδων

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται διάφοροι συντελεστές που είναι χρήσιμοι για τη μετατροπή διάφορων μεγεθών από σύστημα σε σύστημα.

α) Μήκος.

	m	**ft**	**Διεθνές ναυτικό μίλι metric Nm**	**Βρετανικό ναυτικό μίλι british Nm**
m	1	3,28084	$5{,}39957 \times 10^{-4}$	$5{,}39612 \times 10^{-4}$
ft	0,3048	1	$1{,}64579 \times 10^{-4}$	$1{,}64474 \times 10^{-4}$
metric Nm	1852	6076,12	1	0,999361
british Nm	1853,184	6080	1,00064	1

Παράδειγμα.

Ένα διεθνές ναυτικό μίλι ισοδυναμεί με 6076,12 ft, ενώ ένα ft ισοδυναμεί με 0,3048 m.

β) Ταχύτητα.

	m/s	**km/h**	**ft/s**	**Διεθνής κόμβος metric knot**	**Βρετανικός κόμβος british knot**
m/s	1	3,6	3,28084	1,94384	1,9426
km/h	0,277778	1	0,911344	0,539957	0,539612
ft/s	0,3048	1,09728	1	0,592484	0,592105
metric kn	0,514444	1,852	1,68781	1	0,999361
british kn	0,514773	1,853184	1,68889	1,00064	1

Παράδειγμα.

Ένα km/h ισοδυναμεί με 0,911344 ft/s, ενώ 1 metric kn ισοδυναμεί με 1,852 km/h.

γ) Ισχύς.

	watt W	**kilowatt kW**	**Μετρικός ίππος metric HP**	**Βρετανικός ίππος british HP**
W	1	10^{-3}	$1{,}35962 \times 10^{-3}$	$1{,}34102 \times 10^{-3}$
kW	1000	1	1,35962	1,34102
metric HP	735,499	0,735499	1	0,986320
british HP	745,700	0,745700	1,01387	1

Παράδειγμα.

Ένας μετρικός ίππος Ισοδυναμεί με 0,735499 kW, ενώ 1 kW ισοδυναμεί με 1,34102 british HP.

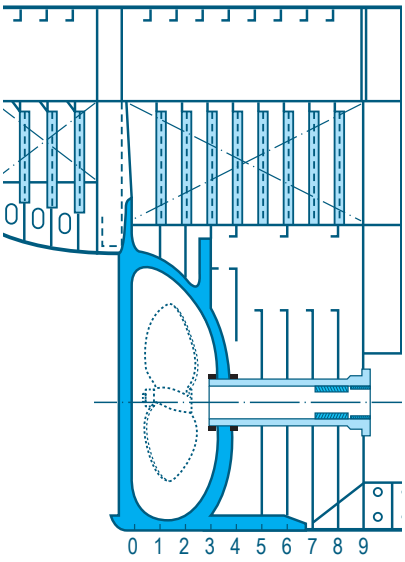
Σημείωση.

Η γερμανική ονομασία του μετρικού ίππου είναι PS και η γαλλική CV.

		Σύστημα SI		**Μετρικό Τεχνικό Σύστημα**		**Βρετανικό Τεχνικό Σύστημα**	
		newton (N)	**kilonewton (kN)**	**kilopond (kp)**	**Μετρικός τόνος (MT)**	**Λίβρα δύναμης lbf**	**Βρετανικός τόνος long (LT)**
Σύστημα SI	N	1	0,001	0,1019716	$1{,}019716 \times 10^{-4}$	0,224809	$1{,}00361 \times 10^{-4}$
	kN	1000	1	101,9716	0,1019716	224,809	0,100361
Μετρικό Τεχνικό Σύστημα	kp	9,80665	$9{,}80665 \times 10^{-3}$	1	10^{-3}	2,20462	$9{,}84207 \times 10^{-4}$
	MT	9806,65	9,80665	1000	1	2204,62	0,984207
Βρετανικό Τεχνικό Σύστημα	/bf	4,44822	$4{,}44822 \times 10^{-3}$	0,45359237	$0{,}453592 \times 10^{-3}$	1	$4{,}46429 \times 10^{-4}$
	LT	9964,02	9,96402	1016,05	1,01605	2240	1

Παράδειγμα.

Ένας LT ισοδυναμεί με 1016,05 kp και 1 kp με $9{,}80665 \times 10^{-3}$ kN.



Το βιβλίο *Ναυπηγία* εξοικειώνει τον μελλοντικό Πλοίαρχο με τα κατασκευαστικά μέρη του πλοίου και την ορθή ονοματολογία τους, τα συστήματά του (πηδάλια, άγκυρες, συστήματα φορτοεκφόρτωσης, δίκτυα κ.λπ.), καθώς και τα συστήματα προστασίας και ελέγχου βλαβών (π.χ. πυρκαγιά, διαρροή, προστασία από προσάραξη κ.λπ.).

Περιλαμβάνει επίσης την σχετική με την κατασκευή και ασφαλή χρήση του πλοίου νομοθεσία όπως επίσης και στοιχεία από την κατασκευή, παραλαβή και την συντήρηση του πλοίου.

ISBN 978-960-337-164-9